

ISSN 2076-815X (print)
ISSN 2522-9206 (online)



**МІСТОБУДУВАННЯ ТА
ТЕРИТОРІАЛЬНЕ
ПЛАНУВАННЯ**

**86
2024**

Київ-КНУБА

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

МІСТОБУДУВАННЯ ТА ТЕРИТОРІАЛЬНЕ ПЛАНУВАННЯ

Науково-технічний збірник

Заснований у 1998 році

Випуск №86

Київ КНУБА 2024

**Містобудування та територіальне планування: Наук.-техн. збірник / Головн. ред. М.М. Дьомін. – К., КНУБА, 2024. – Вип. 86. – 507 с.
DOI 86: <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2024.86>
Українською та англійською мовами.**

В збірнику висвітлюються інженерні та економічні проблеми теорії і практики містобудування, територіального планування, управління містобудівельними системами і програмами, комплексної оцінки, освоєння, розвитку, утримання та реконструкції територій і житлової забудови, розглядаються нагальні питання містобудівного кадастру, розвитку населених пунктів, їх інженерної та транспортної інфраструктури.

**Urban development and spatial planning: Scien.-tech. journal / Chief editor M. Domin. – К., KNUCA, 2024. – Issue 86. – 507 p.
In Ukrainian and English languages.**

The scientific journal highlights the engineering and economic problems of the theory and practice of urban planning, territorial planning, management of urban planning systems and programs, comprehensive assessment, development, development, maintenance and reconstruction of territories and residential buildings, considers urgent issues of the urban cadastre, development of settlements, their engineering and transport infrastructure.

Головний редактор - член-кореспондент НАМ України, Народний архітектор України, докт. архітектури, професор Дьомін М.М. (КНУБА).

Редакційна колегія: докт. техн. наук, професор Банах В.А. (ЗНУ); докт. техн. наук, професор Барабаш І.В. (ОДАБА); канд. архітектури, доцент Булах І.В. (КНУБА); докт. техн. наук, професор Габрель М.М. (НУ «ЛП»); докт. техн. наук, професор Гук В.І. (ХНУБА); докт. техн. наук, професор Дудар І.Н. (ВНТУ); докт. архітектури, професор Івашко Ю.В. (КНУБА); докт. техн. наук, професор Карпінський Ю.О. (КНУБА); докт. техн. наук, професор Катусков В.О. (КНУБА); докт. техн. наук, професор Линник І.Е. (ХНУМГ); докт. техн. наук, професор Ляшенко А.А. (КНУБА); канд. техн. наук, доцент Мамедов А.М. (заст. головн. редактора, КНУБА); Заслужений будівельник України, докт. архітектури, професор Орленко М.І. (КНУБА); канд. техн. наук, професор М.М. Осетрін (заст. головн. редактора, КНУБА); докт. архітектури, професор Осиченко Г.О. (ХНУМГ); Народний архітектор України, докт. архітектури, професор Панченко Т.Ф. (КНУБА); докт. техн. наук, професор Плешкановська А.М. (КНУБА); канд. техн. наук, доцент Приймаченко О.В. (КНУБА); докт. техн. наук, професор Семко О.В. (ПНТУ ім. Ю. Кондратюка); докт. техн. наук, професор Сингаївська О.І. (КНУБА); Народний архітектор України, докт. архітектури, професор Слепцов О.С. (КНУБА); докт. техн. наук, професор Татарченко Г.О. (СНУ ім. В. Даля); докт. архітектури, професор Тімохін В.О. (КНУБА); докт. техн. наук, професор Тімченко Р.О. (КТУ); докт. техн. наук, професор Ткачук О.А. (НУВГП); доцент Чередніченко П.П. (відп. секретар, КНУБА); докт. архітектури, професор Шульга Г.М. (НУ «ЛП»); докт. техн. наук, професор Шульц Р.В. (КНУБА); іноземні члени редколегії: докт. хабілітований, професор Григлевські Петр (Інститут історії мистецтв університету м. Лодзі, Польща); докт. хабілітований, професор Кобилярчик Юстина (Краківська Політехніка ім. Т. Косцюшки, Польща); докт. хабілітований, професор Кушнеж-Крупа Домініка (Краківська Політехніка ім. Т. Косцюшки, Польща); докт. наук, професор Маршал Тадеуш (Університет «Лодзька політехніка», Польща); докт. хабілітований, професор Папржица Кристина (Краківська Політехніка ім. Т. Косцюшки, Польща).

Рекомендовано до видання вченою радою Київського національного університету будівництва і архітектури, протокол №22 від 31 травня 2024 року.

DOI: 10.32347/2076-815x.2024.86.3-16

УДК 711, 455

к.арх., доцент Андрусяк У.Б.,

ulyana.polutrenko@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5312-5016

Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу

ПЕРСПЕКТИВИ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ АДАПТАЦІЇ ЗАМКОВОГО КОМПЛЕКСУ В С. ПІДЗАМОЧОК ТЕРНОПІЛЬСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Значний ресурсний потенціал історичного замкового комплексу с. Підзамочок Тернопільської області створює передумови для сприятливого пристосування до сучасних функцій. Проте, пам'ятка архітектури національного значення зазнає щораз більшого руйнування внаслідок щоденного впливу несприятливих антропогенних і природних чинників. Найефективнішим для збереження унікального об'єкта культурної спадщини України є формування програми функціональної адаптації замкового комплексу.

Ключові слова: збереження; програма; потенціал; функціональна адаптація; історичний замковий комплекс.

Актуальність проблеми. Історичний замковий комплекс у с. Підзамочок Тернопільської області – комплексний архітектурно-містобудівний об'єкт, який включає замкові будівлі та споруди, органічно пов'язані з історичним ландшафтом. Ці автентичні складові, розташовані на замковій території та в межах пам'яткоохоронних зон, донині збережені фрагментарно. Причиною такого стану, насамперед, є відсутність протягом тривалого часу відповідного функціонального пристосування. Хоча, слід підкреслити, що даний замковий комплекс – пам'ятка національного значення XVII ст. (охоронний № 657), згідно постанови Ради Міністрів УРСР № 970 від 24 серпня 1963 р. Хронічна нестача необхідних коштів на проведення протиаварійних і консерваційно-реставраційних заходів призвела до втрати значної частини фортифікаційних елементів замкового комплексу. Вцілілі фрагменти планувально-просторової структури пам'ятки, протягом тривалого часу зазнавали щоденної руйнації під впливом атмосферних опадів і вітру, сезонних температурних перепадів, а також коріння зелених насаджень, які проростали на замкових будівлях і спорудах. Землю, що прилягає «впритул» до південно-східної частини комплексу, розорали та досі використовують як земельну ділянку для городини [14, 17-19, 21, 26, 27].

Розроблений дипломантом Національного університету «Львівська політехніка» Поліщуком Андрієм проєкт реставрації замкового комплексу

(керівники Бевз М.В. і Гайди М.П.) у 1995 р. мав на меті привернути увагу широкого загалу до значного ресурсного потенціалу пам'ятки. Професійну якість даного проєкту було відзначено нагородою на міжнародному конкурсі дипломних проєктів із реставрації ім. Я. Захватовича у Варшаві [20].

Реальна ситуація стану пам'ятки змінилася на краще, починаючи з 5 листопада 2008 р., коли замковий комплекс у с. Підзамочок було включено до складу національного заповідника «Замки Тернопілля». Першочергово працівниками заповідника було відремонтовано зламаний шлагбаум і виготовлено ворота для в'їзної брами (щоб припинити можливість в'їзду автомобілів на замкову територію). Подальшим кроком стало розчищення самосійних зелених насаджень, пророслих на замкових будівлях, спорудах і на території. Наступним етапом було розбирання обвалів башти-бастіону, що колись захищав східний кут замкового комплексу, часткове відновлення кам'яної кладки оборонних куртин і проведення робіт із благоустрою замкової території. У південному куті замкового комплексу встановили двері до каземату башти-бастіону, а для другого ярусу п'ятикутного наріжника – балки перекриття, крокви та покриття даху. Якщо говорити про сучасне функціональне використання комплексу, то на замковій території неодноразово (2015 р., 2016 р., 2019 р., 2021 р.) організовували проведення фестивалю «Свято у старому замку». Проте, значний ресурсний потенціал історичного замкового комплексу с. Підзамочок створює передумови для формування програми адаптації об'єкта дослідження до широкого діапазону сучасних функцій [12, 14, 18, 21, 25, 26-29, 33, 34].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Питання збереженості історичного замкового комплексу с. Підзамочок у своїх працях протягом ХХ-ХХІ ст., тією чи іншою мірою, висвітлювали такі дослідники як В.В. Вечерський, К.-Т.М. Гаврилів, О.В. Лесик, О.Я. Мацюк, О.М. Оконченко, Р.В. Підставка й інші. В 1992 р. науковці Українського регіонального спеціалізованого науково-реставраційного інституту «Укрзахідпроектреставрація» проводили натурні обстеження та фотофіксацію замкового комплексу в с. Підзамочку. На основі отриманих інвентаризаційних матеріалів, спеціалістом даного УРСНРІ було розроблено проєкт реконструкції комплексу, що передбачав відновлення фортифікаційний споруд, палацу та парку [12, 17, 18-22, 24, 25, 27, 29].

Публікації зарубіжних і вітчизняних науковців висвітлюють багатогранність проблеми збереження та функціональної адаптації історичних замкових комплексів.

«Теоретичні основи охорони та збереження спадщини» узагальнено опублікував J. M. Monterroso Montero [6]. Детально проаналізував потенціал і специфіку збереження «замків Португалії протягом 1509-1949 рр.», виклавши їх у своїй монументальній праці, L.M.M. de Vasconcelos Correia [4]. Акцент на процесі «відновлення оборонних споруд для готельного використання та формуванні мережі готелів «Paradores de Turismo» протягом кількох періодів – 1911-1951 рр. та 1928-2012 рр.» зробив M.J. Rodríguez Pérez [10, 11]. L. Lorenzo Aspes, P. Cupeiro Lopez, P. Cuellar Diaz торкнулися подібних аспектів [2, 3, 5].

О.В. Лесик більше 25 років присвятив пошуку шляхів «охорони і раціонального використання та пристосування для нових потреб пам'яток архітектури України» [22-24]. М.В. Бевз понад 30 років проводить дослідження «проблем збереження різночасових містобудівних історичних комплексів у архітектурній тканині міста» та «регенерації цінних архітектурно-містобудівних комплексів історичних міст» [15, 16].

Особливості збереження і різні підходи до використання історичних замкових комплексів викладено в роботах К.-Т.М. Гаврилів, О.В. Жукової, О.М. Оконченко, Р.В. Підставки, М.Й. Рутинського. У.Б. Андрусак (Andrusiak, Polutrenko, Полутренко) вивела принципи та запропонувала планувальні моделі функціонально-територіальної реорганізації замкових комплексів», які відображають «сучасні тенденції функціональної адаптації історичних замкових комплексів» [1, 9, 12-14, 18, 25, 29, 30-32].

Практично століття (1929-2021 рр.) присвятили зарубіжні фахівці дослідженню специфіки, розробленню та втіленню проектів консервації, реставрації, а також пристосування історичних замкових комплексів до нових функцій (туристично-рекреаційної, культурно-пізнавальної, музейно-виставкової, розважальної, харчової, житлової, громадсько-ділової й т. д.). Зокрема, J.L. Picardo Castellón більше 25 років аналізував особливості функціональної адаптації історичних замкових комплексів, застосувавши свої напрацювання для Castillo de Santa Catalina та Castillo de Sigüenza [7, 8].

Такі архітектори як E. Berjot, D. Cleris, J-M. Daubourg, C. De Riaño Lozano, M. Dudler, M. Pospíšil, C.Q. Rojas, C.P. Madueño, в процесі адаптації історичних замкових комплексів під нові функції, проводили необхідні заходи, застосовуючи відповідні методичні підходи, а саме:

- реабілітацію (Castle of Avranches, 2006 p.; Coracera Castle, 2010 p.),
- реставрацію (Hambach Castle, 2011 p.; Baena Castle, 2016 p.; Castle of Morella, 2021 p.),
- реконструкцію (Sparrenburg Fortress, 2014 p.),
- реновацію (Werdenberg Castle, 2015 p.; Helfštýn Castle, 2020 p.),

- функціональної адаптацію (Heidelberg Castle, 2017 р.) [12, 14].

Варто відмітити, що найефективніше функціональній адаптації об'єктів культурної спадщини сприяє об'єднання їх у кластер або групу (на мікрорівні) чи мережу або систему (на макрорівні), як це зроблено в Іспанії. Створення державної мережі готелів «Paradores de Turismo» (тобто, «Заїжджі двори») консолідувало історичні замкові, палацово-паркові та монастирські комплекси. Пристосування пам'яток до нових функцій передбачало не лише готельні номери, але також і банкетні зали та приміщення для проведення конференцій, музейно-виставкові зали, оглядові тераси та майданчики, басейни та тераси для загару, тимчасові відкриті сцени для концертних виступів і т. д. Комунікаційні взаємозв'язки всередині «Paradores de Turismo» між комплексами, а також довколишньою місцевістю (насамперед, історичною частиною населених пунктів та природними рекреаційними територіями) утворюють туристичні маршрути. В результаті такого комплексного підходу, сформовано загальну структуру кластерного типу, в якій довкола об'єктів культурної спадщини як ядр туристичного кластеру розташовуються інші засоби розміщення готельного типу, заклади громадського харчування та сфери культури, спортивні заклади та споруди, підприємства побутового обслуговування [1, 9, 12-14].

В Україні, державні історико-культурні заповідники «Старий Луцьк», «Хотинська фортеця» та заповідники в населених пунктах Бережани, Дубно, Жовква, Меджибіж, Острог; «Золочівський», «Кам'янець-Подільський», «Олеський», «Підгорецький» музеї-заповідники; національні заповідники «Давній Галич» і «Замки Тернопілля» організовано, використовуючи подібний підхід. Тобто, історичні замкові комплекси слугують центральними об'єктами кластеру, довкола яких локалізуються об'єкти обслуговування туристичної та соціально-побутової сфери. Пристосування вітчизняних історичних замкових комплексів, зазвичай, передбачає такі функції як музейно-виставкову, культурно-пізнавальну, розважальну, туристичну, громадсько-ділову в рамках консервації, реставрації, реновації та реконструкції. [1, 12-34].

Аналіз, представлених вище, прикладів світового досвіду функціональної адаптації історичних замкових комплексів дозволив обрати найбільш перспективне призначення для Підзамочківського замкового комплексу – туристичне. Таке рішення пов'язане з можливостями якнайповніше розкрити ресурсний потенціал комплексу, сформувавши програму функціонального пристосування пам'ятки [14].

Мета статті: проаналізувати ресурсний потенціал історичного замкового комплексу с. Підзамочок Тернопільської області та запропонувати відповідну програму функціональної адаптації.

Виклад основного матеріалу

Підзамочківський замковий комплекс розташований у північно-західній частині с. Підзамочок на території Бучацької ОТГ [12, 14, 19-21].

Споруджено замковий комплекс у с. Підзамочок на пологому схилі пагорба, який круто спускається до русла річки Стрипи. Дату будівництва та власника комплексу вказують надписи на плиті (вбудованій у замкову стіну над гербом) над аркою головних в'їзних воріт – «SUSTINE ET ABSTIN JAN ZBOZNY BUCZACKI» та «POLYROTENTE OBTINE 1600 AUGUST». Мова йде про Яна Кшиштофа Творовського, за сприяння якого зведено фортифікації. Крім цього надпису збереглася оригінальна гербова композиція посередині якої – герб Пилява, по боках герба – леви, котрі спираються на лицарів. Основний будівельний матеріал замкових укріплень – пісковик червоного й охристого кольорів [12, 14, 17, 19-21, 25-27].

Систему оборонних укріплень Підзамочківського замкового комплексу можна зарахувати до пізньої форми башто-стінового типу (при цьому, башти володіють певними рисами бастионів) або їх можна охарактеризувати як ранню форму бастионних укріплень [14, 25].

За формою в плані замковий комплекс у загальному нагадує прямокутний трикутник, кути якого захищені трьома баштами-бастионами та двома наріжниками. Найбільш укріпленими були північний і південний кут «замкового трикутника». «Вістря трикутника» було напрямлено на схід, у напільний (найуразливіший бік), «основа трикутника» – повернута в сторону річки. Цю сторону додатково захищено передподем (прямокутною уфортифікованою територією) з ще одним бастионом.

Укріплення північного кута замкового комплексу складалося з башти-бастиону та п'ятикутного наріжника, котрі з'єднувались прямокутним у плані приміщенням палацу.

Південний кут укріплень замкового комплексу складався з башти-бастиону та п'ятикутного наріжника, котрі з'єднувались замковою куртиною. На першому ярусі цієї куртини було влаштовано арку в'їзних воріт, оформлену ззовні білокам'яним рустом (у ренесансному стилі). На другому ярусі передбачено бойову галерею з 2-ма бійницями (для захисту простору перед воротами). Над аркою в'їзних воріт, посередині другого ярусу розміщено рельєфний герб власників замкового комплексу. Над гербом закріплено прямокутну плиту з датою «1600» (за якою датують спорудження комплексу).

Східний кут замкового комплексу був укріплений баштою-бастионом.

Усі три башти-бастиони замкового комплексу в с. Підзамочку були відкритими з внутрішнього боку, муровані ззовні та заповнені землею

всередині. Башти-бастіони були одноярусними, два п'ятикутні в плані наріжники – двоярусними.

Західний бік замкового комплексу було захищено передподем із ще одним бастіоном (мурованим зовні та заповненим землею зсередини), розташованим там, де схил пагорба круто переходить у стрімкий берег річки.

Всі зазначені укріплення з'єднувались між собою куртинами (висотою 4-6м). До нашого часу зберігся земляний вал (із внутрішньої сторони куртини) між східною баштою-бастіоном і південним кутом укріплень [14, 17, 19-21, 25-27].

У теперішній час, автентична планувально-просторова структура Підзамочківського замкового комплексу в загальному збережена цілісно, оскільки територія замчища не була «поглинута» сучасною забудовою.

На даний момент, рівень збереженості укріплень північного кута замкового комплексу такий: башта-бастіон збережена фрагментарно, п'ятикутний наріжник і палац – збереглися на висоту 2-х ярусів (перекриття – втрачено).

Рівень збереженості укріплень південного кута замкового комплексу: башта-бастіон збережена на висоту 1-го ярусу (встановлено двері до каземату башти-бастіону), п'ятикутний наріжник із бойовою галерею – відновлено на висоту 2-х ярусів і встановлено балки перекуриття, крокви та покриття даху. Склепінчасте перекуриття в'їзних воріт збережено.

Башта-бастіон укріплень східного кута замкового комплексу збережена на висоту 1-го ярусу.

Обсяг збереженості укріплень західного боку замкового комплексу: передполе добре прочитується в довколишньому рельєфі, бастіон збережено на висоту 1-го ярусу [12, 14, 17, 19-21, 25-27].

На основі аналізу ресурсного потенціалу об'єкта дослідження, враховуючи приклади світового науково-проектного досвіду та реалізовані проекти функціональної адаптації історичних замкових комплексів, для Підзамочківського замкового комплексу запропоновано наступну програму функціонального пристосування (рис. 1):

- здійснення протиаварійних і реставраційних робіт для збереженої планувально-просторової структури замкового комплексу [1, 12, 14-16, 18, 19, 21, 22, 24, 26-29, 31];

- створення туристичного водного маршруту по р. Стрипі (може бути одно- чи кількадечним), який пролягатиме через с. Підзамочок, м. Бучач (крім ділянки річки, де є перекут і Бучацька ГЕС), с. Жизномир, с. Русилів, с. Скоморохи, с. Сокілець і с. Берем'яни; причал для плавзасобів варто облаштувати на відстані близько 400 м від замкових укріплень у с. Підзамочку;

пропонований водний туристичний маршрут охоплюватиме огляд пам'яток архітектури (Підзамочківський і Бучацький замкові комплекси, монастир о. Василян у Бучачі, церкву Покрови Божої матері в Соکیلці) та природних утворень (водоспади «Травертиновий», Русилівські, «Над Стрипою», Сокілецькі) [1, 12, 14, 27, 30];

- продовження організації на території Підзамочківського замкового комплексу фестивалю «Свято у старому замку», що передбачатиме відповідні заходи:

- реконструкції історичних битв, лицарських турнірів та змагань, історико-театралізованих фестивалів, карнавалів і костюмованих балів, майстер-класів по народних і середньовічних танцях, анімаційних шоу, концертів етно-рокової музики (за участі відповідних колективів);

- організації, на території замку, періодичних виставок-ярмарок і майстер-класів по вишивці, килимарству, писанкарству й інших народних промислах етнографічного району Опілля;

- проведення квестів і фотоквестів на замковій території як для студентів-архітекторів, так і для туристів;

- передбачення можливості влаштування на замковій території наметового містечка для туристів;

- влаштування за межами замкових укріплень (у приватних помешканнях с. Підзамочок) кварталу народних умільців, де можна придбати унікальні сувеніри, виготовлені на замовлення за індивідуальним ескізом;

- створення музейних експозицій, які відтворюватимуть картини минулого та демонструватимуть предмети мистецтва й побуту давніх жителів Опілля в приміщеннях відреставрованих п'ятикутного наріжника та палацу (північного кута замкових укріплень);

- створення музейних експозицій під відкритим небом на східному башті-бастіоні;

- влаштування оглядових майданчиків на південному башті-бастіоні та західному бастіоні, звідки туристи зможуть оглядати краєвиди каньйону річки Стрипи;

- створення «спортивно-туристичного центру дельтапланеризму (парапланеризму) й екстремального туризму», передбачивши в першому ярусі п'ятикутного наріжника (південного кута укріплень замкового комплексу) приміщення інструктора та медпункт, а також пристосувавши передполе (з західного боку замкового комплексу) під майданчик для польотів (обладнання для польотів можна зберігати на башті-бастіоні під тимчасовим накриттям) [1-16, 19-24, 26-34].

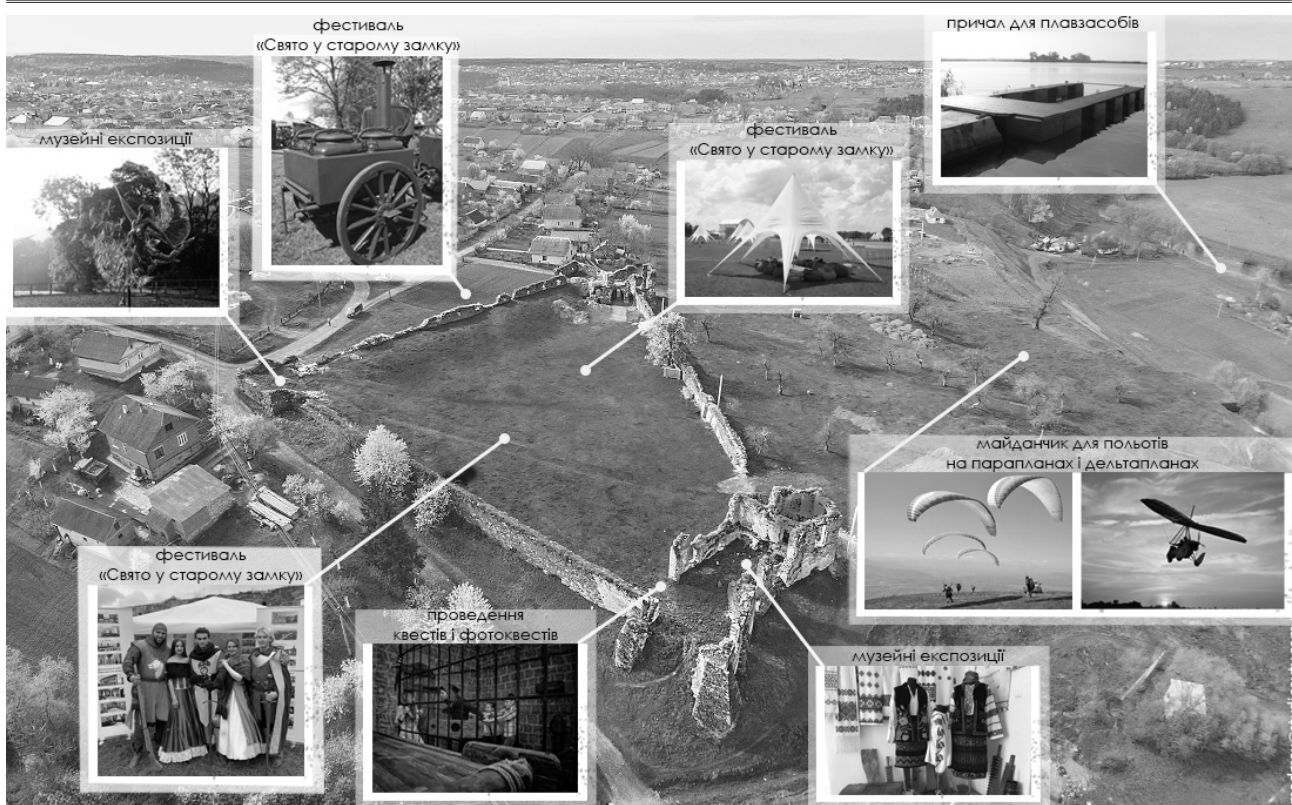


Рис. 1. Схема розміщення деяких нових функціональних елементів замкового комплексу в с. Підзамочок (у рамках програми функціональної адаптації, запропонованої автором)

Висновки: на основі прикладів світового науково-проектного досвіду, реалізованих проєктів пристосування історичних замкових комплексів до нових функцій, а також детального аналізу ресурсного потенціалу історичного замкового комплексу в с. Підзамочок, сформовано програму функціональної адаптації комплексу, найважливішими пунктами якої є:

- проведення протиаварійних і реставраційних робіт для планувально-просторової структури замкового комплексу;
- створення туристичного водного маршруту по р. Стрипі, котрий пролягатиме через с. Підзамочок, м. Бучач (крім ділянки річки, де Бучацька ГЕС), с. Жизномир, с. Русилів, с. Скоморохи, с. Сокілець і с. Берем'яни (причал для плавзасобів варто облаштувати за 400 м від замкових укріплень у с. Підзамочку);
- влаштування музейних експозицій, які відтворять картини минулого та демонструватимуть предмети мистецтва й побуту давніх жителів Опілля в приміщеннях відреставрованих п'ятикутного наріжника та палацу (північного кута замкових укріплень);
- створення «спортивно-туристичного центру дельтапланеризму (парашанеризму) й екстремального туризму», передбачивши в першому ярусі п'ятикутного наріжника (південного кута укріплень замкового комплексу) приміщення інструктора та медпункт, а також пристосувавши передполе (з

західного боку замкового комплексу) під майданчик для польотів на дельтапланах і парапланах.

Таким чином, у загальному, для Підзамочківського замкового комплексу найперспективнішим буде туристичне функціональне призначення, котре сприятиме якнайповнішому розкриттю ресурсного потенціалу комплексу.

Список використаних джерел

1. Andrusiak, U., 2021. *Principles of functional and territorial reorganization of castle complexes in the structure of historical settlements*. XXI International and Practical Conference «International Trends in Science and Technology». Warsaw, Poland, 30 January 2021. PP. 61-63.
2. Cuellar Diaz, P., 2019. *Paradores De Turismo De Espana. S.A.* Jaen: Universidade de Jaen.
3. Cupeiro Lopez, P., 2012. *Patrimonio y turismo. La intervención arquitectónica en el patrimonio cultural a través del programa de Paradores de Turismo. Estado de la cuestión*. Mirando a Clío. El arte español espejo de su historia. Actas del XVIII Congreso CEHA. Santiago de Compostela, Spain, 20 - 24 de Septiembre de 2010.
4. De Vasconcelos Correia, L. M. M., 2007. *Castelos em Portugal. Retrato do seu perfil arquitectónico [1509-1949]*. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra.
5. Lorenzo Aspes, L., 2014. *Walls surrounding History: the transformation of the monument for hotel operation*. Coruña: Universidade de A Coruña.
6. Monterroso Montero, J.M., 2001. *Protección y conservación del Patrimonio. Principios Teóricos*. Santiago de Compostela: Universidade de Santiago de Compostela.
7. Picardo Castellón, J.L., 1967. *Parador Del Castillo de Santa Catalina de Jaen, Arquitectura*, Vol. 9 / 108.
8. Picardo Castellón, J.L., 1994. El castillo parador de Sigüenza: una visión de su arquitecto restaurador José Luis Picardo, *R&R: restauración y rehabilitación*, 1, pp. 61 - 63.
9. Polutrenko, U., 2018. Principles and planning models of functional and territorial reorganization of castle complexes. *Space & FORM*, 35, pp. 141-156.
10. Rodríguez Pérez, M.J., 2013. *La Rehabilitación de Construcciones Militares Para Uso Hotelero: La Red de Paradores de Turismo (1928-2012)*. Madrid: Universidad Politecnica de Madrid.
11. Rodríguez Pérez, M.J., 2018. *La red de Paradores de Turismo. Arquitectura e historia del turismo (1911-1951)*. Madrid: Turner.
12. Андрус'як, У.Б., 2019. *Принципи функціонально-планувальної реорганізації замкових комплексів на прикладі Івано-Франківської області*: дис. канд. арх.: 18.00.01. Харків: Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова. 278 с.
13. Андрус'як, У.Б., 2022. *Приклади залучення історичних замкових комплексів до сучасних функцій*, XVI International Scientific and Practical Conference «Modern directions of Scientific Research Development». Chicago, USA, 7 - 9 September 2022. С. 108-118.
14. Андрус'як, У.Б., 2023. *Специфіка пристосування до нових функцій історичного замкового комплексу в с. Підзамочок Тернопільської області*, Історико-архітектурна спадщина Бучаччини: збірник матеріалів круглого столу "Наукові записки", 13/2/2023. Бучач, 27 липня 2023. С. 4-11.
15. Бевз, М.В., 1996. Проблема збереження різночасових містобудівних історичних комплексів у архітектурній тканині міста. *Урбаністично-архітектурні проблеми міст Галичини*. Львів: ДУЛП.

16. Бевз, М.В., 2011. Завдання збереження та регенерації цінних архітектурно-містобудівних комплексів історичних міст. *Проблеми розвитку міського середовища*, 5-6, С. 15-23.
17. Вечерський, В.В., 2011. *Фортеці й замки України*. Чернігів: Деснянська правда.
18. Гаврилів, К.-Т.М., 2021. Замок у стані тривалої руїни та заходи спрямовані на його збереження. *Вісник НУ «Львівська політехніка»*, 2 (6), С. 2-7.
19. Замки Тернопілля // *Галицька брама*, 5-6 (149-150), 2007 Львів: Центр Європи.
20. Замок в селі Підзамочок.
Доступно: <<http://zamki-kreposti.com.ua/ternopolskaya-oblast/zamok-v-sele-podzamochek>> [Дата звернення 01 Травень 2024].
21. Замок у Підзамочку: міць оборонних мурів і можливість для дельтапланеризма.
Доступно: https://provse.te.ua/2020/07/zamok-u-pidzamochku-mits-oboronnykh-muriv-i-mozhlyvist-dlia-del-taplaneryzmu/#google_vignette [Дата звернення 01 Травень 2024].
22. Лесик, О.В., 1987. *Охрана и рациональное использование памятников архитектуры*. Львів.
23. Лесик, О.В., 2011. Економічна рентабельність реставрації пристосування та експлуатації фортифікаційних комплексів Волині під заклади туризму та відпочинку. *Пам'ятки архітектури Волині*, 9, С. 140-142.
24. Лесик, О.В., 2014. Пристосування пам'яток архітектури України для нових потреб: сучасна проблематика. *Архітектурна спадщина Волині*, 4, С. 22 -26.
25. Оконченко, О.М., 2011. Планувальна структура ранніх бастионних фортифікацій замків Західної України. *Вісник НУ «Львівська політехніка»*, 716, С. 198-209.
26. Підзамочок (Подзамочек): реставрація і реконструкція замку. Доступно: <<http://surl.li/tqaiu>> [Дата звернення 01 Травень 2024].
27. Підзамочківський замок.
Доступно: <<http://surl.li/lxdrq>> [Дата звернення 01 Травень 2024].
28. Підзамочок фестивальний.
Доступно: <<https://zamky.te.ua/podii/zahodi/pidzamochok-festivalnij>> [Дата звернення 01 Травень 2024].
29. Підставка, Р.В., 2012. Проблеми реставрації, пристосування та збереження історико-культурних пам'яток національного заповідника «Замки Тернопілля». *Сіверщина в історії України*, 5, С. 26-29.
30. Полутренко, У.Б., 2016. Методика оцінки впливу містобудівних і культурологічних факторів на туристичне використання замкових комплексів. *Сучасні проблеми архітектури та містобудування*, 43/2, С. 172-179.
31. Полутренко, У.Б., 2017. Методичні підходи до пам'яткоохоронного зонування замкових комплексів. *Проблеми розвитку міського середовища*, 3/19, С. 151-158.
32. Рутинський, М.Й., 2007. *Замковий туризм в Україні. Географія пам'яток фортифікаційного зодчества та перспективи їх туристичного відродження*. Київ.
33. Свято замку в Підзамочку.
Доступно: <<https://zamky.te.ua/podii/zahodi/svyato-zamku-u-pidzamochku>> [Дата звернення 01 Травень 2024].
34. Свято у старому замку. Фестиваль у Підзамочку. Доступно: <<https://zamky.te.ua/podii/zahodi/svyato-u-staromu-zamku.-festival-u-pidzamochku>> [Дата звернення 01 Травень 2024].

Ph. D in Architecture, associate Professor **Uliana Andrusiak**,
Department of Architecture and Urban Planning
of the Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

PROSPECTS OF FUNCTIONAL ADAPTATION OF THE CASTLE COMPLEX IN VILLAGE PODZAMOCHOK OF TERNOPOL REGION

The historical castle complex in the village Podzamochok of the Ternopol region has significant resource potential for adaptation to modern functions. However, the architectural monument of national importance is increasingly destroyed due to adverse anthropogenic and natural factors.

In order to preserve this unique object of cultural heritage of Ukraine, it is necessary to form a program of functional adjustment of the castle complex. In the course of the research, the author analyzed examples of global scientific and project experience, projects of adapting historical castle complexes to new functions, and the resource potential of the historical castle complex in the village Podzamochok. Based on the obtained results, a corresponding program of functional adaptation of the complex formed. The most important points of this program are the following:

- carry out emergency and restoration works for the planning and spatial structure of the castle complex;
- create of a tourist water route along the Strypa River. The route will pass through the village Podzamochok, Buchach, village Zhiznomir, village Rusyliv, village Skomorokhy, village Sokilets and village Berem'yany. A mooring for watercraft must be arranged 400 m from the castle fortifications in the village Podzamochok;
- organize of museum expositions of objects of art and daily life of the ancient inhabitants of Opil'a. Exhibitions will be placed in the restored rooms of the pentagonal corner and the palace (northern corner of the castle fortifications);
- create of a "sports and tourist center of hang gliding (paragliding) and extreme tourism". Place the instructor's room and the first aid station on the first floor of the pentagonal corner (southern corner of the fortifications of the castle complex). Place a hang-gliding and paragliding area on the western side of the castle complex.

Therefore, the most promising functional purpose for the historical castle complex in the village of Podzamochok is a tourist attraction. Such a function will contribute to the most complete disclosure of the resource potential of the complex.

Keywords: preservation; program; potential; functional adaptation; historical castle complex.

REFERENCES

1. Andrusiak, U., 2021. *Principles of functional and territorial reorganization of castle complexes in the structure of historical settlements*. XXI International and Practical Conference «International Trends in Science and Technology». Warsaw, Poland, 30 January 2021. PP. 61-63. {in Ukrainian}
2. Cuellar Diaz, P., 2019. *Paradores De Turismo De Espana. S.A.* Jaen: Universidade de Jaen. {in English}
3. Cupeiro Lopez, P., 2012. *Patrimonio y turismo. La intervención arquitectónica en el patrimonio cultural a través del programa de Paradores de Turismo. Estado de la cuestión*. Mirando a Clío. El arte español espejo de su historia. Actas del XVIII Congreso CEHA. Santiago de Compostela, Spain, 20 - 24 de Septiembre de 2010. {in Spain}
4. De Vasconcelos Correia, L. M. M., 2007. *Castelos em Portugal. Retrato do seu perfil arquitectónico [1509-1949]*. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra. {in Portuguese}
5. Lorenzo Aspes, L., 2014. *Walls surrounding History: the transformation of the monument for hotel operation*. Coruña: Universidade de A Coruña. {in English}
6. Monterroso Montero, J.M., 2001. *Protección y conservación del Patrimonio. Principios Teóricos*. Santiago de Compostela: Universidade de Santiago de Compostela. {in Spain}
7. Picardo Castellón, J.L., 1967. Parador Del Castillo de Santa Catalina de Jaen, *Arquitectura*. 9 / 108. {in Spain}
8. Picardo Castellón, J.L., 1994. El castillo parador de Sigüenza: una visión de su arquitecto restaurador José Luis Picardo, *R&R: restauración y rehabilitación*, 1, pp. 61-63. {in Spain}
9. Polutrenko, U., 2018. Principles and planning models of functional and territorial reorganization of castle complexes. *Space & FORM*, 35, pp. 141-156. {in Polish}
10. Rodríguez Pérez, M.J., 2013. *La Rehabilitación de Construcciones Militares Para Uso Hotelero: La Red de Paradores de Turismo (1928-2012)*. Madrid: Universidad Politecnica de Madrid. {in Spain}
11. Rodríguez Pérez, M.J., 2018. *La red de Paradores de Turismo. Arquitectura e historia del turismo (1911-1951)*. Madrid: Turner. {in Spain}
12. Andrusiak U.B., 2019. *Pryntsypy funktsionalno-planuvalnoi reorhanizatsii zamkovykh kompleksiv na prykladi Ivano-Frankivskoi oblasti: dys. kand. arkh.: 18.00.01*. Kharkiv: Kharkivskiyi NU miskoho hospodarstva im. O.M. Beketova. S. 278. {in Ukrainian}

13. Andrusiak U.B., 2022. *Pryklady zaluchennia istorychnykh zamkovykh kompleksiv do suchasnykh funktsii*, XVI International Scientific and Practical Conference «Modern directions of Scientific Research Development». Chicago, USA, 7 - 9 September 2022. S. 108-118. {in Ukrainian}
14. Andrusiak U.B., 2023. *Spetsyfika prystosuvannia do novykh funktsii istorychnoho zamkovoho kompleksu v s. Pidzamochok Ternopilskoi oblasti*, Istoryko-arkhitekturna spadshchyna Buchachchyny: zbirnyk materialiv kruhloho stolu "Naukovi zapysky", 13/2/2023. Buchach, 27 lypnia 2023. S. 4-11. {in Ukrainian}
15. Bevz, M.V., 1996. Problema zberezhennia riznochasovykh mistobudivnykh istorychnykh kompleksiv u arkhitekturnii tkanyni mista. *Urbanistychno-arkhitekturni problemy mist Halychyny*. Lviv: DULP. {in Ukrainian}
16. Bevz, M.V., 2011. Zavdannia zberezhennia ta reheneratsii tsinnykh arkhitekturno-mistobudivnykh kompleksiv istorychnykh mist. *Problemy rozvytku miskoho seredovyscha*, 5-6, s. 15-23. {in Ukrainian}
17. Vecherskyi, V.V., 2011. *Fortetsi y zamky Ukrainy*. Chernihiv: Desnianska pravda. {in Ukrainian}
18. Havryliv, K.-T. M., 2021. Zamok u stani tryvaloï ruiny ta zakhody spriamovani na yoho zberezhennia. *Visnyk NU «Lvivska politekhnika»*, 2 (6), s. 2-7. {in Ukrainian}
19. Zamky Ternopillia // *Halyska brama*, 5-6 (149-150), 2007. Lviv: Tsentr Yevropy. {in Ukrainian}
20. Zamok v seli Pidzamochok. Dostupno: <<http://zamki-kreposti.com.ua/ternopolskaya-oblast/zamok-v-sele-podzamochek>> [Data zvernennia 01 Traven 2024]. {in Ukrainian}
21. Zamok u Pidzamochku: mits oboronnykh muriv i mozhlyvist dlia deltaplaneryzma. Dostupno: <https://provse.te.ua/2020/07/zamok-u-pidzamochku-mits-oboronnykh-muriv-i-mozhlyvist-dlia-del-taplaneryzmu/#google_vignette> [Data zvernennia 01 Traven 2024]. {in Ukrainian}
22. Lesyk, O.V., 1987. *Okhrana y ratsyonalnoe yspolzovanye pamiatnykov arkhitektury*. Lviv. {in Ukrainian}
23. Lesyk, O.V., 2011. Ekonomichna rentabelnist restavratsii prystosuvannia ta ekspluatatsii fortyfikatsiinykh kompleksiv Volyni pid zaklady turyzmu ta vidpochynku. *Pamiatky arkhitektury Volyni*, 9, s. 140-142. {in Ukrainian}
24. Lesyk, O.V., 2014. Prystosuvannia pamiatok arkhitektury Ukrainy dlia novykh potreb: suchasna problematyka. *Arkhitekturna spadshchyna Volyni*, 4, s. 22-26. {in Ukrainian}
25. Okonchenko, O.M., 2011. Planuvalna struktura rannikh bastionnykh fortyfikatsii zamkiv Zakhidnoi Ukrainy. *Visnyk NU «Lvivska politekhnika»*, 716, s. 198-209. {in Ukrainian}

26. Pidzamochoch (Podzamochek): restavratsiia i rekonstruktsiia zamku. Dostupno: <<http://surl.li/tqaiu>> [Data zvernennia 01 Traven 2024]. {in Ukrainian}
27. Pidzamochochivskiyi zamok. Dostupno: <<http://surl.li/lxdrc>> [Data zvernennia 01 Traven 2024]. {in Ukrainian}
28. Pidzamochoch festyvalnyi. Dostupno: <<https://zamky.te.ua/podii/zahodi/pidzamochoch-festivalnij>> [Data zvernennia 01 Traven 2024]. {in Ukrainian}
29. Pidstavka, R.V., 2012. Problemy restavratsii, prystosuvannia ta zberezhenia istoryko-kulturnykh pamiatok natsionalnogo zapovidnyka «Zamky Ternopillia». *Sivershchyna v istorii Ukrainy*, 5, s. 26-29. {in Ukrainian}
30. Polutrenko, U.B., 2016. Metodyka otsinky vplyvu mistobudivnykh i kulturolohichnykh faktoriv na turystychno vykorystannia zamkovykh kompleksiv. *Suchasni problemy arkhitektury ta mistobuduvannia*, 43/2, s. 172-179. {in Ukrainian}
31. Polutrenko, U.B., 2017. Metodychni pidkhody do pamiatkookhoronnoho zonuvannia zamkovykh kompleksiv. *Problemy rozvytku miskoho seredovyscha*, 3/19, s. 151-158. {in Ukrainian}
32. Rutynskiyi, M.Y., 2007. *Zamkovyi turizm v Ukraini. Heohrafiia pamiatok fortyfikatsiinoho zodchestva ta perspektyvy yikh turystychnoho vidrodzhennia*. Kyiv. {in Ukrainian}
33. Sviato zamku v Pidzamochochu. Dostupno: <<https://zamky.te.ua/podii/zahodi/svyato-zamku-u-pidzamochochu>> [Data zvernennia 01 Traven 2024]. {in Ukrainian}
34. Sviato u staromu zamku. Festyval u Pidzamochochu. Dostupno: <<https://zamky.te.ua/podii/zahodi/svyato-u-staromu-zamku.-festival-u-pidzamochochu>> [Data zvernennia 01 Traven 2024]. {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2076-815x.2024.86.17-26

УДК: 72.03

к.арх., доцент **Брідня Л.Ю.**,
bridnia.liu@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0001-9141-082X,
Київський національний університет будівництва і архітектури

ЖИТЛОВА БАШТА НАКАГІН В ТОКІО, ЯПОНІЯ: ФУТУРИСТИЧНИЙ АРХІТЕКТУРНИЙ КОНЦЕПТ СЕРЕДИНИ 20 СТОРІЧЧЯ І РЕАЛЬНІСТЬ

Робота присвячена ретроспективному аналізу футуристичної капсульної башти Накагін, яка була збудована у 1970-1972 рр. в Токіо архітектором Кішьо Курокавою та мала аналогії до моденістичної будівлі прес-центру Шідзуока архітектора Кендзо Танге. Обидві будівлі з'явилися в якості ілюстрації концепції метаболізму, тобто можливості надання архітектурі здатності рости і оновлюватися, пристосовуючись до зовнішнього середовища. Початково будівля призначалася під готель, але врешті отримала змішану житлову функцію. Структура башти складалася з стаціонарного вертикального ядра, на яке навішувалися житлові капсули, які могли замінюватися. Однак в реальності башта Накагін виявилася нездатною пристосовуватися під мінливі зовнішні умови. За 50 років експлуатації заміна капсул жодного разу не проводилася. Це призвело до повного обвішання башти Накагін та її демонтажу у 2022 році. Після демонтажу громадській асоціації по збереженню башти Накагін вдалося отримати 23 капсули для їх подальшого ремонту з метою перетворення на окремі арт об'єкти та виставкові павільйони. Таким чином, футуристична ідея житлової башти Накагін, яка під час будови далеко випередила свій час, не витримала випробуванням реальністю. Але цей проект багато в чому заклав основи сучасних концепцій динамічної архітектури.

Ключові слова: архітектура Японії; футуризм; динамічна архітектура; метаболізм; модернізм; Кішьо Курокава; Кендзо Танге.

Постановка проблеми. Сучасна архітектура стикається з новими викликами та необхідністю задовольняти абсолютно нові та принципово інші потреби суспільства, що швидко змінюється. Зокрема, особливо гостро встають проблеми екологічності, вторинної переробки використаних будівельних матеріалів та сталого розвитку архітектури. Однак, спроби рішень подібних проблем насправді випереджають свій час і відомі в сучасній архітектурі щонайменше з другої половини 20 ст. На їх досвіді, в тому числі і помилках, є чому повчитися. Найяскравіший приклад цього – збудована у другій третині 20

ст. в центрі Токіо футуристична башта Накагін – практичне втілення японської концепції метаболістичної архітектури архітектора Кішьо Курокави.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Оскільки в статті аналізуються в тому числі процеси дуже нещодавні, які ще практично не знайшли свого місця в наукових публікаціях, до роботи в першу чергу було залучено спеціалізовані інтернеті джерела [1-5], присвячені подіям зносу та спробам порятунку (реконструкції, меморіалізації) башти Накагін в Токіо. Окрім цього, в роботі було використано низку наукових видань з тематики історії та теорії історичної [6-9] і сучасної архітектури Японії [10-14], в тому числі і концептуальні твори самого архітектора башти Накагін, Кішьо Курокави [15]. Додатковим джерелами для роботи стали твори вітчизняних фахівців, присвячені загальним проблемам і конкретним випадкам реконструкції готелів [16-19] та гармонізації контраверсивної забудови центральних вулиць історичних міст [20].

Мета і методи досліджень. Метою роботи є висвітлення результатів (позитивних здобутків та недоліків) реального втілення в життя концептуальних футуристичних ідей архітектури метаболізму на прикладі башти Накагін в Токіо архітектора Кішьо Курокави. Основним методом роботи став ретроспективний аналіз проектних характеристик, соціальних умов існування та причин краху проекту башти Накагін.

Актуальність і новизна. Тема реконструкції і збереження пам'яток архітектури середини 20 ст. не є особливо розповсюдженою, оскільки увага дослідників, як правило, концентрується на архітектурі більш давніх періодів. Архітектура середини 20 ст., і зокрема тема її збереження, знаходиться в певній лакуні громадської уваги, хоча насправді серед її зразків зустрічаються надзвичайно цікаві та унікальні приклади. Одним з них є башта Накагін в Токіо, зберегти яку так і не вдалося. Цінність цього архітектурного об'єкту окрім іншого полягає в концептуальності, навіть утопічності проекту, який тим не менше був втілений в життя, але не зміг протриматися більше 50 років. Аналіз комплексних причин демонтажу цього об'єкту проводиться вперше і ймовірно зможе допомогти у позитивному вирішенні проблем збереження і реконструкції схожих об'єктів в майбутньому.

Архітектура башти Накагін та метаболістичні ідеї Кішьо Курокава. Башта Накагін розташована у центрі Токіо, в районі центральної торговельної вулиці Гіндза. Це надзвичайно цікавий зразок футуристичної архітектури, збудований за проектом творця концепції архітектурного метаболізму, архітектора і теоретика архітектури Кішьо Курокава у 1970-1972 роках [1]. Створюючи концепцію архітектурного метаболізму, Курокава прагнув докорінно змінити поняття архітектури, наголошуючи на її принциповій

здатності до змін та розвитку, схожого з живими організмами, які ростуть і можуть пристосовуватися до змін навколишнього середовища [15]. Можливість заміни та оновлення окремих частин будівлі на думку Курокави могло би вирішити проблему фізичного і морального застарівання архітектурних будівель і стати основою архітектури майбутнього [15].

В якості ілюстрації футуристичної ідеї мінливої і динамічної, здатної до оновлення і росту архітектури, та маніфестації уяви про „житло майбутнього”, була спроектована башта Накагін. Головна метаболістична ідея башти полягала в тому, що будівля складалася з двох принципово різних конструкцій: чотирнадцятиповерхового стаціонарного вертикального залізобетонного ядра (два парні сходові стрижні), схожого зі стовбуром дерева, та навісних на ньому житлових капсул (рис. 1), які асоціювалися з листям дерева, оскільки мали проектну можливість заміни [15]. Загалом на вертикальному ядрі було змонтовано 140 таких капсул, повернутих в різні боки [2, 3].



Рис. 1. Капсульна башта Накагін (К. Курокава 1970-72) і будівля прес-центру Шідзуока (К. Танге, 1967) Джерела: CC BY-SA 3.0, Nakagin Capsule Tower https://en.wikipedia.org/wiki/Nakagin_Capsule_Tower; CC BY-SA 4.0, Shizuoka Press and Broadcasting Center, https://en.wikipedia.org/wiki/Shizuoka_Press_and_Broadcasting_Center

Цікаво, що схожа за ідеєю будівля прес-центру Шідзуока (1967) була зведена на Гіндзі неподалік кількома роками раніше архітектором Кензо Танге (див. рис. 1). На відміну від башти Накагін, прес-центр Шідзуока не передбачав заміни навішених на центральне ядро сходових комунікацій капсул-офісів, а лише прогнозував можливість додавання нових офісів за потреби (чого насправді так і не сталося).

Башта Накагін задумувалася як готель для тимчасового розміщення бізнесменів, які працюють в центрі Токіо і не завжди встигають після роботи повернутися до себе у передмістя [4]. Кожна капсула мала розміри 4 x 2,5 метри та була облаштована всім необхідним для зручного проживання однієї людини [1]. Вона могла використовуватися як квартира або студія, була передбачена також технічна можливість поєднання разом декількох капсул [4]. Сукупність закріплених на стрижні-основі капсул утворювала цікаву і збалансовану архітектурну композицію будівлі в цілому (рис. 2).

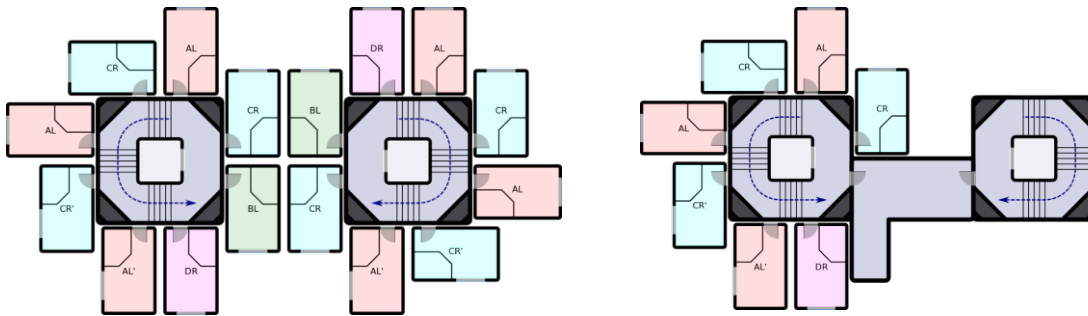


Рис. 2. Плани капсульної башти Накагін з приєднаними капсулами (10 і 12 поверхи).
Джерело: CC BY-SA 4.0, https://en.wikipedia.org/wiki/Nakagin_Capsule_Tower;

Інтер'єр кожної капсули мав кругле вікно, вбудоване ліжко та ванну кімнату, а також був оснащений магнітофоном, телевізором, телефоном, радіо та будильником [3], (рис. 3). К. Kurokawa розробив технологію встановлення попередньо зібраних на заводі капсульних блоків у сходово-розподільчі стрижні будівлі за допомогою крану, із закріпленням по місцю лише на 4 болтах [1].



Рис. 3. План і фото окремої житлової капсули башти Накагін.
Джерело: CC BY-SA 4.0, https://en.wikipedia.org/wiki/Nakagin_Capsule_Tower;

Проблеми реконструкції башти Накагін та її меморіалізація. Реальне життя башти Накагін виявилось не зовсім таким, як це прогнозував її творець. Насправді, на початку свого існування цей будинок не став готелем, оскільки

практично одразу знайшлося доволі багато бажаючих (як правило це були молоді одинаки) орендувати або ж придбати там перманентне житло [5]. У якості своєрідного «прибуткового будинку» башта проіснувала практично до кінця 20 ст. Хоча багато людей купували або орендували капсули на довгостроковий термін, короткострокова оренда від 1 до 6 місяців також була популярною, особливо серед музикантів і художників, які влаштовували в капсулах свої студії [5]. На початку 21 ст. з'явилася також можливість оренди деяких капсул на декілька ночей. Об'яви про таку оренду подекуди зустрічалися навіть на сайтах бронювання готелів, таких, як наприклад booking.com. Тобто, можна сказати, що в певному сенсі до башти Накагін повернулася прогнозована від початку функція готелю.

Однак, час поступово накопичував проблеми. Річ у тому, що початковий проект будівлі передбачав заміну та оновлення капсул кожні 25 років, що на практиці жодного разу не проводилося, оскільки виявилось, що замінити лише одну капсулу, а не одразу всі – технічно надзвичайно складно [1]. Старіння капсул призвело та пошкодження водопровідних труб та інших внутрішніх комунікацій. Не дивлячись на те, що башта Накагін була досить відомою в світі, та стала популярною туристичною атракцією Гіндзи, критичний стан будівлі та неможливість нормальної її експлуатації підштовхнули союз власників до прийняття рішення про демонтаж [3].

У 2007 році було оформлено наказ про знесення башти Накагін, що призвело до ще більшого посилення інтересу до цієї унікальної будівлі з боку творчих людей з усього світу [3]. Поступово сформувалося кілька громадських асоціацій активних поціновувачів башти, які сподівалися врятувати хоча б частину її архітектурної історії, купивши під час демонтажу одну чи декілька з 140 навісних капсул [5]. Зокрема, у 2014 році з метою збереження будівлі у співпраці з власниками, мешканцями, асоціаціями менеджерів і Kisho Kurokawa Architects and Associates був заснований «Проект збереження та реставрації капсульної вежі Накагін» (Nakagin Capsule Tower Preservation and Restoration Project) [5]. На жаль, у квітні 2022 року будинок все ж було знесено, але завдяки ентузіастам, 23 житлові капсули башти Накагін (всі, що на момент демонтажу знаходилися в більш менш прийнятному стані) було вилучено та реставровано на заводі під наглядом Kisho Kurokawa Architects and Associates [2]. Згодом відреставровані капсули планують транспортувати на нові місця, щоб виставити в музеях, галереях і комерційних об'єктах в Японії та закордоном.

Так, однією з нових локацій для двох капсул Накагін буде павільйон «SHUTL», який планують побудувати в Токіо у районі Хігаші Гіндза [3-4] для виставок і продажу предметів мистецтва, а також для проведення

різноманітних культурних заходів. Інший варіант застосування запланувала Yodogawa Steel Works, Ltd, яка переробила капсулу в мобільний трейлер. Він стане символом дизайнерського бренду компанії «YODOKO+» і буде експонуватися на різноманітних виставках [3-4].

Значення башти Накагін та причини краху її концепції. Підсумовуючи, слід зазначити наступні положення:

- Башта Накагін була концептуальним продуктом свого часу і вираженням передових суспільних концепцій, що у 1960-70 роки в Японії, у зв'язку з небувалим економічним підйомом країни, розвивалися надзвичайно активно.

- Однак, в реальності башта Накагін не витримала випробування часом, оскільки не змогла виконати своєї основної концептуальної мети – пристосуватися під мінливі умови часу і соціуму.

- Вочевидь, що ідея башти початково ґрунтувалася на неправильному уявленні про соціум і мала технічні недоліки. Зокрема, навісні капсули будівлі не могли ефективно замінитися одна по одній, а за умови розрізнених власників, їх одночасна заміна була неможливою.

- Капсульна структура башти Накагін була занадто тісною і роздрібненою, через що проекти її реконструкції стикалися з проблемами складності перепрофілювання функції будівлі, які, тим не менше, могли би бути успішно вирішені, якби проект реконструкції Накагін своєчасно отримав належну державну увагу та спонсорську підтримку.

- Башта Накагін була цінною в першу чергу тим, що втілювала непересічну ідею. Вочевидь, її величезне значення для історії людської цивілізації так і не було остаточно усвідомленим. В результаті, замість реконструкції, сталася меморіалізація башти за рахунок збереження деяких її елементів, що певним чином все ж краще, ніж нічого. Однак, це не забезпечило і малої долі того майбутнього культурного профіту, який могло би надати прийдешнім поколінням цілісне збереження та реконструкція цієї унікальної концептуальної будівлі житлової «архітектури майбутнього», що далеко випередила свій час.

Висновки. Концептуальний проект башти Накагін простояв в центрі Токіо 50 років і в результаті був демонтований. Таким чином, можна вважати, що концепція архітектурного метаболізму Кішьо Курокави, зустрівшись з випробуванням реальності, не витримала його. Тим не менше, оригінальна ідея цієї будівлі істотно випередила свій час. Вона відображає дух епохи економічного зростання післявоєнної Японії, віри в майбутнє і нуртування креативних ідей, і може вважатися прототипом, або ж підґрунтям передових

ідей сучасної динамічної архітектури, особливо в тому, що стосується векторів екологічності та сталого розвитку сучасної архітектури.

Список джерел

1. Sveiven M. AD Classics: Nakagin Capsule Tower / Kisho Kurokawa. *ArchDaily*. 2011. URL: <https://www.archdaily.com/110745/ad-classics-nakagin-capsule-tower-kisho-kurokawa> (дата звернення: 08.05.2024)
2. Nakagin Capsule Tower. *Kisho Kurokawa architect & associate*. 2015. URL: <https://www.kisho.co.jp/page/209.html> (дата звернення: 08.05.2024)
3. The Future of Nakagin Capsule Tower: 23 Capsules Taken Out and Restored. *Tokyo Art Beat*. 2023. URL: <https://www.tokyoartbeat.com/en/articles/-/nakagin-capsule-tower-metabolism-news-en-202305> (дата звернення: 08.05.2024)
4. Nakagin Capsule Tower. *Nakagin Capsule Tower Preservation and Restoration Project*. 2017. URL: <https://www.nakagincapsuletower.com/project> (дата звернення: 08.05.2024)
5. Kim Kahan. The Community Behind Nakagin Capsule Tower. *Metropolis*. 2022. URL: <https://metropolisjapan.com/the-community-behind-nakagin-capsule-tower/> (дата звернення: 08.05.2024)
6. Yong D., Kimura M. Introduction to Japanese Architecture. Singapore: PERIPLUS, 2004. 128 p.
7. Шевцова Г.В. Історія японської архітектури і мистецтва. Київ: Грані-Т, 2011. 232 с.
8. Watanabe, Y. Shinto art: Ise and Izumo shrines. New-York: Weatherhill, Tokyo: Heibonsha. 1964. 191 p.
9. Mizuno, S. Asuka Buddhist art: Horyu-ji. New-York: Weatherhill, Tokyo: Heibonsha. 1974. 174 p.
10. Tange K., Kawazoe N. Ise – Origin of Japanese Architecture. Cambridge: MIT Press, 1965.
11. Tange K., Gropius W., Ishimoto Y. Tradition and Creation in Japanese Architecture. New Haven: Yale University Press, Tokyo: Zokeisha Publication Ltd, 1960. 140 p.
12. Isozaki A. Japan-ness in Architecture. / Translated by Sabu Kohso; edited by David B. Stewart. Cambridge and London: MIT Press, 2006. 349 p.
13. Шевцова Г.В. Архитектурная традиция как вектор развития японских мегаполисов // *Современная архитектура мира*. 2011. Вып. I, С. 291-300.
14. Shevtsova G.V., Gorbyk O.O. and Kubko A.Y. Modern specific of Japanese urbanism as a result of the country's cultural mentality distinctiveness // *Innovative Technology in Architecture and Design (ITAD 2020)*: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 907, 012001, Kharkiv, 21-22 May 2020, Kharkiv, 2020 DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/907/1/012001>
15. Kurokawa, K. Metabolism in architecture. London: Studio Vista, 1977. 208 p.
16. Bridnia L., Zehong G. Renovation of industrial enterprises for hotel facilities Architectural-shaped transformations // *Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe (East European Scientific Journal)*. 2019. №10 (50). P. 4-6.
17. Цзехун, Г., & Брідня, Л. Сучасні тенденції реконструкції промислових будівель під готельні заклади на прикладі Китаю // *Сучасні проблеми Архітектури та Містобудування*. 2022. № 62. С. 226–246.
18. Zehong G., Bridnia L. Analysis of the experience of renovating industrial enterprises into hotels in China // *E3S Web of Conferences* 237, 04007, 09 February, 2021 DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202123704007>
19. Брідня, Л. Принципи і прийоми естетично-образної трансформації при реконструкції історичних промислових будівель під громадську функцію // *Сучасні проблеми Архітектури та Містобудування*. 2022. № 63. С. 252–267. DOI: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2022.63.252-267>

20. Шевцова Г.В. Архітектурно-просторові особливості формування вулиці Хрещатик в Києві (XIX-XX ст.): автореф. дис. ... канд. архітектури: 18.00.01. Київ, 2002. 18 с.

PhD, Associate Professor **Bridnia Larysa**,
Department of architectural design of civil buildings and structures,
Kyiv National University of Construction and Architecture.

**NAKAGIN RESIDENTIAL TOWER IN TOKYO, JAPAN:
A FUTURISTIC ARCHITECTURAL CONCEPT
OF THE MID-20TH CENTURY AND REALITY**

The work is devoted to a retrospective analysis of the historical and social conditions of the construction, existence and dismantling of the futuristic Nakagin capsule tower. The Nakagin Capsule Tower was built in 1970-1972 in central Tokyo by architect Kisho Kurokawa and was similar to the modernist building of the Shizuoka Press Center by architect Kenzo Tange. Both buildings appeared as a practical illustration of the concept of architectural metabolism, that is, the possibility of giving architecture the ability of living organisms to grow and renew themselves, adapting to the external environment. Initially, the building was intended for a hotel, but finally it received a mixed function of temporary and permanent accommodation. The structure of the tower consisted of a stationary reinforced concrete vertical core, on which residential capsules were suspended with the possibility of replacement. However, in reality, the Nakagin tower was unable to adapt to changing external conditions. During 50 years of operation, the capsules were never replaced, as the owners could not replace them at once, and the individual replacement was technically difficult. This led to the complete deterioration of the Nakagin Tower and its dismantling in 2022. Attempts to reconstruct the object did not receive adequate attention and sufficient funding. During the dismantling of the building, the public association of Nakagin Capsule Tower Preservation and Restoration Project managed to remove 23 capsules for their further repair with the aim of turning them into separate art objects and exhibition pavilions. Thus, it can be stated that the futuristic idea of the Nakagin residential tower, which was far ahead of its time during construction, did not stand the test of reality. Despite this, this project in many ways laid the foundations of modern concepts of dynamic architecture.

Keywords: architecture of Japan; futurism; dynamic architecture; metabolism; modernism; Kisho Kurokawa; Kenzo Tange.

REFERENCES

1. Sveiven M. AD Classics: Nakagin Capsule Tower / Kisho Kurokawa. *ArchDaily*. 2011. URL: <https://www.archdaily.com/110745/ad-classics-nakagin-capsule-tower-kisho-kurokawa> (дата звернення: 08.05.2024) {in English}
2. Nakagin Capsule Tower. *Kisho Kurokawa architect & associate*. 2015. URL: <https://www.kisho.co.jp/page/209.html> (дата звернення: 08.05.2024) {in English}
3. The Future of Nakagin Capsule Tower: 23 Capsules Taken Out and Restored. *Tokyo Art Beat*. 2023. URL: <https://www.tokyoartbeat.com/en/articles/-/nakagin-capsule-tower-metabolism-news-en-202305> (дата звернення: 08.05.2024) {in English}
4. Nakagin Capsule Tower. *Nakagin Capsule Tower Preservation and Restoration Project*. 2017. URL: <https://www.nakagincapsuletower.com/project> (дата звернення: 08.05.2024) {in English}
5. Kim Kahan. The Community Behind Nakagin Capsule Tower. *Metropolis*. 2022. URL: <https://metropolisjapan.com/the-community-behind-nakagin-capsule-tower/> (дата звернення: 08.05.2024) {in English}
6. Yong D., Kimura M. Introduction to Japanese Architecture. Singapore: PERIPLUS, 2004. 128 p. {in English}
7. Shevtsova G.V. History of Japanese Architecture and Art [Istoriia yaponskoi arkhitektury i mystetstva]. Kyiv: Hrani-T, 2011. 232 s. {in Ukrainian}
8. Watanabe, Y. Shinto art: Ise and Izumo shrines. New-York: Weatherhill, Tokyo: Heibonsha. 1964. 191 p. {in English}
9. Mizuno, S. Asuka Buddhist art: Horyu-ji. New-York: Weatherhill, Tokyo: Heibonsha. 1974. 174 p. {in English}
10. Tange K., Kawazoe N. Ise – Origin of Japanese Architecture. Cambridge: MIT Press, 1965. {in English}
11. Tange K., Gropius W., Ishimoto Y. Tradition and Creation in Japanese Architecture. New Haven: Yale University Press, Tokyo: Zokeisha Publication Ltd, 1960. 140 p. {in English}
12. Isozaki A. Japan-ness in Architecture. / Translated by Sabu Kohso; edited by David B. Stewart. Cambridge and London: MIT Press, 2006. 349 p. {in English}
13. Shevtsova G. V. Architectural Tradition as a Vector of Japanese Megacities' Development [Arkhytekturnaia tradytsiia kak vektor razvytyia yaponskykh mehapolysov] // *Sovremennaia arkhytektura myra*. 2011. Vyp. I, S.291-300. {in Russian}
14. Shevtsova G.V., Gorbyk O.O. and Kubko A.Y. Modern specific of Japanese urbanism as a result of the country's cultural mentality distinctiveness //

Innovative Technology in Architecture and Design (ITAD 2020): IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 907, 012001, Kharkiv, 21-22 May 2020, Kharkiv, 2020 DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/907/1/012001> {in English}

15. Kurokawa, K. *Metabolism in architecture*. London: Studio Vista, 1977. 208 p. {in English}

16. Bridnia L., Zehong G. Renovation of industrial enterprises for hotel facilities Architectural-shaped transformations // *Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe (East European Scientific Journal)*. 2019. №10 (50). P. 4-6. {in English}

17. Zehong G., Bridnia L. Current trends in the reconstruction of industrial buildings for hotel facilities on the example of China [Suchasni tendentsii rekonstruktsii promyslovykh budivel pid hotelny zaklady na prykladi Kytaiu] // *Suchasni problemy arkhitektury ta mistobuduvannia*. 2022. № 62. С. 226–246. {in Ukrainian}

18. Zehong G., Bridnia L. Analysis of the experience of renovating industrial enterprises into hotels in China // *E3S Web of Conferences* 237, 04007, 09 February, 2021 DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202123704007> {in English}

19. Bridnia L. Principles and techniques of aesthetic-figurative transformation in thereconstruction of historical industrial enterprises for a public function [Pryntsypy I priiomy estetychno-obraznoi transformatsii pry rekonstruktsii istorychnykh promyslovykh budivel pid hromadsku finktsiu] // *Suchasni problemy arkhitektury ta mistobuduvannia*. 2022. № 63. С. 252–267. DOI: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2022.63.252-267> {in Ukrainian}

20. Shevtsova G.V. Architectural-space peculiarity of Krestcatik street's formation in Kiev (XIX-XX c.) [Arkhitekturno-prostorovi osoblyvosti formuvannia vulytsi Khrestchatyk v Kyievi (XIX-XX ст.)]: Thesis on competition of a scientific degree of the candidate architecture on a specialty of 18.00.01. Kyiv, 2002. 18 p. {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2076-815x.2024.86.27-40

УДК 711.4 (477) «20»

Гнесь Ю.І.,
yurii.i.hnes@lpnu.ua, ORCID: 0009-0003-5555-8693,
Національний університет «Львівська політехніка»

ГЕНЕЗА РЕКРЕАЦІЙНИХ ПОСЕЛЕНЬ В УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТАХ У XXI ст.

Розглядаються питання виникнення і спонтанної еволюції нового виду для регіону Українських Карпат рекреаційних об'єктів – мультиформатних рекреаційних поселень, що поєднують приватно-орендний тип житлових одиниць з їх частковим функціонуванням в іпостасі орендного рекреаційного житла в структурі управляючої компанії. Особлива увага приділена чинникам, які спонукали прискорений розвиток цих поселень: інтереси великого бізнесу і місцевих підприємців, пандемія Covid 19, безвізовий режим з заможними країнами, війна, ріст популярності заміського відпочинку в екологічно чистих та благополучних і привабливих регіонах країни.

Ключові слова: рекреація; Українські Карпати; поселення; містобудівні чинники.

Постановка проблеми

Сучасні умови життя людини тісно пов'язані з значним підвищенням ролі рекреації (від лат. *recreatio* - відновлення, франц. *-recreations-* розвага, відпочинок, зміна дії). Особливо важливе значення рекреація набуває в результаті комплексного впливу на людину наслідків науково-технічного прогресу, інформаційного перенасичення, інтенсивності та динаміки сучасного життя, глобальної урбанізації, кліматичних змін, погіршення чи навіть деградації природного середовища із-за неконтрольованої індустріальної діяльності людини, різноманітних катаклізмів, війн, пандемій і т.п. З іншого боку, в розвинутих країнах з ростом благополуччя і фінансових можливостей загострюється увага до всебічного розвитку особи, в тому числі – до потреб людини у різноманітному і комфортному відпочинку. Відтак зростають потреби в рекреації, зумовлені її широкою популяризацією. Можна навіть стверджувати, що існує певна мода на цікавий неповторний відпочинок, який подекуди стає навіть елементом престижності. Цьому допомагає і науково-технічний прогрес, який сприяє збільшенню кількості людей у світі, що можуть дозволити собі якісний відпочинок.

Для задоволення потреб у рекреації слугують різноманітні види курортів, потужна туристична галузь, міська мережа об'єктів відпочинку та розваг Тому

не дивно, що сфера рекреації є дуже прибутковою галуззю для індустрії бізнесу, сприятливим полем для вигідних фінансових інвестицій. Відповідно вона не обділена увагою і з боку науковців, у тому числі - спеціалістів з архітектури та містобудування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Методологічні основи формування курортно-рекреаційних систем в Україні висвітлено багатьма авторами, зокрема: рекреаційно-туристичні дестинації розглянуто працями Божук Т.І. (Божук Т.І., 2014), Матвіїв О.Ю. (Матвіїв О.Ю., 2012), Панченко Т.Ф. (Панченко Т.Ф., 2009, 2015), Шулика В.В. (Шулик В.В., 2012). Містобудівним основам просторового планування гірських рекреаційних територій (на прикладі Українських Карпат) присвячена праця Шульги Г.М. (Шульга Г.М., 2017). Особливості формування архітектурно-планувальної структури екопоселень опрацьовано працею Благовестової О. О. (Благовестова О.О., 2020). Принципи формування архітектурного середовища придорожніх туристичних комплексів в Україні досліджувала Фоменко О. В. (Фоменко Н.В., 2007). Композиційні основи ландшафтно-просторової організації гірськолижних комплексів (на прикладі українських Карпат) висвітлено у роботі Онуфрив Я.О., (Онуфрив Я.О., 2017). Методологічні основи сталого розвитку еколого містобудівних систем опрацьовано Устіною І.І. (Устінова І.І. Айлікова Г.В., 2019). Історичні аспекти формування міських поселень рекреаційного профілю в Українських Карпатах, передумов історичного та еволюційного розвитку, висвітлено у праці Жирак Р.М, (Жирак, 2019). Архітектурну організацію об'єктів сучасної рекреації у Карпатському регіоні України досліджено Смадичем І.П. (Смадич І.П., 2016). Питанням архітектурно-планувального вирішення дерев'яних рекреаційних об'єктів Карпатського регіону присвячена наукова праця А. І. Савчука (Савчук А.І. 2016); вплив етнографічних чинників на архітектурну організацію рекреаційного простору Гуцульщини (на прикладі Косівського, Верховинського та Надвірнянського районів Івано-Франківської області) розглянуто Юрчишин Г.М. (Юрчишин Г.М., 2006). А також інші наукові спрямування цієї тематики представлені багатьма іншими галузями науки та науковцями.

Та не зважаючи на такий досить широкий спектр наукових досліджень у сфері формування рекреаційних систем та їх елементів, поза увагою архітекторів-науковців досі залишається перспективний напрям, який відносно недавно зародився в Українських Карпатах і наразі, хоч і хаотично, безсистемно, але швидко і динамічно розвивається. Це проблематика формування нового виду рекреаційних об'єктів – мультиформатних рекреаційних поселень, що поєднують приватно-орендний тип житлових одиниць з їх частковим

функціонуванням, в іпостасі орендного рекреаційного житла у структурі управляючої компанії.

Актуальність дослідження обумовлена необхідністю виявлення чинників впливу на розвиток рекреаційних поселень в Українських Карпатах.

Метою даного дослідження є спроба виявити та прослідкувати процес зародження, становлення та подальшої еволюції нового типу рекреаційних об'єктів в Українських Карпатах - мультиформатних рекреаційних поселень.

Об'єкт дослідження - рекреаційні поселення в Українських Карпатах протягом першої чверті ХХІ ст.

Методика дослідження – натурні обстеження, авторське проектування рекреаційних поселень (індивідуальні житлові будинки, зблоковані таунхаузи, невеликі апарт-готелі, життєзабезпечувальні будівлі, відпочинково-розважальна інфраструктура) у гірській місцевості Івано-Франківщини та Львівщини.

Виклад основного матеріалу.

В кінці ХХ ст. великий бізнес в Україні зрозумів перспективність освоєння рекреаційного потенціалу Українських Карпат. Саме на початку двохтисячних років доволі значні інвестиції були спрямовані на створення відпочинково-рекреаційного комплексу Буковель. Це різко підвищило попит на нерухомість у даному регіоні. Мешканці маленького села Поляниця, та інших оточуючих сіл, досить швидко зрозуміли переваги та перспективність володіння землею чи іншою нерухомістю. За першої ліпшої нагоди, перші мешканці продавали свої паї можливим клієнтам з інших міст України. Деякі обережніші власники притримували свої ділянки, очікуючи на ще більший ріст цін і привабливіші пропозиції. Треті взагалі розпочали здавати свою нерухомість у зимовий період туристам та любителям лижного відпочинку. На зароблені кошти пробували реконструювати, добудувувати, розвивати своє обійстя «під туриста» (рис 1).



Рис.1. с. Поляниця. Панорама забудови. (Фото автора 2019 р.)



◀ Рис.2. Приватна садиба з функцією рекреації. м. Яремче. (Кут вул. Підскельної і вул. Свободи)

Інтенсивний розвиток курорту Буковель, оточуючої інфраструктури, рекреаційно-туристичної галузі загалом стрімко розвивався і житловий фонд навколишніх сіл та містечок. Зазвичай на самому початку ХХІ ст. це була хаотична, самовільна стихійна забудова, практично без

архітектурно цікавих проектів та ідей. Досить часто ця забудова зводилась з усіма можливими і неможливими порушеннями норм і правил містобудування. Також тривалий час оточуючі Буковель села та містечка орієнтувались в основному на зимовий сезон. Саме взимку до них приїжджала основна маса туристів та відпочиваючих. В інший час власники садиб та готелів, ресторанів, кафе та інших закладів активно розбудовували свою інфраструктуру, готуючись до чергового зимового високого сезону (рис 2,3).



Рис.3. м. Яремче, вул. Підскельна. Приватні садиби. (фото автора 2010 р.)

Проте, після окупації Росією Криму у 2014 році, населення України зіткнулось із проблемою браку локацій для фінансово доступного літнього відпочинку та оздоровлення. Саме у цей час значна кількість людей відкрила для себе Карпатський регіон як рекреацію і відпочинок не лише взимку, а й у літній чи весняно-осінній період. Це призвело до нового будівельного буму в регіоні,

перепрофілюванню багатьох закладів з моносезонних у заклади круглорічної дії. Вже в перший рік після анексії Криму, літній сезон відпочинку в горах, став таким же масовим і багатолюдним як зимовий.



Рис.4. с. Яблуниця. гот. «Charlton Estate. (фото автора 2020 р.)

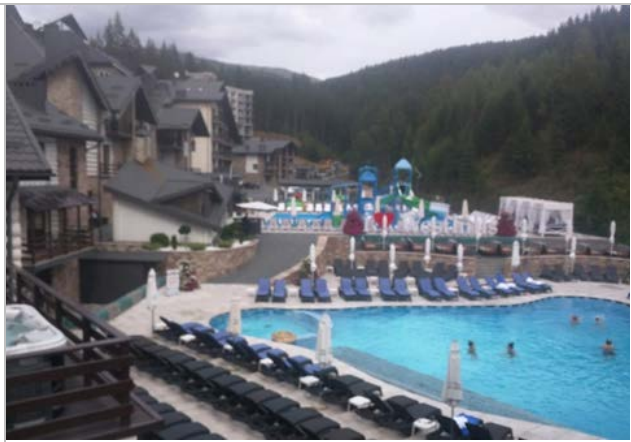


Рис. 5. с. Поляниця. Котеджний комплекс «Westhills» (фото автора 2020 р.)



Рис.6. с. Яблуниця. гот. «Charlton Estate». [16]



Рис. 7. с. Поляниця. гот. «Альтаір» (фото автора 2012 р.)

Слід відмітити, що в архітектурно-побутовому плані регіон був абсолютно не готовий до такого розвитку подій та ажіотажу серед туристів. Та винахідливі газди і власники садиб одразу ж перепрофілювались і, вже на другий рік, активно зустрічали гостей у літній період. Ті, хто мав на власній ділянці вільну від забудови територію, зводили на ній вже не тільки додаткове житло чи корпус, а такі дивакуваті для гірської місцевості опції відпочинку як чан, басейн, спортмайданчик, дитячий ігровий майданчик, тераси для засмагання, спа процедур, навіть рукотворні водойми з міні-пляжною зоною і водними атракціонами, тощо (рис 4-8). Як наслідок, у наступні роки літній сезон відпочинку в горах став давати більше прибутків, ніж зимовий сезон.



Рис.8. с. Яблуниця. готель «Ego hotel» [17]

Наступний поштовх до підвищеної популяризації заміського життя спричинила світова пандемія Covid 19. Практично всі жителі великих і невеликих міст України, хто мав якусь нерухомість за містом чи в селі, згадали про неї, не зважаючи на її стан і якість. Тоді здавалось, що можна перечекати там якийсь час, до того як пандемія піде на спад. Багато людей, котрі виїжджали на такі заміські ділянки, дачі, поселення, тощо, і перебуваючи там якийсь час, часто розпочинали певну реновацію чи пристосування такого помешкання для більш комфортного проживання. Ті ж, хто були в когось у гостях чи орендували подібне житло, задумались про купівлю чи будівництво чогось свого схожого. Бо це не тільки максимально захищений від будь-якої пандемії чи техногенних викликів прихисток, але і комфортний заміський відпочинок на вихідні чи літні канікули для дітей в екологічно благополучному середовищі. Це також і урізноманітнення дозвілля після буднів у великому місті. Зрештою, це вигідне капіталовкладення.

Чергового економічного поштовху туристично-рекреаційній галузі Карпатського регіону і всій його інфраструктурі надало підписання Україною у січні 2021 року безвізового режиму з такими країнами як Саудівська Аравія, Кувейт, Оман та Бахрейн. Закрита в той час на карантин Європа і відкрита Україна, плюс відкриття цілого ряду лоукостів у країни Перської затоки спричинили появу в Україні, і в Карпатах зокрема, величезної кількості туристів з арабського світу (рис. 9).

Великого напливу туристів зазнали ті регіони країни, які мали добре розвинену готельно-рекреаційну мережу і гарну інфраструктуру. Гостей зі сходу

приваблювали м'який і досить вологий клімат гір, автентика, ремесла і ритуали карпатського етносу, різноманітна і цікава їм кухня, дешевизна, шопінг у містах. Такий туристичний бум носіїв східної культури, звичаїв та правил, звісно вплинув і на готельно-рекреаційну інфраструктуру Карпатського регіону, його сервіс, заклади ресторації, наявність певних опцій у житлових номерах готелів чи садибах, склад номерного фонду, умеблювання самих номерів, сан-вузлів тощо. В той час досить активно трансформувалась і підлаштовувалась під «нового туриста» і ресторанна галузь краю.



◀ Рис. 9. Туристи з арабських країн на схилах Буковелю [18].

Приблизно в цей же час проектно-будівельний бізнес України звернув увагу також і на потенційні можливості Карпат, стосовно влаштування

спортивно-рекреаційних комплексів. Ці комплекси орієнтовані також на потреби відвідувачів із південних країн, з особливо із спекотним кліматом, для відновлення і тренування команд ігрових видів спорту у літні місяці року. Хоча даний напрям для Карпат знаходиться ще в зародковому стані, досвід скандинавських країн у цьому питанні обіцяє дуже непогані перспективи розвитку краю.

Широкомасштабне вторгнення Росії у лютому 2022 року не лише завдало і продовжує завдавати непоправних втрат країні і рекреаційно-туристичній галузі зокрема. Навіть для географічно віддаленого від війни західного регіону постало питання, чи варто взагалі розвивати туристично-рекреаційну інфраструктуру, поки триває війна. Проте, ті власники садиб та готелів, які залишились в Україні та приймають і приймають досі тисячі біженців зі сходу і півдня зрозуміли, що їхня туристична інфраструктура критично необхідна і дуже важлива навіть під час війни.

З огляду на сучасні виклики населенню України – катастрофи війни, тривоги під час обстрілів, пандемії, постійно напружене тривожне життя людей у великих містах, практична неможливість виїхати за кордон навіть на короткий відпочинок великій кількості населення країни - все це щораз більше звертає увагу людей на Карпатський регіон України як рекреацію і відпочинок.

Під час війни багато хто відкрив для себе Карпати, як відносно безпечний регіон. У горах набагато рідше оголошуються тривоги та практично не буває прильотів. Саме ці чинники спонукали більшість населення України до думки

про відпочинок саме у Карпатах. Спокійно виспатися і хоча б на якийсь час позбутися постійного стресу та тривоги, відпочити та перезавантажитись - це одна з основних причин відвідання українцями своїх Карпат у 2022-2024 роках.

Люди, котрі відпочивали чи вимушено проживали якийсь певний час у тиші Карпатського регіону, в унікальному природному середовищі, безумовно закохуються у даний регіон. Не дивно, що у багатьох з них виникає бажання придбати схожу нерухомість у віддалених від агресора і, водночас, екологічно благополучних районах країни. Адже купівля квартири чи дачі у містечку західної України не дає гарантії стійкої безпеки від обстрілів. Не має таких гарантій і у гірській місцевості, але дана інвестиція вже носить не лише безпековий характер, а й відпочинково-рекреаційний.

Проте придбання нерухомості лише для свого короткочасного перебування чи відпочинку, не є дуже вдалою інвестицією, з огляду на психологічні перестороги та побутові проблеми експлуатації такого житла. Це і проблеми поточного ремонту, і обслуговування, часто ускладнена логістика забезпечення енергоресурсами для життєдіяльності будівлі, і практично відсутній нагляд за такою власністю формують у громадян стійкі аргументи проти придбання нерухомості у горах.



Рис.10. Рекреаційне поселення «Skogur» 1 черга (автори проекту Ю. Гнесь, Ю. Бондаренко, І. Шило. Фото О. Авдєєнко 2021 р.)

Якщо ж у людей є фінансова спроможність придбати житло у гірському регіоні і потенційному власнику не хочеться займатись усіма побутовими проблемами у життєдіяльності будинку - то є можливість придбання його у рекреаційних поселеннях.

Це певні території об'єднані в одне рекреаційне поселення зі своєю житловою, пішохідною, транспортною, інженерною та відпочинковою та іншими інфраструктурами. Мова йде не про відпочинкові бази відпочинку і рекреації, курорти, а про приватні садиби рекреації, апарт-готелі, невеличкі котеджні містечка, цілі рекреаційні поселення з розвинуеною внутрішньою інфраструктурою (рис.10-13). Такий тип рекреаційних поселень з'явилися відносно недавно на теренах Європи, але впевнено завойовує і наш ринок.



Рис.13. Рекреаційно-котеджне поселення «Goga» біля с. Тухля Львівської обл. (автор проекту Гнесь Ю.)

Висновки

1. В Українських Карпатах у першій чверті ХХІ ст. постав і стихійно розвивається новий формат рекреаційних об'єктів - мультиформатні рекреаційні поселення, що поєднують приватно-орендний тип житлових одиниць з їх частковим функціонуванням в іпостасі орендного рекреаційного житла в структурі управляючої компанії.

2. Даний формат рекреаційних об'єктів досі не введено в науковий обіг, він поки що не знайшов належного відображення в науковій літературі.

3. Хаотичне безсистемне спорудження рекреаційних поселень може нести собі певну загрозу для унікальної природи Карпат, а також таїть в собі небезпеку дороговартісних помилкових рішень.

4. Наразі накопичено значний емпіричний досвід щодо проектування, будівництва та експлуатації рекреаційних поселень в Українських Карпатах. Обсяг цього матеріалу достатній для наукового опрацювання з метою вироблення рекомендацій щодо стратегії їхнього системного, екологічно збалансованого впровадження та проектування.

5. Першочерговий етап наступного дослідження рекреаційних поселень вбачається в натурному обстеженні збудованих об'єктів з метою їхньої систематизації та виявлення актуальних проблем їхньої експлуатації.

Література

1. Божук Т.І. (2014). Рекреаційно-туристичні дестинації: теорія, методологія, практика: *монографія*. Львів: Український бестселер. 400 с.

2. Благовестова О.О. (2020). Принципи формування архітектурно-планувальної структури екопоселень: Авт. дис. на здобуття канд. арх.: 18.00.01. Харківський Національний університет будівництва та архітектури: Х. 21 с.

3. Європейська ландшафтна конвенція - Рада Європи; Конвенція, Міжнародний документ № 176 від 20.10.2000, ратифікація документу № 994_154 від 07.09. 2005, [чинний від 01.07.2006]. – Верховна Рада України, 2006. https://zakononline.com.ua/documents/show/211133__211198

4. Жирак Р.М (2019). Просторова організація малих поселень рекреаційного профілю Українських Карпат. Історичний аспект. Містобудування та територіальне. КНУБА, Київ. 2019. Вип.71. С.170–186. DOI: <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2019.71.170-186>.

5. Матіїв О.Ю. (2012). Вплив туристично-рекреаційної діяльності на природні комплекси курортного селища Славське та його околиць / О. Ю. Матіїв, І. М. Рожко // *Вісник Львівського університету*. Серія: Міжнародні відносини: [зб. наук. пр.] / Львів. нац. ун-т ім. І. - Львів, Вип. 29, ч. 2. - С. 204-210.

6. Онуфрив Я.О., (2017). Композиційні основи ландшафтно-просторової організації гірськолижних комплексів (на прикладі Українських Карпат). Дис. канд. арх.18.00.01. Національний університет «Львівська політехніка». Львів. - 308с.

7. Панченко Т.Ф., (2015). Ландшафтно-рекреаційне планування природно-заповідних територій. *Монографія*. Логос, Київ. – 176 с.

8. Панченко Т.Ф. (2009). Туристичне середовище: архітектура, природа, інфраструктура . *Монографія*. – К: Логос. – 176 с.

9. Савчук А.І. (2016). Передумови розвитку рекреаційної галузі в Карпатському регіоні в ХІХ - першій половині ХХ ст. *Сучасні проблеми архітектури та містобудування*: наук.-техн. зб. КНУБА. – Київ. Вип. 42. - С. 209-219.
10. Смадич, І.П. (2016). Архітектурна організація об'єктів сучасної рекреації у Карпатському регіоні України. Дис. канд. арх., 18.00.01. Національний університет «Львівська політехніка». Львів. - 304 с.
11. Устінова, І.І., Айлікова, Г.В., (2019). Ландшафтне планування як екологічна основа територіального планування. *Містобудування та територіальне планування*. КНУБА, Київ. 2019. Вип.70. С. 574-588. DOI: <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2019.70.574-588>
12. Фоменко Н. (2007). Наукові основи вивчення територіальної рекреаційної системи // Рекреаційні ресурси та курортологія: *навч. посіб. для М-во освіти і науки України, Ін-т менеджменту та економіки*. "Галицька академія". - Київ,. – С. 42–54.
13. Шулик В.В. (2012), Використання міждисциплінарного підходу як основи моделювання структури і функції рекреаційних систем. *Економіка і регіон*. НУ «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», Випуск 6, С. 55-60.
14. Шульга Г.М. (2017), Імітаційні планувально-просторові моделі гірських рекреаційних територій (огляд). *Сучасні проблеми архітектури і містобудування*, 49, с. 374-379
15. Юрчишин, Г.М. (2006) Дослідження ландшафтно-просторової організації рекреаційної системи Прикарпатської Гуцульщини. *Містобудування та територіальне планування*. К.: КНУБА. Вип.23. С. 365-369
16. Charlton Estate. Yaremcha, Яблуниця 960 м над Рівнем моря. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.facebook.com/photo/?fbid=865551842238926&set=pcb.865551922238918> [Дата звернення 27.02.2024]
17. Ego Hotel. Буковель с. Яблуниця 21. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.booking.com/hotel/ua/ego.ru.html?label=gen173nr> [Дата звернення 2.03.2024]
18. Араби у Карпатах: новий туристичний тренд вже приніс Україні 40 мільйонів доларів. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://24tv.ua/business/arabi-karpatah-noviy-trend-prinis-ukrayini-40-ukrayina-novini_n1720120 [Дата звернення 3.03.2024]

Postgraduate **Yuriy Hnes**,
Lviv Polytechnic National University, Lviv

GENESIS OF RECREATIONAL SETTLEMENTS IN THE UKRAINIAN CARPATHIANS IN THE 21ST CENTURY

The article examines the phenomena of the emergence and spontaneous evolution of a new type of recreational facilities for the Ukrainian Carpathians region – multi-format recreational settlements that combine private rental residential units with their partial functioning, in the form of rental recreational housing, in the structure of a management company. The prerequisite for the emergence of this type of recreational facilities was the construction of a large ski complex in Bukovel. Accommodation in this complex offered both traditional hotels and comfortable single-family cottages. And these cottages turned out to be the most popular among vacationers and it were they that became a clear example for residents of surrounding villages and towns, who quickly adapted their own surroundings “for tourists.”

After Russia's occupation of Crimea in 2014, a significant number of the Ukrainian population redirected their holidays to the Carpathian region. The summer holiday season in the mountains has become as widespread and crowded as the winter season. Consequently, recreational facilities in the Ukrainian Carpathians over the course of 1-2 years were transformed from single-season to year-round establishments, and the summer season surpassed the traditional winter season in terms of profitability.

The global Covid 19 pandemic with strict long-term quarantine, psychological stress, and total remote work became the next strong impetus for popularizing the idea of owning a single-family cottage in the environmentally friendly, safe Carpathians. At that time, quarantined Europe and open Ukraine, a visa-free regime and the opening of a number of low-cost airlines to the Gulf countries also resulted in the appearance of a huge number of tourists from the Arab world in the Carpathians. The desire to own a single-family cottage in the Carpathians grew stronger after the large-scale Russian invasion in February 2022, as all the delights of the Carpathians added to the feeling of safety from bombings and missile attacks. The response to this demand was the offer of private estates, apart-hotels, small cottage communities, and entire recreational settlements with developed internal infrastructure. The owner of such a building in a recreational settlement can live in it all the time. However, during absence, the management company of a recreational settlement has the right to rent out its building to third parties under the terms of a preliminary agreement with its owner. Thus, this property passively generates income for the owner during the period when he and his family are in another place. Technical issues of maintaining or repairing a building, providing energy resources, developing the territory, landscaping, etc. provided by the

management company. Taking this into account, investing capital in exactly this type of real estate in the Ukrainian Carpathians is quite promising and relevant in our time.

Key words: recreation, the Ukrainian Carpathians, settlements, urban planning factors.

REFERENCES

1. Bozhuk T.I. (2014). Recreational and tourist destinations: teoriya, metodologiya, praktika: *Monografiya*. Lviv: Ukrayinskij bestseler. 400 s. {in Ukrainian}
2. Blagovestova O.O. (2020). Principles of the formation of the architectural and planning structure of ecovillages. - *Manuscript copyright: thesis in Architecture in speciality 18.00.01 – Theory of architecture, restoration of architectural monuments.* – Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture, MES of Ukraine, Kharkiv: H. 21 s. {in Ukrainian}
3. Yevropejska landshaftna konvenciya - Rada Yevropi; Konvenciya, Mizhnarodnij dokument № 176 vid 20.10.2000, ratifikaciya dokumentu № 994_154 vid 07.09. 2005, [chinnij vid 01.07.2006]. – Verhovna Rada Ukrayini, 2006. https://zakononline.com.ua/documents/show/211133__211198 {in Ukrainian}
4. Zhyrak R.M. (2019). Prostorova orhanizatsiia malykh poselen rekreatsiinoho profilu Ukrainskykh Karpat. Istorychnyi aspekt. *Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia.* -2019. -Vyp. 71. -S.170 -186. DOI: <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2019.71.170-186>. {in Ukrainian}
5. Matiiv O., Rozhko I. (2012). Impact touristic and recreational activities on natural complexes of Slavske resort village and its surroundings. *Visnyk of the Lviv University. Series International Relations.. Issue 29. Part 2. P. 204–210.* {in Ukrainian}
6. Onufriv Ya.O.,(2017). Kompozicijni osnovi landshaftno-prostorovoyi organizaciyi girskolizhnih kompleksiv (na priklyadi Ukrayinskih Karpat). Dis. kand. arh. *Nacionalnij universitet «Lvivska politehnika»*. Lviv.-308s. {in Ukrainian}
7. Panchenko T.F., (2015). Landshaftno-rekreacijne planuvannya prirodno-zapovidnih teritorij. *Monografiya. Logos, Kiyiv.* – 176 s. {in Ukrainian}.
8. Panchenko T.F. (2009). Tourist environment: architecture, nature, infrastructure *Monografiya.* – K: Logos. – 176 s. {in Ukrainian}
9. Savchuk A.I. (2016). Peredumovi rozvitku rekreacijnoyi galuzi v Karpatskomu regioni v HIIH - pershij polovini HH st. *Suchasni problemi arhitekturi ta mistobuduvannya: nauk.-tehn. zb. KNUBA.* – Kiyiv. Vip. 42. - S. 209-219. {in Ukrainian}
10. Smadych. I.P. Architectural organization of modern recreations facilities in the Carpathian region of Ukraine – spatial organization of small settlements of the

recreational profile of the ukrainian carpathians. historical aspect. Dis. kand. arh., *Nacionalnij universitet «Lvivska politehnika»*. Lviv. - 304 s. {in Ukrainian}

11. Ustinova, I. I., Ajlikova, G. V., (2019). Landshaftne planuvannya yak ekologichna osnova teritorialnogo planuvannya. *Mistobuduvannya ta teritorialne planuvannya*. KNUBA, Kiyiv. 2019. Vip.70. S. 574-588.

DOI: <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2019.70.574-588> {in Ukrainian}

12. Fomenko N.V. (2007). Scientific bases of the study of the territorial recreation system *Recreational resources and resort science:navch. posib. dlya M-vo osviti i nauki Ukrayini, In-t menedzhmentu ta ekonomiki. "Galicka akademiya". - Kiyiv., – S. 42–54. {in Ukrainian}*

13. Shulik, V.V. (2012), *Vikoristannya mizhdisciplinarnogo pidhodu yak osnovi modelyuvannya strukturi i funkciyi rekreacijnih sistem. Ekonomika i region. NU «Poltavska politehnika imeni Yuriya Kondratyuka», Vipusk 6, S. 55-60. {in Ukrainian}*

14. Shulga G.M. (2017), *Imitacijni planovalno-prostorovi modeli girskih rekreacijnih teritorij (oglyad). Suchasni problemi arhitekturi i mistobuduvannya, 49, s. 374-379. {in Ukrainian}*

15. Yurchishin, G.M. (2006)*Doslidzhennya landshaftno-prostorovoyi organizaciyi rekreacijnoyi sistemi Prikarpatiskoyi Guculshini. Mistobuduvannya ta teritorialne planuvannya. K.: KNUBA. Vip.23. S. 365-369. {in Ukrainian}*.

16. Charlton Estate. Yaremcha, Yablunicya 960 m nad Rivnem morya. [Elektronnij resurs]. Rezhim dostupu <https://www.facebook.com/photo/?fbid=865551842238926&set=pcb.865551922238918> [data zvernennya 27.02.2024] {in Ukrainian}

17. Ego Hotel. Bukovel s. Yablunicya 21. [Elektronnij resurs]. Rezhim dostupu: <https://www.booking.com/hotel/ua/ego.ru.html?label=gen173nr> [data zvernennya 2.03.2024] {in Ukrainian}

18. Arabi u Karpatah: novij turistichnij trend vzhe prinis Ukrayini 40 milioniv dolariv. [Elektronnij resurs]. Rezhim dostupu: https://24tv.ua/business/arabi-karpatah-noviy-trend-prinis-ukrayini-40-ukrayina-novini_n1720120 [Data zvernennya 3.03.2024] {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2076-815x.2024.86.41-56

УДК 711.1

к.т.н., доцент **Голик Й.М.**,
g.jolana@ukr.net, ORCID: 0000-0001-5135-0711,
Багрій Н.Ю., bagrij.n@ukr.net, ORCID: 0000-0003-4477-8239,
Стецько І.І., vanya.stetsko.95@ukr.net, ORCID: 0009-0006-8027-490X,
Ужгородський національний університет

РЕКОНСТРУКЦІЯ БУДІВЕЛЬ ЯК МЕТОД ЗБЕРЕЖЕННЯ ІСТОРИЧНОЇ ЗАБУДОВИ

«Не руйнувати те, що може бути відновлене»

Анн Лакатон, Жан-Філіп Вассаль,
лауреати премії Пріцкера, 2021 р.

Збереження об'єктів історико-культурної спадщини є основним стратегічним напрямом розвитку сучасних міст, способом самоідентифікації народів. Історична забудова, незалежно від її функціональних, конструктивних та естетичних якостей, дозволяє передати наступним поколінням матеріальні свідчення минулого, дух епохи, неповторну атмосферу міст. Реконструкція забудови історичних міст є важливою складовою сталого розвитку, до завдань якої відноситься відкрита для всіх та екологічно стала урбанізація. Різноманітність об'ємно-просторових рішень в процесі перебудови урізноманітнює соціальне та архітектурне середовище, формує індивідуальний образ міста.

Ключові слова: реконструкція; реновація; архітектура; автентичність; історичні будівлі.

Актуальність теми і постановка проблеми. Сучасна містобудівна політика, незважаючи на свою наступальність, передбачає максимальне збереження історичних будівель і споруд, їх реконструкцію, модернізацію або реновацію. Єдиним способом уникнути забуття і руйнування є їх повноцінне використання. Технічні проблеми старіння будівель вирішують реконструкцією, фізичний знос – заміною або посиленням конструкцій, моральний – зміною функції.

Предметом дослідження є архітектурно-планувальні способи реконструкції історичних будівель, актуальні напрями відновлення втрачених характеристик, пристосування до нових функцій, покращення конструктивної структури.

Мета дослідження – дослідити значення впливу історичної забудови на формування міського середовища, вивчити досвід реконструкції історичних будівель, показати можливості реконструкції як методу збереження культурної спадщини.

Методи дослідження – аналіз і синтез, індукція і дедукція, абстрагування, узагальнення.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Над проблемами реконструкції та реставрації історичних будівель і споруд працювали видатні вчені, спеціалісти в галузі теорії та історії мистецтв Йоганн Іоахим Вінкельман, Ежен Емануель Віоле ле Дюк, Джон Рьоскін, Еміліо де Фабріс, Лука Бельтрамі, Камілло Бойто. Узагальнили вітчизняний досвід робіт по реконструкції будівель і споруд українські спеціалісти Плешкановська Алла, Савйовський Володимир, Шішкін Едуард, Завальний Олександр, Клименко Євген, Новосад Ірина та інші. Реконструкція будівель входить в сферу інтересів багатьох сучасних практикуючих зарубіжних і вітчизняних архітекторів, вивчення їх творчості допомагає виділити основну стилістику та напрями розвитку цієї діяльності. Архітектори Норман Фостер, Рем Колхас, Жак Герцог, П'єр де Мерон, Анн Вассаль, Штефан Форстер, Девід Чіпперфілд відомі, в тому числі, оригінальними проектами реконструкції.

Виклад основного матеріалу. Кожне місто завдяки архітектурі має своє впізнаване лице. Кевін Лінч, американський теоретик архітектури, спеціаліст у сфері міського планування, визначив п'ять основних структурних елементів міського середовища, які формують образ міста – шляхи, межі, райони, вузли і орієнтири. Орієнтирами можуть бути всі матеріальні об'єкти на території міста чи за його межами, в тому числі архітектурні об'єкти – будинки, споруди та їх елементи. Саме через них людина створює візуальний портрет міста, встановлює з ним гармонійний зв'язок, забезпечує емоційний комфорт. Ці елементи мають універсальний характер і властиві різним типам міського простору, незалежно від його походження.

Архітектура є матеріальною оболонкою культурних процесів, які відбуваються в суспільстві. За визначенням, даним у Вашингтонській хартії про охорону історичних міст, збереженню підлягають всі міста, незалежно від віку і якості забудови: «Поставши внаслідок більш-менш стихійного розвитку чи за продуманим планом, всі міста світу як матеріальне вираження різноманітних суспільств, що змінювалися протягом історії, є історичними».[1] В принципах і цілях хартії оговорена необхідність охорони форми міста, зовнішнього вигляду будівель, їх об'ємів, стилю, масштабу, матеріалу, кольору і декору. По суті, це охорона того, що називають «культурною спадщиною» – сукупності успадкованих сучасниками від попередніх поколінь матеріальних культурних

цінностей – творів архітектури та монументального мистецтва, об'єктів археології та історії, найрізноманітніших визначних місць та предметів, що їх наповнюють. Головними якостями цих архітектурних творів є їх історична і естетична значущість.

Будинки у всі часи були цінним надбанням, в першу чергу, через їх функціональні характеристики – в них жили, працювали, розважались, поки не вичерпувались фізичні можливості конструкцій. Перші спроби юридичного захисту будівель від знищення зафіксовані в законі римського імператора Майоріана (457-461 рр.) «Про громадські будинки». Цим законом заборонялось вилучати будівельні матеріали з будь-яких громадських будівель, за винятком руїн, і то тільки за згодою сенату та імператора. Проте в наступні «темні» століття старовинні будівлі безжалісно знищувались, стаючи своєрідним кар'єром будівельних матеріалів. Каміні з руїн Карфагена стали частиною міських будівель Тунісу, елементи конструкцій римських будівель використовували для будівництва соборів в багатьох європейських столицях, мармурові колони та скульптури з храмів селяни перепалювали на вапно, яким фарбували убогі хатини. Амфітеатри, портики, храми, театри забудовували і перебудовували, оборонні стіни розбирали. Тільки в XVIII ст. відношення до античної архітектури змінилось завдяки інтересу до розкопок Геркуланума та Помпеї. В 1760-х роках німецький архітектор Йоганн Іоахим Вінкельман після дослідження римських руїн написав «Історію Античного мистецтва», чим привернув увагу освіченої Європи до архітектурних пам'яток. В наступному столітті багато давніх споруд (Колізей, арка Тита, собори в Флоренції, Мілані, Болоньї, Парижі) активно відбудовували, рятуючи від руйнуванням часом. В той же час масштабні роботи в містах, пов'язані з активним будівництвом інженерних мереж та доріг, знищили багато середньовічних будівель. Навіть в наш час жертвами перебудов стають об'єкти, які мають велику історичну та естетичну цінність. Модерністські післявоєнні експерименти в зруйнованих війною європейських містах, агресивна реконструкція другої половини XX ст. у Брюсселі, Стокгольмі, Роттердамі призвела до колосальних втрат цінних будівель. В Бухаресті в результаті містобудівної «систематизації» часів Чаушеску знищено до 25% історичних будівель.

Середовищний підхід, який сформувався в містобудуванні наприкінці XX ст., змінив ставлення до збереження пам'яток. В новітньому світі прагнення країн до культурної самоідентифікації, інтерес до автентичного архітектурного оточення сприяє збереженості не тільки унікальних будівель і споруд, внесених до реєстрів пам'яток архітектури та історії, але і якісної «фонові архітектури» – архітектури другого плану, непримітної, менш цінної, але від якої залежить

формування «образу міста». Саме цей тип будівель найчастіше стає об'єктом активної реконструкції.

Характерною ознакою сучасного ставлення до збереження історичних та культурних пам'яток є те, що найбільш престижні архітектурні нагороди призначають за проекти реконструкції будівель. Для прикладу, в 2024 р. в шорт-лист премії Міс ван дер Роє, відзнаки ЄС в області сучасної архітектури, ввійшли такі реалізовані проекти: реконструкція замку Steen в Антверпені, реновація колишніх військових конюшень для потреб муніципального суду в Загребі, реконструкція з розширенням історичної будівлі Словацької національної галереї, реабілітація монастиря Сен-Франсуа (XV ст.) на о. Корсика. Британською премією Стерлінга (RIBA) відмічена реконструкція пірсу в Гастінгсі. Премією Пріцкера нагороджено архітекторів Анн Лакатон і Жана-Філіпа Вассала в тому числі, за дотримання принципу «ніколи не зносити». Премію Тернера в галузі сучасного мистецтва за 2016 рік отримала студія дизайну Assemble за проект адаптації рядових будинків-терас у Великобританії. В Нідерландах щороку оголошують переможців премії Watertowerprize за кращу реконструкцію водонапірної вежі.

Державна політика щодо збереження історичних будівель має різні прояви. В США діє Historic Tax Credits, федеральна податкова пільга у розмірі 20% кваліфікованих витрат на реконструкцію. У Франції закон Мальро гарантує податкову пільгу до 30% вартості робіт для власників старих будівель, які їх відновлюють і здають в оренду. В Німеччині працює програма для заохочення інвесторів та власників реновованих історичних будівель. В Португалії діють програми підтримки і фінансування RECRIA, RENAVITA, RECRIPH, які компенсують 50-75% витрат на реконструкцію. Для того, щоби сприяти збереженню історичних будівель, місцева влада в Італії, Чехії, Іспанії передає проблемну нерухомість в приватну власність за символічну плату з однією умовою: виконати відновлення будівлі чи споруди. В румунському місті Бреїла влада підвищила податок на нерухомість на 500% для занедбаних будівель, а власників, які почали реновацію історичної нерухомості, звільнили від сплати податків на 3 роки. В багатьох країнах існує можливість отримання пільгових кредитів і субсидій, пайового фінансування реконструкції.

У світі накопичено значний досвід реконструкції, реновації, адаптації та модернізації будівель та споруд різного призначення – житлових, громадських, промислових, інженерних. Реконструкція може бути повною або глибокою і частковою, передбачати реконструкцію окремих будівель чи споруд, комплексної забудови і територій.

Термін «реконструкція» передбачає перебудову об'єкту будівництва, зміну його геометричних розмірів, функціонального призначення, основних техніко-

економічних показників, удосконалення структури чи виробництва, підвищення техніко-економічного рівня, поліпшення умов експлуатації та проживання, якості послуг тощо. Реновація – відновлення з покращенням, адаптація – пристосування до нових умов використання, модернізація – вдосконалення планувальної та інженерної складової, конверсія – перебудову промислових об'єктів. Як правило, фізичний знос об'єктів зменшується в процесі реконструкції, моральний – зміною функції. Заводи стають музеями, складські приміщення – житлом, універмаги – мультифункціональними комплексами, заводи і фабрики – офісами.

Реконструкція є одним з важливих напрямів декарбонізації будівництва, тому що передбачає зменшення об'ємів нового будівництва за рахунок перебудови будівель, що, відповідно, знижує кількість використаних будівельних матеріалів і створення відходів на 50-75%. На кліматичному саміті в Глазго в листопаді 2021 р. прозвучала думка, що один архітектор в процесі професійної діяльності залишає вуглецевий слід як 162 людини за все своє життя. Причина – широке використання для зведення будівель бетону, металу і скла, матеріалів, які залишають найбільший вуглецевий слід.

Прийнятий на Всесвітньому конгресі архітекторів в 2023 р. документ «Копенгагенські уроки» підкреслює, що існуючі будівлі потрібно максимально повно використовувати, уникаючи зносу. За даними німецьких спеціалістів в галузі нерухомості, вартість повного демонтажу забудови на 70% більша, ніж модернізація існуючого житла. Енергія, яка витрачається на виготовлення будівельних матеріалів і на утримання будівлі при зносі втрачається. Порівняно з новим будівництвом реконструкція є трудомістким процесом, проте в 1,5-2 рази скорочує затрати часу на будівельні роботи. Збереження хоча б основних конструктивних елементів зменшує вартість будівлі щонайменше на 20-25%, додатково створюється можливість повторного використання матеріалів – рециклінг.

Реконструкція дозволяє ефективно використовувати площу міст. Архітектор, містобудівник, професор Університету Сінхуа У Ляньюн назвав ХХІ століття «ерою міст», час, коли вперше в історії людства кількість міських мешканців перевищить кількість тих, хто веде традиційний сільський спосіб життя. Урбанізація призводить до дефіциту земельних ресурсів, придатних для нового будівництва. Цей фактор особливо характерний для європейських історичних міст, які мають обмежену площу, щільну малоповерхову забудову і високий суспільний інтерес до історичної архітектури. Реконструкція будівель дозволяє задовільнити потребу в житлі, продовжити термін експлуатації старих будівель, розширити їх функції, підвищити рівень комфорту міського середовища. Крім того, розвиток технологій змінив планувальну структуру

міст. Промислові території, які раніше займали значні площі, виявились заповнені будівлями і спорудами, технічно і морально застарілими – солеварні, шахти, депо, газгольдери, водонапірні вежі, текстильні фабрики, винарні, різноманітні склади і елеватори тощо. Багато промислових об'єктів в результаті активного розвитку забудови, опинились в центрі міст, тому будівлі, які мають ознаки якісної архітектури, технічно придатні, часто стають об'єктами реконструкції.

Для перенаселених міст особливо важливою є житлова проблема. Зниження якості житла і соціальні проблеми в суспільстві приводять до появи сквотів і маргіналізації мешканців. Згідно оцінки міжнародної організації Habitatfor Humanity 1.6 млрд. людей у світі живуть в незадовільних умовах, відчуваючи дефіцит доступного житла, тому найбільш масштабні проекти реконструкції стосуються житлового фонду. Проте не всі наміри великих перебудов виправдані. Задіяна в 2002 р. програма Pathfinder (Проект по оновленню житла) в Великобританії передбачала знос 400 тис. будинків застарілої блокованої рядової забудови початку ХХ ст. і будівництво нових будинків з більшим рівнем комфорту. В результаті суспільного спротиву проект згорнули, знесено менше 30 тис. будинків.

Приклади реалізованих проектів перебудови житлових, громадських, промислових будівель та інженерних споруд дозволяють показати різноманіття архітектурно-планувальних прийомів реконструкції.

Реконструкція типових житлових будинків, збудованих в 1950-70 рр. на території східної Німеччини, найбільш вдало реалізована архітекторами бюро Stefan Forster Architekten. Програма реновації, розроблена бюро та апробована в Лайнефельді і Галле, передбачала ремонт та перепланування житла, демонтаж частини будівель, добудову балконів і ліфтів, впорядкування та утеплення фасадів.

Реновацію житлової будівлі Кляйбург, яка є частиною району Белмер в Амстердамі здійснили архітектори бюро NL Architects та XVW architectuur. Вони зберегли характерний модерністський стиль 60-70-х років минулого століття, перепланували квартири та облаштували соціальне житло. Проект нагороджено премією Міс ван дер Пое в 2017 р.

Архітектурне бюро Lacaton&Vassal нагороджене премією Пріцкера за реконструкцію соціального житла в Бордо. В житловому комплексі «Гран Парк» на 2300 квартир для репатріантів з Алжиру, в 530 квартирах в корпусах G, H, I добудовано зимові сади, шириною 3,8 м. та відкриті балкони, шириною 1 м., виконано теплоізоляцію фасадів, оновлено загальні приміщення, що суттєво покращило планувальні та технічні характеристики житла.

Реновація панельних житлових будинків в Норфолці (Великобританія), які були зведені в 60-х роках, включала перепланування підсобних приміщень, заміну конструкцій сходів, обладнання ліфтів, термомодернізацію фасадів. Проект розробили спеціалісти архітектурного бюро Мае.

Проект архітектурного ательє Tegnestuen LOKAL передбачав реконструкцію з термомодернізацією житлової будівлі в Копенгагені, р-н Фредріксберг. Фасад змінено за рахунок «зимових садів Орстед» – оригінальних трикутних вітражів на місці балконів.

У XIX ст. під керівництвом Ежена Османа було реконструйовано територію міста Париж. В процесі реконструкції території міста була кардинально змінена функціонально-планувальна структура міста. Знесено було десятки будівель, переплановано вулиці, площі і бульвари. На той час це була наймасштабніша міська реконструкція, яка відкрила перспективи розвитку території міста.

Реконструкція соціального житлового комплексу в Сан-Ферран-де-Сес-Рокес в Іспанії є адаптацією забудови до нових екологічних вимог. Малоповерхові таунхауси перетворено на енергоефективні будівлі із сучасним інженерним обладнанням. Автори проекту архітектурна студія IBAVI.

В 2021 р. в Парижі завершено реконструкцію будівлі універмагу La Samaritaine. Проект виконали архітектори студії Sanaa з Японії, лауреатів премії Пріцкера. В результаті реконструкції в будівлі розташовані концепт-магазини, ресторани, кафе, буфети, салони краси, спа-салон, дитячий садок, готель Cheval Blanc на 72 номери, басейн, 15 тис. м² офісних приміщень. У відповідності з діючим у Франції законом про солідарність і оновлення міст для розміщення соціального житла організації Paris Habitat передбачено 96 квартир з унікальним видом на Лувр та Ейфелеву вежу.

Після 10 років реконструкції в 2009 р. відкрито Новий музей в Берліні, який значно постраждав в період II Світової війни і був законсервований. Британський архітектор Девід Чіпперфілд перетворив зруйновані стіни на експонати, запроектував сучасні виставкові простори для колекцій музею, повністю оновивши планувальну структуру будівлі.

В 2023 р. після реконструкції відкрито Річковий вокзал в Києві, збудований в 1961 р. В будівлі розташовані учбові та адміністративні приміщення Американського університету. Автори проекту спеціалісти ООО Едельбург Архітекстс.

Католицьку церкву Преображення, збудовану в 1924 р. в м. Брісбен, Австралія, архітектурне бюро ДАНА перетворило на сучасний житловий простір з офісом. В проекті максимально збережено фасади та елементи інтер'єрів церкви.

Реконструкція залізничного вокзалу Кінг-Кросс в Лондоні перетворила будівлю XIX ст. в високотехнологічний термінал XXI ст. Архітектори бюро JohnMcAslan+Partners запроектували ажурний скляний дах, який накрив стіни старої цегляної будівлі, зберегли будівлю сусіднього готелю та організували комунікаційні простори вокзалу з врахуванням сучасних вимог.

Будівлю колишньої лікарні та санаторію в Санкт-Жозеф в районі Ганновер – Лінден, Німеччина, перебудовано в житло з 13 квартир індивідуального планування, площа яких від 80 м² до 150 м². Автори проекту архітектори бюро K+Architekten.

Музей сучасного мистецтва «PalaisdeTokyo» в Парижі в результаті реконструкції будівлі, зведеної в 1937 р. для Всесвітньої виставки в три рази збільшив площу виставкових просторів. Проект виконали архітектори бюро Lacaton&Vassal в 2012 р.

Центральна поліцейська дільниця Тай Квун в Гонконзі, що складається з комплексу історичних будівель XIX-XX ст. в тому числі в'язниці, в 2018 р. реконструйовано за проектом архітектурного бюро Herzog&deMeuron. Нове призначення будівель – центр спадщини та мистецтв.

Будівлю Конгресхолу в Нюрнберзі (Німеччина), запроектовану в 30-х роках минулого століття архітекторами Людвігом і Францом Руфф, пристосовано до потреб Документального центру, в якому зберігаються архіви країни. Проект реконструкції розробив архітектор Гюнтер Доменіг.

Реконструкція будівель Старих Прокурацій, зведених в XVI ст. у Венеції, передбачала влаштування громадських просторів фонду The Human Safety Net з виставковими, лекційними та концертними залами. Проект розробили архітектори бюро Девіда Чіпперфілда.

В 1973 р. каталонський архітектор Рікардо Бофілл перебудував недіючий цементний завод XIX ст. на околиці Барселони, який за два роки перетворив на архітектурну майстерню La Fabrika і власне житло. Складські приміщення були знесені, в бункерах для цементу облаштовано перекриття, прорізано віконні прорізи, встановлено сходи, на даху розбито сад.

В Ризі, на острові Кіпсала, навпроти Старого міста, реалізовано перший в Латвії проект реконструкції промислової будівлі XIX ст. – колишньої гіпсової фабрики фірми «Celm&Bohem», в житловий комплекс з лофтами. Автор проекту архітектор Зайга Гайле. Сучасні 58 апартаментів площею 46 – 324 м² індивідуального планування включають також демоапартаменти.

Архітектори студії Herval Arnouldarchitectes розробили проект конверсії закинутої вугільної шахти, збудованої на початку минулого століття, яка знаходиться в французькій комуні Уаньї, регіон О-де-Франс, під культурний

центр громади. Передбачено розміщення різноманітних музичних і танцювальних залів, телецентру, офісних та обслуговуючих приміщень.

Стіни старого кінного манежу в м. Монруж на півночі Франції, спеціалісти архітектурного бюро Aedificare використали як коштовну кам'яну оправу для сучасного житла. Таким чином, історична атмосфера центральної частини міста була збережена, додатково створено якісний життєвий простір.

В м. Лешно, в західній частині Польщі, будівлі колишньої ферми реконструювали для розміщення центру для людей похилого віку. Архітектори бюро Na No Wo Architektury Вроцлаві запроектували комфортний медичний реабілітаційний центр з готелем, апартаментами, рестораном і зоною для відпочинку на даху.

Місто Вілласар де Дальт в регіоні Маресте, Каталонія, має багату архітектурну та промислову спадщину. Архітектори студії DFT розробили проект реконструкції будівлі ткацької фабрики з розміщенням сучасної бібліотеки з унікальними інтер'єрами, в яких використано автентичні елементи.

Будівлю кондитерської фабрики XIX ст. в Києві перебудовано в громадський простір Rothen Plaza. Архітектори бюро Maas та AER розмістили в будівлі демо-цех з виробництва кондитерських виробів та офісні приміщення.

Цукрова фабрика XIX ст. «Доміно» в Брукліні, Нью-Йорк, на березі Іст-Рівер, реконструйована за проектом архітекторів студії SHoP Architects та Field Operation. Проектом передбачено реновацію основної будівлі, в якій розміщено офіси. На території зберегли елементи фабрики, в тому числі старі резервуари для патоки.

В будівлі колишнього бетонного заводу в місті Роскілд, Данія, запроектовані приміщення народної школи для дорослих з аудиторіями та майстернями, де будуть вивчати архітектуру, дизайн, медіа планування, музику. Автори проекту студія MVRDV.

Будівлю автомобільного заводу Сітроен в Брюсселі за проектом архітектурних бюро noArchitecten, EM2N, Sergison Bates перетворили на культурно-мистецький хаб, в якому передбачено музей, архітектурний центр, лекційні зали.

Round House, паровозне депо залізниці Лондон – Бірмінген, збудоване в 1846 р. за проектом Роберта Стефенсона. Будівля використовувалась як склад, пізніше – як концертний зал андеграунду. В 2004 р. масштабну реконструкцію виконано за проектом архітектурного бюро John McAslan&Partners.

Збудовані в 20-х роках минулого століття будівлі лампового заводу фірми «Філіпс» в Ейдховені, Нідерланди, після переносу виробництва в Китай у 80-х, не використовувалися. В результаті реконструкції за проектом архітектурної

студії Dirrixvan Wylickarchitekten тут розташовано муніципальну бібліотеку, академію дизайну, торгові площі.

Реновація будівлі фабрики консервів, повидла і алкогольних напоїв (кінець XIX ст. – початок XX ст.) у Львові в «Jam Factory Art Center» з музичними залами, кінотеатром, рестораном, виставковим простором. Автори – архітектурне бюро 7CI Group.

Реконструкція шахт Цольферайн в Гессені, Німеччина, перетворила промисловий комплекс в індустріальний музей. За проектом архітектора Рема Колхаса виконано проект перебудови збагачувальної фабрики у експозиційні приміщення. Будівлю котельні адаптовано під розміщення приміщень музею Red Dot Design за проектом архітектора Нормана Фостера. В музеї зібрана колекція робіт, нагороджених престижною дизайнерською премією Red Dot.

Будівля колишнього заводу по переробці цукрової тростини, збудована в 1920 р., інтегрована в готельний комплекс Alila, який знаходиться в окрузі Яншо, на півдні Китаю. Загальні приміщення готелю розташовані у виробничих цехах. Проект розробили архітектори бюро Vector Architects.

Будівлі колишнього заводу «Арсенал» в Києві після реконструкції стали публічним простором з бізнес-центром, фудкортом, концертними і виставковими приміщеннями, коворкінгом. Генеральний проектувальник – група AVG.

Електростанцію Бенксайд реконструювали за проектом архітектурного бюро Herzog&deMeuron для розміщення галереї Тейт. В процесі реновації максимально збережено архітектурну форму будівлі, в конструкції внесені мінімальні зміни.

Архітектурне бюро Сессоні Сімоне на базі будівлі станції водопідготовки, розробило презентаційний центр кондомініума Waterworks в Торонто. Проект є частиною програми трансформації застарілих підприємств комунального господарства міста.

Вугільна електростанція Беттерсі в Лондоні, збудована в 30-50 рр. минулого століття, закрита в 80-х. Програма реновації за проектом архітектурного бюро Wilkinson Eyre передбачила розміщення в будівлі магазинів, офісів, кінотеатрів, виставкових залів, аудиторій, готелю і житла. В димові труби вмонтовано ліфти, які піднімають відвідувачів на видовий майданчик на висоті 109 м. і в пентхаус.

Архітектори та інженери Turrin Corporation, Канада, розробили проект редевелопменту трансформаторної станції початку XX ст. на території університету ім. Гумбольдта в Берліні. Комплекс з шести будівель має площу 17 тис. м² і передбачає розміщення офісних приміщень.

Бункер, збудований в 1939 р. в Дорсеті, на узбережжі Ла-Маншу, який входив до мережі радіолокаційної станції RAF Ringstead, британська архітектурна студія Lipton Plant Architects перепланувала під індивідуальне житло площею біля 80 м². Квартира складається з салону, двох спальень, кухні і ванної кімнати.

На березі Фінської затоки в Хаукілахті, лісистому районі Еспоо, розташована водонапірна башта, збудована в 1968 р. у вигляді опуклого диску на п'яти опорах. Діаметр резервуара і висота башти 45,3 м. Після реконструкції в резервуарі башти розмістили панорамний ресторан «Гніздо лелеки».

Водонапірну башту «Chateau deau» в Бельгії переобладнали для проживання родини. Архітектори Bham Desingn Studiona шести рівнях розмістили хол, підсобні приміщення, кімнати для гостей і хазяїв. На верхньому поверсі знаходяться кухня, вітальня, їдальня.

Водонапірна вежа XIX ст. в Утрехті, Нідерланди, реконструйована під багатофункціональний комплекс: на першому поверсі знаходиться кафе, вище – підсобні приміщення, зал для прийому гостей, кінотеатр та апартаменти. Проект розробили архітектори студії Zess Architekten.

Один з 4 чавунних газгольдерів XIX ст. в районі Кінг-Крос в Лондоні, перетворили на ландшафтний об'єкт Gasgolder Park за проектом Bell Phillips Architects. Інші три газгольдери, пам'ятки історії, демонтували і перенесли на іншу територію. На їх місці зімітували архітектурні форми газгольдерів, збудувавши житлові будівлі високого класу.

У теплиці XVIII ст. для вирощування лікарських рослин, яка знаходиться в саду клініки Сен-Жан-де-Дьє, облаштували багатофункціональний зал для проведення публічних заходів за проектом архітектурного бюро Forme Atchitecture + Urbanisme.

Висновки. Реконструкція історичної забудови сприяє збереженню самобутнього образу міст, дозволяє ефективно використовувати міську територію, економить матеріальні ресурси. Вивчення зарубіжного та вітчизняного досвіду реконструкції будівель і споруд розширює можливості ефективного використання історичних будівель, удосконалює методи об'ємно-просторової організації забудови, продовжує життя історичних будівель. Відновлення будівель вимагає глибших професійних знань та навичок, ніж нове будівництво, формує нерозривний зв'язок поколінь і дає надію на майбутнє.

Список літератури

1. Міжнародна хартія про охорону історичних міст (Вашингтонська хартія). URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_761#Text (дата звернення 23.01.2024).

2. Культурна спадщина країни. URL: https://vue.gov.ua/Культурна_спадщина_України (дата звернення 24.01.2024).
3. Доклад Региональной конференции Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций по Международной конференции по народонаселению и развитию на тему «Народонаселение и развитие: обеспечение права возможностей выбора». URL: https://unesco.org/sites/default/files/2024-01/ECE_AC.32_2023_02_R.pdf (дата звернення 27.01.2024).
4. Renovation du bati: faire du neuf avec du mieux. URL: <https://courier.unesco.org/fr/articles/renovation-du-bati-faire-du-neuf-avec-du-mieux>.
5. Пекинская хартия. URL: <https://www.uia-architectes.org/wp-content/uploads/2022/01/CharteBeijing1999> (дата звернення 27.01.2024).
6. Закон України «Про комплексну реконструкцію кварталів (мікрорайонів) застарілого житлового фонду». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/525-16#Text> (дата звернення 27.01.2024).
7. Плешкановська А.М. Форми та види реконструктивної. *Сучасні проблеми архітектури та містобудування*: наук.-техн. зб. / відп. ред. М.М. Дьомін. Київ: КНУБА, 2013. Вип. 34. С. 377-384.
8. Плешкановська А.М. Реконструкція міста в контексті проблем міського розвитку. *Сучасні проблеми архітектури та містобудування*: наук.-техн. зб. / відп. ред. М.М. Дьомін. Київ: КНУБА, 2008. Вип. 19. С. 225-231.
9. Проблеми та перспективи розвитку житлової забудови в умовах комплексної реконструкції міста: монографія / Гайко Ю.І., Жидкова Т.В., Апатенко Т.М. [та інш.]. Харків: ХНУМГ імені О.М. Бекетова, 2019. 247 с.
10. Реконструкція будівель і споруд: навч. посіб. / Савйовський В.В. Київ: Видавництво Ліра, 2019. 320 с.
11. Реконструкція цивільних та промислових будівель і споруд: підручник / [за ред. Шишкіна Е.А., Завального О.В.]. Харків: ХНУМГ імені О.М. Бекетова, 2021. 404 с.
12. Технічна експлуатація та реконструкція будівель і споруд: навч. посіб. / Клименко Є.В. Київ: Центр навчальної літератури, 2004. 304 с.
13. Новосад І.Г. Закордонний досвід реконструкції типових житлових будинків. *Містобудування та територіальне планування*. 2015. Вип. 58. С. 310-314.
14. Авдієнко О.П. Аналіз регіональних програм реконструкції житлових будинків перших масових серій. *Реконструкція житла*. 2000. С. 11-14.
15. Коптева Г.Л. «Історія мистецтв, архітектури та містобудування»: середини ХІХ – початку ХХ ст.: конспект лекцій для студ. вищ. навч. закл. Харків: Харківська національна академія міського господарства, 2012. 157 с.

16. Великий тлумачний словник сучасної мови. URL: <https://slovnyk.me/dict/vts/аутентичність> (дата звернення 24.01.2024).
17. Великий тлумачний словник сучасної мови. URL: <https://slovnyk.me/search?term=конверсія> (дата звернення 24.01.2024).
18. Аутентичность. URL: <https://pragmatika.media/news/autenticnost-svezhij-tom-pragmatika-za-fevral> (дата звернення 21.01.2024).
19. Leges Novellae ad Theodosianum Pertinentes // Theodosiani Libri XVI, II, Berlin, 1905, Ed. Th. Mommsen, P. Meyer. (дата звернення 21.01.2024).
20. Уте Маасберг. Моделі спільного планування, будівництва та проживання. URL: <https://www.goethe.de/ins/ua/uk/kul/mag/20490594.html> (дата звернення 24.01.2024).
21. Надія Богата. Работа с историей. Реконструкция как тренд. URL: <https://pragmatika.media/rabota-s-istoriej-rekonstrukcija-kak-trend> (дата звернення 24.01.2024).
22. Инновационная архитектура. URL: <https://commercialproperty.ua/cparticles/innovatsionnaya-arkhitektura> (дата звернення 29.01.2024).
23. Адаптація та реновація. URL: <http://kyiv-heritage.com/page/adaptaciya-ta-renovaciya> (дата звернення 29.01.2024).
24. Концтабір на стадіоні та готель у вязниці: метаморфози виправної архітектури. URL: <https://birdinflight.com/architektura-uk/20210430-jail-to-hotel-tojail.html> (дата звернення 31.01.2024).
25. Чому хрущовки краще реконструювати. URL: <https://birdinflight.com/arch-itektura-uk/20211104-20211104-rochemu-hrushhevki-luchshe-rekonstruirovat.html> (дата звернення 31.01.2024).
26. Zess Architekten. (Нідерланди) Апартаменти у водонапірній вежі. URL: <https://www.djournal.com.ua/?p=14318> (дата звернення 1.02.2024).

PhD, associate professor **Jolana Holyk**,
Senior lecturer **Nataliia Bagrij**, PhD student **Ivan Stetsko**,
Uzhhorod National University

RECONSTRUCTION OF BUILDINGS AS A METHOD OF PRESERVING HISTORICAL BUILDINGS

Reconstruction of buildings is an important method of preserving historic buildings, as it allows to combine the preservation of architectural and historical values with the needs of modern life. The preservation of historical and cultural heritage is a key strategic direction for the development of modern cities and a way of self-identification of peoples. Historic buildings, regardless of their functional,

constructive and aesthetic qualities, allow us to pass on to future generations the material evidence of the past, the spirit of the era, and the unique atmosphere of cities. Modern urban planning policy, despite its offensive nature, provides for the maximum preservation of historic buildings and structures, their reconstruction, modernisation or renovation. The only way to avoid oblivion and destruction is to make full use of them.

In today's world, countries' desire for cultural self-identification and interest in authentic architectural surroundings contributes to the preservation of not only unique buildings and structures listed in the registers of architectural and historical monuments, but also high-quality "background architecture" - second-plan architecture, inconspicuous, less valuable, but which is essential for the formation of the "image of the city". It is this type of building that most often becomes the object of active reconstruction.

The purpose of the article is to explore the significance of the impact of historical buildings on the formation of the urban environment, to study the experience of reconstruction of historical buildings, and to show the possibilities of reconstruction as a method of preserving cultural heritage. For this purpose, the article analyses the practical principles of foreign experience in reconstruction, renovation, adaptation and modernisation of buildings and structures for various purposes - residential, public, industrial, and engineering.

The article provides examples of completed projects for the reconstruction of residential (East Germany, Amsterdam, Bordeaux, Norfolk, Copenhagen, Paris), public (Berlin, Brisbane, London, Hanover, Hong Kong, Nuremberg, Venice) and industrial buildings (Barcelona, Riga, Montjuïre, Leshno, Villars de Dalt, Kyiv, Brooklyn, Roskilde, Brussels, Eindhoven, Lviv) and engineering structures (Bankside, Toronto, Dorset, Utrecht, London) that show a variety of architectural and planning techniques of reconstruction. The study of foreign and domestic experience in the reconstruction of buildings and structures expands the possibilities for the effective use of historic buildings, improves the methods of volumetric and spatial organisation of development, and prolongs the life of historic buildings.

Keywords: reconstruction; renovation; architecture; authenticity; historical buildings.

REFERENCES

1. International Charter on the Protection of Historic Cities (Washington Charter). URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_761#Text. Accessed on: January 23, 2024. {in Ukrainian}
2. Cultural heritage of the country. URL: https://vue.gov.ua/Культурна_heritage_Ukraine. Accessed on: January 24, 2024. {in Ukrainian}

3. Report of the United Nations Economic Commission for Europe Regional Conference on the International Conference on Population and Development on the theme "Population and Development: Ensuring the Right to Choose". URL: https://unece.org/sites/default/files/2024-01/ECE_AC.32_2023_02_R.pdf. Accessed on: January 27, 2024. {in russian}
4. Renovation du bati: faire du neuf avec du mieux. URL: <https://courier.unesco.org/fr/articles/renovation-du-bati-faire-du-neuf-avec-du-mieux>. {in English}
5. Beijing Charter. URL: <https://www.uia-architectes.org/wp-content/uploads/2022/01/CharteBeijing1999>. Accessed on: January 27, 2024. {in russian}
6. The Law of Ukraine "On Comprehensive Reconstruction of Quarters (Microdistricts) of Obsolete Housing Stock". URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/525-16#Text>. Accessed on: January 27, 2024. {in Ukrainian}
7. Pleshkanovska A.M. Forms and types of reconstruction. Modern problems of architecture and urban planning: scientific and technical collection / Kyiv National University of Civil Engineering and Architecture; edited by M. M. Dyomin. Kyiv: KNUBA, 2013. Issue 34. C. 377-384. {in Ukrainian}
8. Reconstruction of the city in the context of urban development problems. Modern problems of architecture and urban planning: scientific and technical collection / Kyiv National University of Civil Engineering and Architecture; edited by M. M. Dyomin. Kyiv: KNUBA, 2008. Issue 19. C. 225-231. {in Ukrainian}
9. Problems and prospects of residential development in the context of complex urban reconstruction: monograph / Gayko Y.I., Zhydkova T.V., Apatenko T.M. [et al: O.M. Beketov Kharkiv National University of Urban Economy, 2019. 247 c. {in Ukrainian}
10. Reconstruction of buildings and structures: a textbook / Saviovskiy V.V. Kyiv: Lira Publishing House, 2019. 320 c. {in Ukrainian}
11. Reconstruction of civil and industrial buildings and structures: textbook / [edited by E.A. Shyshkin, O.V. Zavalny]. Kharkiv: O.M. Beketov Kharkiv National University of Urban Economy, 2021. 404 c. {in Ukrainian}
12. Technical operation and reconstruction of buildings and structures: a textbook / Klymenko E.V. Kyiv: Centre for Educational Literature, 2004. 304 c. {in Ukrainian}
13. Foreign experience of reconstruction of typical residential buildings. Urban planning and territorial planning. 2015. Issue 58. C. 310-314. {in Ukrainian}
14. Avdiienko O.P. Analysis of regional programmes for the reconstruction of residential buildings of the first mass series. Reconstruction of housing. 2000. C. 11-14. {in Ukrainian}

15. Kopteeva H.L. "History of Arts, Architecture and Urban Planning": the middle of the XIX - early XX centuries: lecture notes for students of higher educational institutions. Kharkiv: Kharkiv National Academy of Urban Economy, 2012. 157 с. {in Ukrainian}
16. The Great Explanatory Dictionary of the Modern Language. URL: <https://slovnyk.me/dict/vts/authenticity>. Accessed on: January 24, 2024. {in Ukrainian}
17. The Great Explanatory Dictionary of the Modern Language. URL: [https://slovnyk.me /search?term=conversion](https://slovnyk.me/search?term=conversion). Accessed on: January 24, 2024. {in Ukrainian}
18. Authenticity. URL: <https://pragmatika.media/news/autentichnost-svezhij-tom-pragmatika-za-fevral>. Accessed on: January 21, 2024. {in Ukrainian}
19. Leges Novellae ad Theodosianum Pertinentes / Theodosiani Libri XVI, II, Berlin, 1905, Ed. Th. Mommsen, P. Meyer. Accessed on: January 24, 2024. {in English}
20. Ute Maasberg. Models of joint planning, construction and living. URL: <https://www.goethe.de/ins/ua/uk/kul/mag/20490594.html>. Accessed on: January 24, 2024. {in Ukrainian}
21. Nadiia Bogata. Working with history. Reconstruction as a trend. URL: <https://pragmatika.media/rabota-s-istoriej-rekonstrukcija-kak-trend>. Accessed on: January 24, 2024. {in russian}
22. Innovative architecture. URL: <https://commercialproperty.ua/cparticles/innovatsionnaya-arkhitektura>. Accessed on: January 29, 2024. {in russian}
23. Adaptation and renovation. URL: <http://kyiv-heritage.com/page/adaptaciya-ta-renovaciya>. Accessed on: January 29, 2024. {in Ukrainian}
24. Concentration camp in a stadium and hotel in a prison: metamorphosis of correctional architecture. URL: <https://birdinflight.com/architectura-uk/20210430-jail-to-hotel-tojail.html>. Accessed on: January 31, 2024. {in Ukrainian}
25. Why it is better to reconstruct the Khrushchev buildings. URL: <https://birdinflight.com/arch-itectura-uk/20211104-20211104-pochemu-hrushhevki-luchshe-rekonstruiro-vat.html>. Accessed on: January 31, 2024. {in Ukrainian}
26. Zecc Architecten (Netherlands) Apartments in the water tower. URL: <https://www.djournal.com.ua/?p=14318>. Accessed on: January 31, 2024. {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2076-815x.2024.86.57-71

УДК 728/747

доктор філософії **Емамیانфар Алі**,
emamianfar.al@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-2729-3590,
д.арх., професор **Третяк Ю.В.**,
tretiak.iuv@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-7537-5929,
к. арх., доцент **Косаревська Р.О.**,
kosarevska.ro@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0003-1076-0364,
Київський національний університет будівництва і архітектури

АРХІТЕКТУРНІ РІШЕННЯ ШКІЛЬНИХ БУДІВЕЛЬ В ЖАРКО-СУХИХ І ЖАРКО-ВОЛОГИХ РАЙОНАХ ІРАНУ

Іран характеризується різноманітним кліматичним спектром, що охоплює помірний і вологий клімат на півночі країни та в прибережних зонах Каспійського моря, холодний клімат на заході та в районі гірського хребта Загрос, а також жаркі сухі та жарко-вологі умови, які переважають у центральній частині, на сході, в районі Перської затоки та на півдні країни. Дана стаття зосереджується на аналізі архітектурних особливостей шкільних будівель в жарко-сухих та жарко-вологих регіонах Ірану, враховуючи специфіку клімату цих територій.

Основну увагу приділено ефективній орієнтації будівель щодо сонця, оптимізації систем кондиціонування, адаптації освітлення до потреб навчальних просторів, використанню зелених насаджень для створення затінення, а також підбору форми та дизайну інтер'єрів шкіл і вибору відповідних будівельних матеріалів. Розглядаються архітектурні рішення, зумовлені кліматичними особливостями зазначених регіонів, з метою підвищення енергоефективності та забезпечення комфорту користувачів.

Враховуючи, що школи належать до категорії будівель з високим рівнем споживання енергії, таких як електрика, вода та газ, адаптація архітектурного проєктування під кліматичні умови може суттєво зменшити енергетичні витрати. Стаття пропонує огляд відповідних кліматично-адаптованих архітектурних рішень для шкільних будівель в окремих регіонах Ірану, підкреслюючи важливість інтегрованого підходу до проєктування в контексті сучасних вимог до енергоефективності та сталого розвитку.

Ключові слова: клімат; жаркий і вологий; жаркий і сухий; теплові потреби; школи; орієнтація; світло; вітер; тінь; вікна; будівельні матеріали; план і форма будівлі.

Постановка проблеми. Архітектурне проектування шкільних будівель в жарко-сухих та жарко-вологих регіонах Ірану вимагає комплексного підходу до розуміння та врахування місцевих кліматичних умов. Підвищені теплові навантаження через інтенсивне сонячне випромінювання, особливо протягом весни, літа та на початку осені, ставлять перед проєктувальниками завдання забезпечення комфортних умов в навчальних приміщеннях за рахунок ефективного використання сонячної енергії та захисту від надмірного нагрівання. З одного боку, необхідно мінімізувати втрати тепла в зимовий період для забезпечення теплового комфорту без значних енерговитрат на опалення. З іншого боку, критично важливим є зниження теплового навантаження в спекотні місяці, що вимагає адекватних архітектурних та інженерних рішень, таких як використання затінення, пасивного охолодження та природної вентиляції.

Висока вологість в жарко-вологих регіонах посилює потребу в ефективному регулюванні мікроклімату в приміщеннях, де важливо забезпечити видалення надлишкової вологи та запобігти появі конденсату. Водночас, природні бризи з Перської затоки та вітри з Оманського моря можуть бути використані як важливий ресурс для підтримки природної вентиляції та зниження температури всередині шкільних будівель, сприяючи створенню комфортних умов для навчання.

Таким чином, архітектурне проектування шкільних будівель в цих унікальних кліматичних умовах вимагає глибокого аналізу та врахування місцевих кліматичних особливостей для розробки рішень, які забезпечують енергоефективність, тепловий комфорт та здорове навчальне середовище. Це передбачає інтеграцію традиційних методів та сучасних технологій в архітектурне рішення, що дозволяє оптимізувати використання природних ресурсів та адаптуватися до місцевого клімату.

Актуальність теми проектування енергоефективних шкільних будівель в Ірані походить з необхідності розробки архітектурних рішень, які б враховували кліматичні умови регіону, особливо у жаркому, сухому та вологому клімату, що переважають на півдні та заході країни. Визнання клімату як одного з ключових факторів у проектуванні шкільних будівель зумовлене його значним впливом на створення комфортного навчального середовища, енергоефективність будівель та зниження експлуатаційних витрат.

Взаємозв'язок між архітектурою та кліматом має фундаментальне значення, оскільки він визначає ефективність використання природних ресурсів, таких як сонячне світло та вітри, що впливають на орієнтацію будівлі, її форму та планування, а також на розташування внутрішніх приміщень. Адаптація форми будівлі до клімату регіону, розумне планування внутрішнього

простору, використання дахів, що відповідають кліматичним особливостям, а також проєктування вікон і вентиляційних отворів стають ключовими елементами в створенні енергоефективної шкільної архітектури.

Традиційні та історичні архітектурні практики регіону, які розвивались у гармонії з місцевим кліматом, надають цінні вказівки для сучасного архітектурного проєктування. Інтеграція цих традиційних підходів із застосуванням сучасних технологій та матеріалів дозволяє розробити ефективні проєктні рішення, що відповідають потребам сьогодення, забезпечуючи комфортне та сприятливе середовище для навчання учнів. Таким чином, актуальність даної теми обумовлена не лише необхідністю адаптації до специфічних кліматичних умов, але й прагненням використовувати історичний досвід для вирішення сучасних викликів у сфері архітектурного проєктування шкільних будівель.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Наукова література про клімат і архітектуру в Ірані демонструє широкий спектр досліджень, присвячених розробці архітектурних рішень, адаптованих до різноманітних кліматичних умов країни. Публікації таких авторів, як Сефалай Фарзане («Архітектура, сумісна з кліматом», 2010) [1], Касмаї Мортези («Клімат і архітектура», 2002) [2], а також Казі Махалех Мохаммаді Маджид («Правила та критерії проєктування освітніх просторів», 2007) [3], вносять вагомий вклад у формування теоретичної та практичної бази для архітектурного проєктування в Ірані.

Деякі джерела не акцентують увагу на детальному аналізі кліматичних характеристик жарких і сухих регіонів центральної та східної частин Ірану. Проте, роботи таких авторів, як Місрі Мар'ям («Проєктування освітніх просторів у жаркому та сухому кліматі», 2018) [4], спільне дослідження Масрі Мар'ям, Резаян-Мехрабаді Мохаммада, Таваколі Шаміма та Гударзі Німи («Проєктування освітніх просторів у жаркому та сухому кліматі: рішення для створення шкіл архітектури», 2017) [5], Тауслі Махмуд («Містобудування та архітектура в жаркому та сухому кліматі Ірану», 2012) [6], Хамеда Мутзорзаде Ходжаті Вахіде («Критерії структури стійких міських кварталів на основі жаркого і сухого клімату Ірану», 2016) [7] та Лашкарі Елхам («Принципи сталого розвитку міст у жаркому та сухому кліматі Ірану з акцентом на старих містах», 2011) [8] забезпечують важливий науковий внесок в розуміння та розробку архітектурних рішень, адаптованих до викликів жаркого і сухого клімату.

У науковому дискурсі щодо архітектурного проєктування в контексті жарких і вологих кліматичних умов південних регіонів Ірану, виділяється ряд досліджень, що не зосереджуються безпосередньо на введенні детальних

кліматичних характеристик цих районів. Натомість, ці роботи вносять вклад у розуміння ширшого контексту адаптації архітектурного проєктування до специфіки жаркого та вологого клімату, акцентуючи на різноманітних підходах та стратегіях, що враховують енергоефективність, стійкість та комфорт користувачів. Зокрема, таких дослідників як Афшарі Хода («Архітектура, сумісна з кліматом жарких і напіввологих регіонів Ірану, Хорамшахр», 2012) [9], Касмай Мортеза, Дайнеджад Фармарез, Селхі Сахар («Посібник з районування та кліматичного проєктування, жаркий і вологий клімат провінції Хормозган», 2013) [10], Мошпірі Шахріар («Стійкий дизайн на основі жаркого та вологого клімату», 2009) [11], Джафарі Джабалі Арзу, Ходабахшіан Канаракі Могаді («Фактори нативної архітектури в жаркому та вологому кліматі Порт Конг», 2021) [12], Елхам Ельхам, Саадат Джо Прія («Дослідження ролі пористості у самозатіненні та зменшенні енергії, яку отримують стіни в будівлі в жаркому та вологому кліматі», 2019) [13], Хізбай Мортеза, Адіб Захра, Насроллахі Фаршад («Природна вентиляція в шоуадолах міста Дезфул за допомогою CFD моделювання», 2014) [14], Гейдарі Шахін, Куаїді Ходжат («Фізичний вплив прибережних районів на кліматичні параметри в жарких і вологих районах», 2020) [15].

У даній роботі проводиться аналітичний огляд існуючих досліджень, які розкривають взаємозв'язок між кліматичними умовами та енергоспоживанням шкільних будівель, заснований на перелічених вище джерелах.

Мета даної статті полягає у проведенні порівняльного аналізу архітектурних проєктних рішень для шкільних будівель, розташованих у жарко-сухих та жарко-вологих кліматичних умовах, з особливим акцентом на енергоефективність. Вона передбачає глибоке вивчення та аналіз науково-теоретичних джерел, які розглядають архітектурне проєктування освітніх закладів через призму впровадження енергоефективних підходів, враховуючи кліматичні особливості та характеристики різних регіонів. Центральним елементом дослідження є розуміння того, як різні кліматичні умови впливають на вибір архітектурних рішень, зокрема на орієнтацію будівель, використання будівельних матеріалів, конфігурацію вікон та систем вентиляції, а також на заходи забезпечення тепло- та вологоізоляції. Аналізуються такі критичні параметри, як інтенсивність вітрів, частота та інтенсивність дощів, рівень вологості повітря та кількість сонячного випромінювання, що мають прямий вплив на енергоспоживання та загальну ефективність енерговикористання в шкільних будівлях.

У даному дослідженні застосовуються різноманітні **методологічні підходи** для аналізу інтеграції історичних методів архітектури Ірану та сучасних технологій в проєктування приміщень шкіл. Воно ґрунтується на

використанні різноманітних загальнонаукових, міждисциплінарних та спеціалізованих методів. Зокрема, залучаються систематизація, метод абстракції та конкретизації, ідеалізація, метод уявних експериментів та метод формалізації, застосовуються самоочевидні та порівняльно-самоочевидні методи, а також методи аналізу та синтезу. Практична складова дослідження включає методи, характерні для проектної діяльності, серед яких польові обстеження та фотофіксація, застосування аналогових методів проектування, а також графоаналітичні методи. Ці підходи дозволяють глибше зануритися в контекст теми, зібрати вичерпну інформацію про існуючі практики та оцінити ефективність різних архітектурних рішень.

Виклад основного матеріалу. Географічне розташування Ірану на низькій висоті над рівнем моря та його наближеність до пустельних територій спричиняють утворення жарких кліматичних умов у південних або центральних зонах. Ці регіони характеризується низькою вологістю повітря та обмеженою кількістю атмосферних опадів. У контексті цих кліматичних особливостей, основними завданнями архітектурного проектування шкільних будівель є розроблення відповідних механізмів для ефективного опалення приміщень, захисту від інтенсивного сонячного випромінювання шляхом створення тіні на вікнах, ефективного використання сонячної енергії та зменшення теплових втрат у холодний період року.

В умовах клімату, що відрізняється як періодами холоду, так і значними температурними підйомами протягом навчального року, ключовим аспектом проектування шкільних приміщень є вирішення завдань терморегуляції. З огляду на те, що системи охолодження вимагають більших енергетичних та фінансових витрат порівняно з системами опалення, особлива увага приділяється забезпеченню ефективного охолодження приміщень під час високих літніх температур. Тим не менш, важливою залишається потреба в опаленні під час холодних місяців, що забезпечує комфортне навчальне середовище протягом усього року.

Адаптація архітектурного проекту до таких кліматичних умов передбачає використання комплексу рішень, до ряду яких входять, зокрема:

- *Вітровики* для контролю напрямків вітру та мінімізації впливу гарячих вітрових потоків або для захисту від холодних вітрів, залежно від сезону.

- *Рослинність* як природний бар'єр, що сприяє затіненню та охолодженню повітря навколо будівлі, а також відіграє роль у зменшенні теплових втрат.

- *Центральні дворики*, які допомагають створити вентилявані та прохолодні внутрішні простори, функціонуючи як «колодязі», що сприяють ефективному розподілу природного освітлення та вентиляції.

- *Товсті стіни* для забезпечення високої теплоізоляції, які уповільнюють проникнення тепла влітку та втрати тепла взимку, забезпечуючи стабільнішу внутрішню температуру.

Застосування перелічених елементів у проектуванні шкільних будівель відповідає потребам енергоефективності та створенню комфортабельного навчального середовища, враховуючи специфіку кліматичних умов [13].

У контексті архітектурного проектування для регіонів із жарким кліматом, основна увага приділяється раціональному використанню сонячної енергії та ефективному управлінні тепловим комфортом всередині будівлі. З цією метою передбачається розміщення будівель таким чином, щоб мінімізувати пряме сонячне опромінення під час спекотних місяців та максимізувати його під час холодних періодів. Оптимальними для цього вважаються орієнтації з відхиленням від північно-східного до південно-східного напрямку на кути від 15 до 30 градусів. Важливим є також врахування напрямків пилових вітрів для уникнення негативного впливу на внутрішній мікроклімат.

Для адаптації до вказаних кліматичних умов пропонуються компактні конфігурації будівель, розгорнуті в плані вздовж осі схід-захід, які забезпечують краще теплове регулювання. Двостороннє планування будівель, де класні кімнати розміщені на протилежних сторонах із загальним коридором між ними, сприяє оптимальному розподілу природного світла та вентиляції [2].

Важливою деталлю є використання вікон зі склопакетами та обмеженого розміру для зниження теплових втрат та запобігання надмірному нагріванню приміщень. Також рекомендується використання двостінних конструкцій з повітряним проміжком для додаткової ізоляції. Вибір світлих кольорів для стелі та стін сприяє відображенню сонячного світла та зменшенню нагрівання приміщень.

Водні елементи, такі як фонтани або декоративні ставки, можуть використовуватися для підвищення прохолоди в навколишньому середовищі. Балкони та тераси слугують не лише для створення додаткових відпочинкових зон, але й ефективно формують тінь для нижче розташованих поверхів. Нарешті, інтеграція рослинності як всередині, так і зовні будівель, не лише сприяє створенню комфортного мікроклімату, але й забезпечує естетичну цінність архітектурного ансамблю (рис.1).

Вибір будівельних матеріалів та кольору зовнішніх поверхонь відіграє ключову роль у забезпеченні термічного комфорту внутрішніх просторів. Завданням з вибору матеріалів для зовнішніх стін є мінімізація теплопередачі від зовнішнього середовища до внутрішніх приміщень, що особливо важливо в умовах значних добових коливань температур. Таким чином, зовнішні стіни

повинні мати високу теплоємність для ефективного акумулювання та поступового віддавання тепла, забезпечуючи стабілізацію температур всередині будівлі. Колір зовнішніх поверхонь має вирішальне значення для рефлексії сонячного випромінювання. Світлі відтінки зовнішніх стін здатні значно знижувати нагрівання будівлі шляхом відображення більшої частини сонячних променів, на відміну від темних кольорів, які поглинають більше тепла.

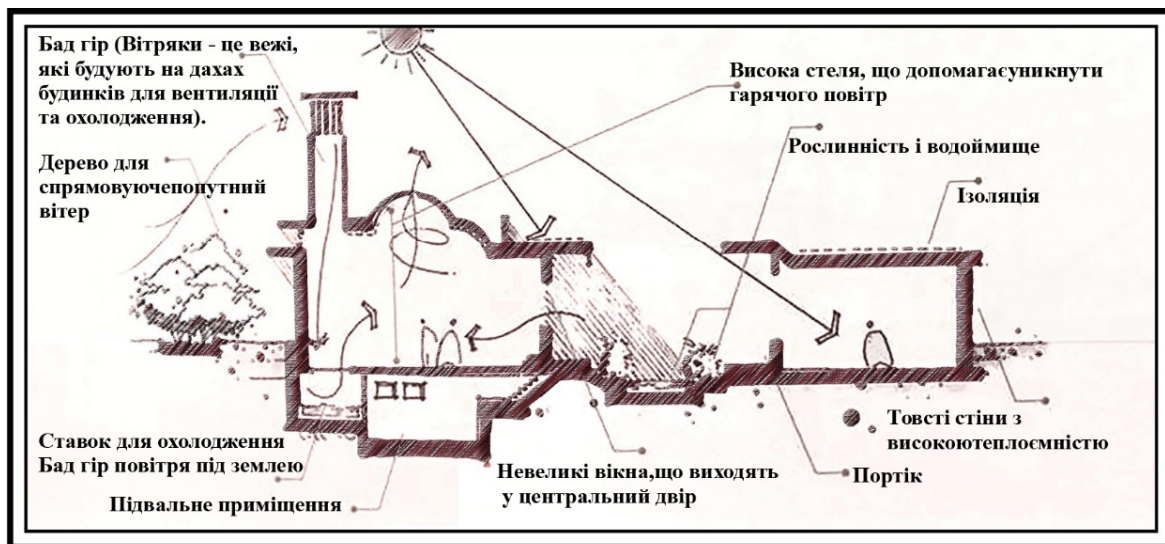


Рис. 1. Схема кліматичного рішення для навчальної архітектури жаркого і сухого кліматичного простору [16].

Ізоляційні матеріали, розміщені близько до зовнішньої поверхні стін, сприяють додатковому зниженню теплопередачі, ефективно блокуючи проникнення тепла влітку та зберігаючи тепло всередині будівлі в холодні періоди. Таке розміщення ізоляції оптимізує терморегуляцію та сприяє зменшенню енергетичних витрат на опалення та охолодження.

Вибір матеріалів із високою теплоємністю та ефективною ізоляцією, а також використання світлих кольорів для зовнішніх поверхонь, є вирішальним для проєктування архітектури в жарких кліматичних умовах, дозволяючи створити енергоефективне та комфортне внутрішнє середовище.

В архітектурі, адаптованій до жарких кліматичних умов, важливе місце займає концепція глибоких внутрішніх двориків, відомих як «Годаль Багче», які дозволяють зберігати нічну прохолоду протягом денного часу. Ці внутрішні простори, захищені від прямого сонячного світла, служать природними охолоджувальними зонами завдяки затіненню та ізоляції від зовнішнього тепла. Стіни, що безпосередньо контактують з ґрунтом, забезпечують додаткову теплоізоляцію, запобігаючи теплообміну між зовнішнім середовищем та

внутрішніми просторами. Це сприяє стабілізації температури всередині будівлі, зменшуючи потребу в штучному охолодженні.

Традиційні елементи, такі як тіньові дворики, ставки та фонтани, відіграють ключову роль у формуванні мікроклімату. Вони не тільки створюють приємне візуальне та акустичне середовище, але й ефективно знижують температуру повітря завдяки випаровуванню води, одночасно збільшуючи вологість, що є особливо важливим в сухих жарких регіонах.

Внутрішні сади, обладнані рослинністю та водоймами, не лише сприяють підвищенню вологості та охолодженню повітря в літній період, але й забезпечують природну вентиляцію, використовуючи бризи з північних, південних та східних напрямків. Це дозволяє створювати комфортні умови для перебування без значного збільшення енергетичних витрат на кондиціонування (рис. 2).

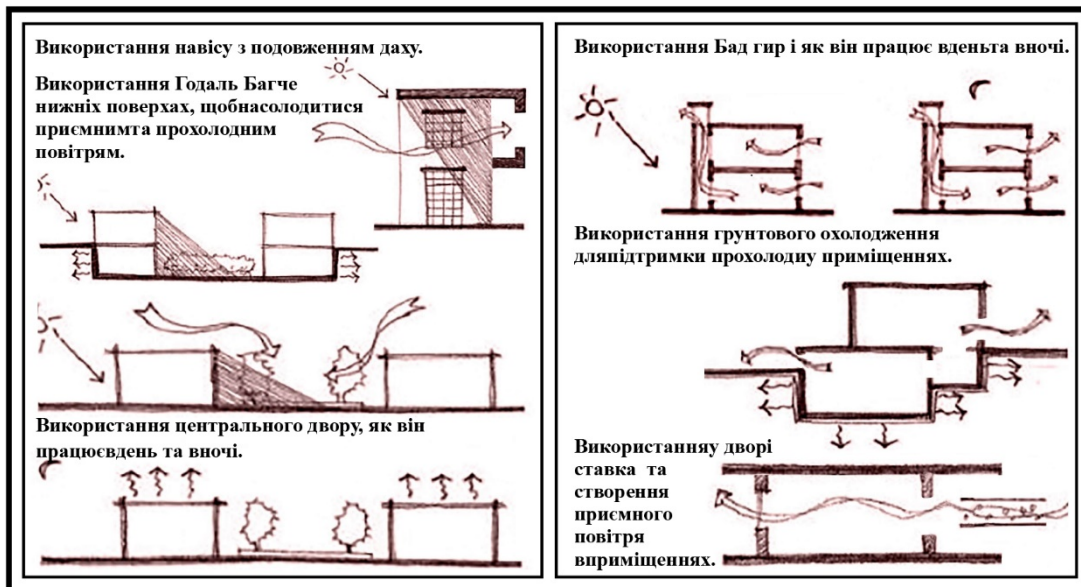


Рис. 2. Теплі та сухі екологічні рішення для шкільних будівель і внутрішніх приміщень [17].

У контексті архітектурного проектування для регіонів із жарким кліматом, оптимізація розмірів вікон та ефективне використання навісів відіграє ключову роль у забезпеченні термічного комфорту всередині будівлі. Рекомендується, щоб загальна площа віконних прорізів складала приблизно 30% від площі зовнішнього фасаду будівлі або 15% від площі класної кімнати. Таке співвідношення дозволяє забезпечити достатній рівень природного освітлення приміщень, мінімізуючи при цьому надмірне теплове навантаження від сонячного випромінювання. Важливу роль у контролі сонячного світла відіграють маркізи, особливо в періоди інтенсивного сонця, такі як жовтень та листопад. Використання маркіз сприяє формуванню тіні на віконних поверхнях, значно знижуючи температуру всередині приміщень та зменшуючи

потребу в активному охолодженні. Цей засіб не тільки покращує термічний комфорт для мешканців, але й сприяє зниженню енергетичних витрат на кондиціонування повітря (див. рис. 2.).

Для ефективного проєктування шкільних будівель у жарко-вологодому кліматі, зокрема у регіонах, розташованих на низькій висоті над рівнем моря та близько до великих водойм, як Перська затока та Оманське море, необхідно застосувати специфічні архітектурні рішення. Ці географічні та кліматичні умови сприяють формуванню дуже високої вологості та температур, створюючи виклики для підтримання комфортного мікроклімату всередині шкільних приміщень, особливо під час літнього сезону.

У контексті жарко-вологодому клімату, де велика частина навчального року супроводжується високими температурами та вологістю, основними умовами для терморегуляції в навчальних приміщеннях є забезпечення адекватного охолодження та контроль вологості протягом 5-8 місяців. Ефективне управління цими параметрами є критично важливим для створення сприятливого навчального середовища, оскільки висока температура та вологість можуть негативно впливати на здоров'я та продуктивність учнів та викладачів.

В зимовий період, завдяки специфіці географічного розташування та кліматичних умов регіону, температурні показники перебувають у межах, що задовольняють комфортні вимоги без необхідності використання систем опалення. Це означає, що архітектурне планування та конструктивні рішення шкільних будівель мають бути зорієнтовані на оптимізацію природного охолодження та вентиляції, а також використання матеріалів і технологій, що сприяють зниженню вологості внутрішніх просторів [1].

В межах архітектурного проєктування шкільних будівель у жарких кліматичних умовах ключову роль відіграє стратегічна організація планування, що враховує необхідність мінімізації впливу інтенсивного сонячного світла на фасади та оптимізації використання природної вентиляції для регулювання теплового комфорту в аудиторіях. Ця мета досягається через розробку відповідно орієнтованих будівель, зокрема застосування односторонньої моделі планування.

Одностороннє планування передбачає розташування навчальних приміщень зі сторони, найменш схильної до прямого сонячного опромінення – зазвичай, це північна сторона, яка отримує менше сонячного тепла протягом дня. Таке розміщення дозволяє знизити внутрішнє нагрівання приміщень та сприяє створенню більш прохолодного та комфортного середовища для навчання. З південного боку, де сонячне опромінення інтенсивніше, рекомендується проєктування відкритих або напіввідкритих коридорів, які не

тільки забезпечують доступ до класних кімнат, але й функціонують як буферна зона, знижуючи теплове навантаження на основні навчальні простори [3].

У контексті міського планування та архітектури, щільність забудови на ділянці має прямий вплив на формування мікроклімату, зокрема на підвищення температури у міському середовищі, явище, відоме як «ефект теплового острова». Для ефективної протидії цьому явищу та зниженню температури в межах урбанізованого простору, критично важливим є забезпечення достатньої тіні та оптимізація природної вентиляції. Орієнтація будівлі повинна бути обрана так, щоб мінімізувати пряме сонячне випромінювання та оптимізувати умови для природної вентиляції. Конфігурація архітектурної форми може сприяти створенню захищених від сонця зон, а також ефективному використанню зовнішніх просторів як місць збору для учнів (рис. 3).



Рис. 3. Архітектурні рішення для шкільних будівель та їх внутрішніх приміщень в спекотному та вологому кліматі [18].

Навчальні приміщення (класи) краще розміщувати в критих або напіввідкритих просторах, які можна ефективно провітрювати, тоді як приміщення, що генерують тепло, наприклад, кухні або кафе, краще розміщувати за межами основної будівлі.

Необхідно передбачити розширення будівлі у напрямку північ-південь, з мінімізацією об'ємів на заході та сході. У відкритих просторах, де використовуються будівельні матеріали, такі як бетон або асфальт, можуть виникати високі температури. Ці області слід розглядати як потенційно небезпечні і розміщувати в тіні, щоб запобігти перегріванню. Необхідно уникати створення таких поверхонь біля будівлі та вздовж вікон. Будівництво центральних дворів, що розташовані в тіні та можуть бути провітрюваними, є раціональним рішенням. Особлива увага має бути приділена виведенню

радіаційного тепла з приміщень. Тіньові зони, призначені для забезпечення затінення, повинні сприяти циркуляції повітря всередині [12].

Покрівлю напіввідкритих приміщень раціонально розглядати поза сіткою, оскільки це не заважатиме руху потоку повітря, коли створюється тінь. Використання легких матеріалів для даху (наприклад, дерева, рогожі або аналогічних) допоможе уникнути накопичення тепла. Будівля повинна бути спроектована з максимальним розрахунком на вентиляцію, яка може здійснюватися знизу, через дах та зсередини приміщень. Доцільним варіантом є використання змінних стінок, які можна встановлювати або знімати в залежності від погодних умов. Висока стеля також сприяє ефективній вентиляції, забезпечуючи можливість притоку свіжого повітря з верхньої частини приміщення. Зволожуючі дерева, посаджені у напрямку вітру, можуть забезпечити додаткову вологу та комфорт, але варто враховувати, що вони не повинні створювати дискомфорт. Висота будівлі повинна бути обрана з урахуванням рівня землі, і збільшення внутрішньої висоти дозволить забезпечити ефективну вентиляцію через підстельові вікна [10].

Оскільки вітер може використовуватися для регулювання теплового режиму у приміщеннях протягом певних місяців навчального року, важливо розглядати розміри вікон і навісів з акцентом на енергоефективність. Вікна аудиторій мають бути малими, оскільки великі вікна можуть сприяти нагріванню повітря всередині класу та збільшенню навантаження на системи охолодження. Тому рекомендується, щоб площа вікон не перевищувала 45% площі фасаду або 24% площі класу. Додатково, важливо передбачити навіс для створення повної тіні на вікнах та стінах приміщень у періоди спекотних місяців навчального року [14].

У такому кліматичному середовищі важливо використовувати будівельні матеріали з високою теплоізоляційною властивістю для зовнішніх стін будівлі. Внутрішні стіни повинні мати невелику теплоємність. Щодо зовнішніх поверхонь, рекомендується обирати світлий колір, що допоможе відбивати сонячні промені та зменшувати нагрівання стін (рис. 4.).

Висновок. Аналіз теоретичних та проектних матеріалів показав, що ефективне архітектурне планування повинно враховувати як температурні умови, так і доступність природного освітлення, щоб забезпечити енергоефективність та комфорт внутрішнього середовища. Встановлено, що ключовими елементами проектування навчальних будівель є правильна їх орієнтація, оптимізація використання природного світла і вентиляції, а також використання архітектурних елементів, що сприяють створенню тіні, для зниження теплового навантаження. Це дозволяє створювати енергоефективні та комфортні умови в класних кімнатах, що є важливим для підтримки здоров'я та

продуктивності учнів та вчителів. Виявлено, що відповідні архітектурні рішення елементів, таких, як похилі дахи, стіни, ізоляція та ефективне планування подвір'я тощо мають суттєве значення для захисту від екстремальних погодних умов і забезпечують стійкість будівель до кліматичних змін.

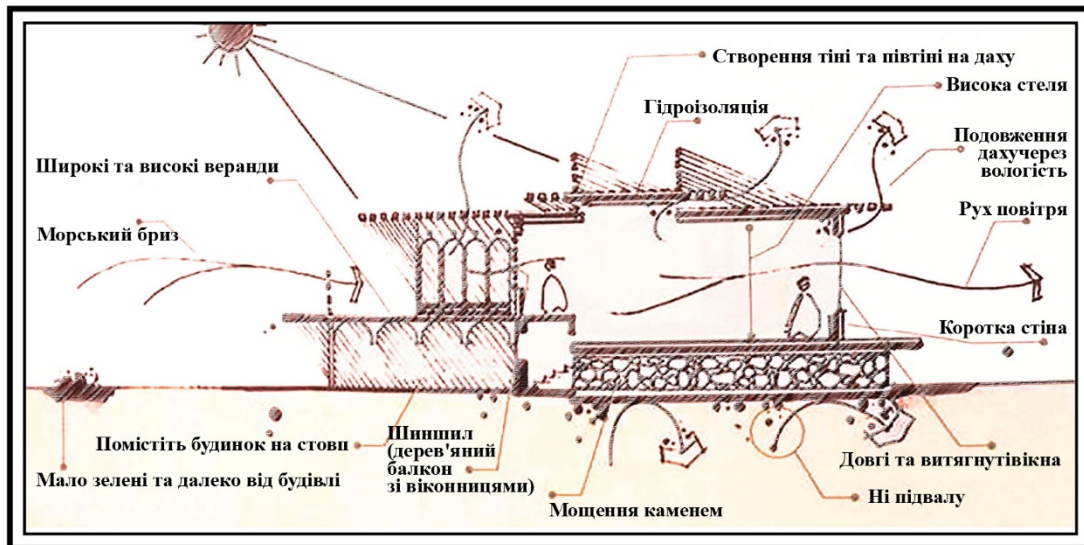


Рис. 4. Схема кліматичного рішення для архітектури навчального простору у спекотному та вологому кліматі [16].

Отже, успішне архітектурне проектування шкільних будівель у жарко-сухих і жарко-вологих районах Ірану вимагає комплексного підходу, що враховує унікальні кліматичні умови кожного регіону. Інтеграція знань про місцевий клімат у процес проектування дозволяє створювати не лише функціональні та естетично привабливі, але й екологічно стійкі та енергоефективні освітні простори, що сприяють здоров'ю та благополуччю учнів.

Список літератури

1. Halger Kakniasen, Перекладач Сефалая Фарзане. Кліматично сумісна архітектура. Заступник з питань містобудування та архітектури Міністерства ЖКГ, 2010. 175 с.
2. Касмаї Мортези. Клімат і архітектура. Хак, 2002. 44 с.
3. Казі Махалех Мохаммаді Маджида. Правила та критерії проектування освітніх просторів. Тегеранська організація з ремонту шкіл, 2007. 37 с.
4. Місрі Мар'ям. Проектування освітніх просторів у жаркому та сухому кліматі. Манофер, 2018. 21 с.
5. Масрі Мар'ям, Резаян-Мехрабаді Мохаммад, Таваколі Шамім, Гударзі Німа. Проектування освітніх просторів у жаркому та сухому кліматі: рішення для створення шкіл архітектури. Манофер, 2017. 31 с.

6. Тауслі Махмуд. Містобудівництво та архітектура в жаркому та сухому кліматі Ірану. Тауслі Махмуд, 2012. 173 с.
7. Хамеда Мутзорзаде Ходжаті Вахіде. Критерії структури стійких міських кварталів на основі про жаркий і сухий клімат Ірану. Азарахш, 2016. 200 с.
8. Лашкарі Елхама. Принципи сталого розвитку міст у жаркому та сухому кліматі Ірану з акцентом на старих містах. Ганджинех Хонар, 2011. 37 с.
9. Афшарі Хома. Архітектура, сумісна з кліматом жарких і напіввологих регіонів Ірану, Хорамшахр. Тахан, 2012. 77 с.
10. Касмай Мортеза, Дайнеджад Фармарез, Селхі Сахар. Посібник з районування та кліматичного проектування, жаркий і вологий клімат провінції Хормозган. Центр досліджень доріг, ЖКГ та містобудування, 2013. 111 с.
11. Мошірі Шахріар. Стійкий дизайн на основі жаркого та вологого клімату. Науковий журнал міської ідентичності, 2009. Том: 3, номер: 5, 39-56 с. URL: <https://www.sid.ir/paper/154659/fa#pointx> (дата звернення 05.04.2024).
12. Джафарі Джабалі Арзу, Ходабахшіан Канаракі Могаді. Фактори нативної архітектури в жаркому та вологому кліматі Порт Конг. Випадкове дослідження. Національна конференція щодо міського планування та архітектури, заснованої на знаннях, 2021. Том: 22. URL: <https://www.sid.ir/paper/901307/fa#downloadbottom> (дата звернення 05.04.2024).
13. Елхам Ельхам, Саадат Джо Прія. Дослідження ролі пористості у самозатіненні та зменшенні енергії, яку отримують стіни в будівлі в жаркому та вологому кліматі. Науковий журнал Міннауки, 2019. номер 4. URL: <https://tinyurl.com/227so4ep> (дата звернення 05.04.2024).
14. Хізбай Мортеза, Адіб Захра, Насроллахі Фаршад. Природна вентиляція в шоуадонах міста Дезфул за допомогою CFD моделювання. Науковий журнал Баг Назар 11-й рік 2014, номер 30. URL: <https://is.gd/nrNDPr> (дата звернення 05.04.2024).
15. Гейдарі Шахін, Куаїді Ходжат. Фізичний вплив прибережних районів на кліматичні параметри в жарких і вологих районах. Бандар Аббас. Журнал екологічної науки та техніки, 2020. Том: 22, номер: 6, 267-279 с. URL: <https://www.sid.ir/paper/389984/fa> (дата звернення 05.04.2024).
16. Memar98.com. Веб-сайт архітектурної освіти. URL: <https://memar98.com/notes-climate-architectural-design> (дата звернення 05.03.2024).
17. Memarifile.com. Веб-сайт архітектурної освіти. URL: <https://tinyurl.com/ypbk4gwf> (дата звернення 05.03.2024).
18. Arganmemari.ir Веб-сайт архітектурної освіти. URL: <https://www.arginmemari.ir/article/Climate-description-for-the-image.html>.

Ph.D. in Architecture **Emamianfar Ali**,
Doctor of Sciences of Architecture, Professor **Tretiak Yuliia**,
Candidate of Sciences of architecture, Associate Professor **Kosarevska Raddamila**,
Department of Design, Kyiv National University of Construction and Architecture

ARCHITECTURAL SOLUTIONS OF SCHOOL BUILDINGS IN HOT-DRY AND HOT-HUMID REGIONS OF IRAN

Iran is characterized by a diverse climate spectrum, covering a temperate and humid climate in the north of the country and in the coastal areas of the Caspian Sea,

a cold climate in the west and in the Zagros mountain range, as well as hot dry and hot-humid conditions prevailing in the central part, in the east, in the Persian Gulf region and in the south of the country. This article focuses on the analysis of architectural features of school buildings in hot-dry and hot-humid regions of Iran, taking into account the specifics of the climate of these areas.

The main attention is paid to effective orientation of buildings in relation to the sun, optimization of air conditioning systems, adaptation of lighting to the needs of educational spaces, use of green spaces to create shading, as well as selection of the form and design of school interiors and selection of appropriate building materials. Architectural solutions determined by the climatic features of these regions are being considered in order to increase energy efficiency and ensure user comfort.

Considering that schools belong to the category of buildings with a high level of energy consumption, such as electricity, water and gas, adaptation of architectural design to climatic conditions can significantly reduce energy costs. The article offers an overview of suitable climate-adapted architectural solutions for school buildings in certain regions of Iran, emphasizing the importance of an integrated design approach in the context of modern requirements for energy efficiency and sustainable development.

Keywords: climate; hot and humid; hot and dry; heat needs; schools; orientation; light; wind; shadow; windows; building materials; plan and shape of the building.

REFERENCES

1. Halger, Kakniasen, Translator of Sefalai Farzane (2010). Climatically compatible architecture. Deputy of Urban Development and Architecture Ministry of Housing and Urban Development. {in Persian}
2. Kasmai, Morteza (2002). Climate and architecture. Hack. {in Persian}
3. Kazi, Mahaleh Mohammadi Majida (2018). Rules and criteria for designing educational spaces. Tehran School Repair Organization. {in Persian}
4. Misri, Maryam (2018). Designing educational spaces in a hot and dry climate. Manofer. {in Persian}
5. Masri, Maryam, Rezayan-Mehrabadi Mohammad, Tavakoli Shamim, Gudarzi Nima (2017). Designing educational spaces in a hot and dry climate: solutions for creating schools of architecture. Manofer. {in Persian}
6. Tausli, Mahmud (2012). Urban planning and architecture in the hot and dry climate of Iran. Tausli Mahmud. {in Persian}
7. Hamedata Mutzorzade Khojati Vahide (2016). Criteria for the structure of sustainable urban neighborhoods based on the hot and dry climate of Iran. Azarakhsh. {in Persian}

8. Lashkari, Elkham (2011). Principles of sustainable urban development in the hot and dry climate of Iran with an emphasis on old cities. Ganjineh Honar. {in Persian}
9. Afshari, Khoda (2012). Architecture is compatible with the climate of the hot and semi-humid regions of Iran, Khoramshahr. Tahan. {in Persian}
10. Kasmai, Morteza; Dainejad, Farmarez; Selhi, Sahar (2013). Zoning and Climatic Design Guide, Hot and Humid Climate of Hormozgan Province. Center for Research of Roads, Housing and Urban Development. {in Persian}
11. Moshiri, Shahriar (2009). Sustainable design based on hot and humid climates. Scientific journal of urban identity. Volume: 3, number: 5. URL: <https://www.sid.ir/paper/154659/fa#pointx> (access date 04/05/2024). {in Persian}
12. Jafari Jabali Arzu, Khodabakhshian Kanaraki Mogadi (2021). Factors in Native Architecture in the Hot and Humid Climate of Port Cong. A randomized study. National Conference on Knowledge-Based Urban Planning and Architecture. Volume: 22. URL: <https://www.sid.ir/paper/901307/fa#downloadbottom> (accessed 04/05/2024). {in Persian}
13. Elham Elham, Saadat Jo Priya (2019). Investigating the role of porosity in self-shading and reducing energy received by walls in buildings in hot and humid climates. Scientific journal of the Ministry of Science. Number 4. URL: <https://tinyurl.com/227so4ep> (access date 04/05/2024). {in Persian}
14. Hizbay Morteza, Adib Zahra, Nasrollahi Farshad (2014). Natural ventilation in the showadons of the city of Dezful using CFD modeling. Scientific journal Bagh Nazar, 11th year, number 30. URL: <https://is.gd/nrNDPr> (access date 04/05/2024). {in Persian}
15. Heydari Shahin, Kuaidi Khojat (2020). Physical influence of coastal areas on climatic parameters in hot and humid areas. Bandar Abbas. Journal of Environmental Science and Technology. Volume: 22, Number: 6. URL: <https://www.sid.ir/paper/389984/fa> (access date 04/05/2024). {in Persian}
16. Memar98.com. Architectural Education Website. URL: <https://memar98.com/notes-climate-architectural-design> (access date 03/05/2024). {in Persian}
17. Memarifile.com. Architectural Education Website. URL: <https://tinyurl.com/ypbk4gwf> (access date 03/05/2024). {in Persian}
18. Arganmemari.ir Website of architectural education. URL: <https://www.arganmemari.ir/article/Climate-description-for-the-image.html>. {in English}

DOI: 10.32347/2076-815x.2024.86.72-91

УДК 711.11

Єрофалов Б.Л.,boris.erofalov@gmail.com, ORCID: 0009-0004-4209-521X,
Київський національний університет будівництва і архітектури

КАРДО І ДЕКУМАНУС В ІСТОРИЧНОМУ РОЗПЛАНУВАННІ КИЄВА

Уточнюється понятійне значення класичних термінів античного гоматичного (розпланувального) мистецтва «кардо» та «декуманус». Розглянуто питання успадкування римської, візантійської та давньоруської містобудівної традиції на прикладі розпланування граду Ярослава у Києві. Визначено містобудівне значення Золотих воріт у Києві та Константинополі. Зроблено висновок про закладення граду Ярослава після початку будівництва Софійського собору. Показано розвиток головної розпланувальної осі міста — «кардо» — у проєкті класицистичної реконструкції Києва першої половини ХІХ та у ХХ столітті. Ставиться проблема використання традиційних термінів та понять античного містобудування в сучасній дослідницькій та архітектурно-містобудівній практиці.

Ключові слова: Історичне розпланування; кардо; декуманус; каструм; Птолемеїв Азагарій; град Ярослава; Золоті ворота та Софійський собор Києва та Константинополя; Меса; Міліон; Андріївський узвіз – вул. Велика Володимирська; Володимирський узвіз – Хрещатик.

Розпланувальна функція «кардо» і «декуманус»

Яка з цих двох вулиць у римському військовому таборі — «каструмі» — кардо, а яка декуманус, і чим вони відрізняються одна від одної, зрозуміти однозначно складно. У текстах вони начебто взаємозамінні. Намагаючись розібратися в ознаках однієї та другої, гортаючи спеціальні тексти, плутанина так і залишається.

Наприклад, у класичній «Історії містобудівного мистецтва» А. В. Бунін каже: «Ці вулиці або перетинали весь табір, поєднуючи протилежні ворота табору, або ж впиралися одна в одну, подібно до літери Т» [3, с. 94–96]. Водночас автор строго вказує: «План римського військового табору майже завжди був квадратом або прямокутником, по осях якого проходили дві головні вулиці: з півночі на південь — “кардо” і зі сходу на захід — “декуманус”» [там само, с. 94]. Таким чином, перша інтерпретація, що кардо — це напрямок з півночі на південь, а декуманус — «від світання до смеркання».

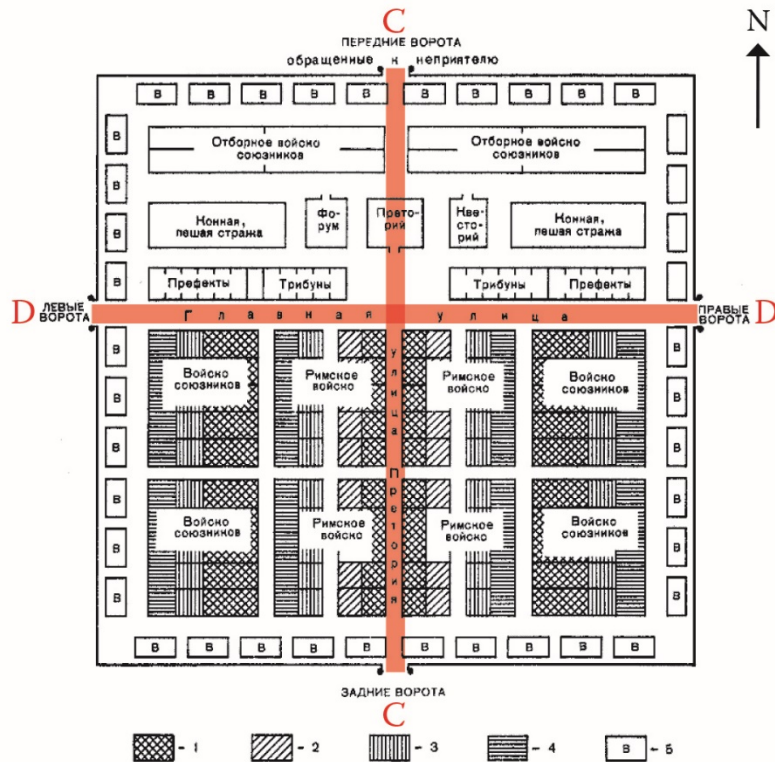


Рис. 1. Схема каstrума за Полібієм, II ст. до н. е.: 1) іоннота; 2) воіни-триархи; 3) воіни-принцепси; 4) списоносці; 5) легка піхота

З іншого боку, римський табір має чітку полярну структуру і головною частиною орієнтований у бік ворога, уздовж вектора воєнного походу. Схожий опис каstrumu у II ст. до н. е. залишив Полібій [12]. Це квадрат, вулиця Преторія (Via Praetoria) веде від воріт в ар'єргарді (Porta Decumana) до передніх воріт (Porta Praetoria), звернених у сторону супротивника [Полібій]. Тобто осьова вулиця, Віа Преторія, не обов'язково мала вказувати на північ і не обов'язково збігається з кардо?

Своєю чергою, друга найважливіша вулиця, перпендикулярна до осьової, зветься Via Principalis, буквально Головна вулиця, і сполучає Праві і Ліві ворота (Dextra–Sinistra). Уздовж Головної вулиці розташовувалися палатки префектів і трибунів. Площа на перетині, із палаткою полководця-претора, була штабом табору. Це Преторій, який облаштували у першу чергу. Якщо в каstrумі не згасало господарське життя і військова факторія розросталася до міста, Преторій ставав місцевою адміністрацією.

Також існує опис каstrumu, виконаний на початку нашого літочислення невідомим автором, якого позначають Псевдо-Гігіном [17]. У ньому табір вже не квадрат, а прямокутник, витягнутий вздовж головної осі. Окрім Головної і Преторіанської, можна викоремити ще дві структурні вулиці табору. Уздовж осьової Преторіани в ар'єргардній частині табору розміщувалося десять рядів палаток, між п'ятим і шостим проклали допоміжну П'яту вулицю (Via

Quintana), яка була паралельна до Головної (Principalis). І найважливіша кільцева вулиця під оборонним валом — «воєнна» (Via Sagularis) — призначена безпосередньо для оборони.

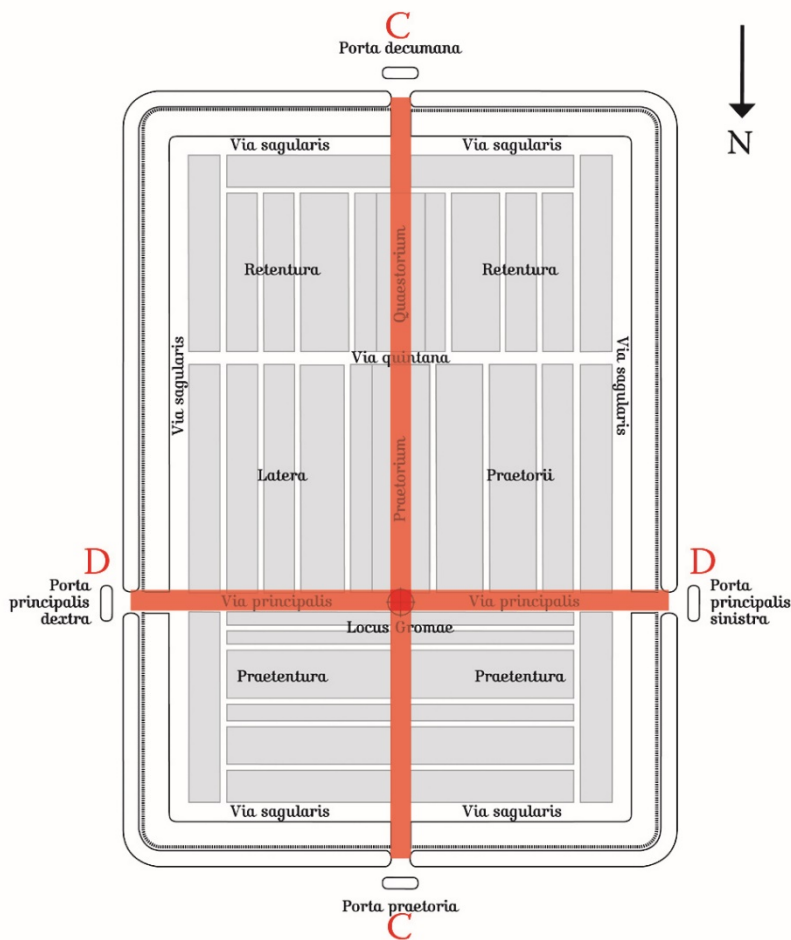


Рис. 2. Маршовий табір легіону за Псевдо-Гігіном, 1–2 рр. н. е.

Заглиблюючись у витoki історії, справа стає ще більш плутаною — розпланувальна опозиція «право і ліво» несподівано міняється місцями з парою «верх і низ». Здавна розміченням і освяченням кастрому займалися етрусські жерці, гаруспіки. За «*Libri Rituales*», земний квадрат *templum* вони «поділили на дві частини: правою назвали ту, що до півночі, лівою — до півдня; межу проклали зі сходу на захід, адже в цьому напрямку дивляться сонце і місяць... Ще гаруспіки розмежовували ґрунт з півдня на північ, назвав-ши західну частину передньою, а східну — задньою. Засновуючись на цьому, — пише у військовому трактаті I ст. н. е. Секст Юлій Фронтін, — предки наші встановили правила розмірювати поля. Спочатку вони проводили дві межі: зі сходу на захід, яку називали декуманом, і другу, з півдня на північ, назвавши її кардо. Декуман ділив ділянку на праву і ліву частини, кардо — по цей і по той бік» [17, с. 27–29].

У Полібія ж і Псевдо-Гігіна на праву і ліву сторони майданчик ділить лінія кардо (Via Praetoria), тобто все навпаки.

Етимологічно та за походженням

Злий жарт із нашими дослідниками історії архітектури та істориками загалом зіграла відсутність загальної класичної освіти, скасованої більшовиками сто років тому. Незнання класичних мов, зокрема найпростішої і водночас найнеобхіднішої, латини, наче автоматично відвело кудись в бік широкий масив першоджерел. Тож про речі, здавалося б, очевидні, радянські гуманітарії часто дізнавались з переказів більш продвинутих попередників.

Отже, почнімо етимологічно. Що таке кардо? У славно-звісному латинському словнику Й. Х. Дворецького зазначено: *cardo* 1) завіса дверей, чіп, цапфа; 2) сторона світу, полюс, вісь світу; 3) демаркаційна лінія з півночі на південь (на відміну від *limes desumanus*, лінії, яку проводили зі сходу на захід); 4) пори року, *cardo anni* — літнє сонцестояння; 6) вісь, обертова точка, центр тощо. Разом дев'ять тлумачень [5, с. 122].

Таким чином, «кардо» сприймається як осьова сутність, що співвідноситься, серед іншого, зі світовими полюсами. У цьому контексті прикметно, що *cor/cordis* латиною означає серце, душу, а також розуміння і характер. За іронією долі, карданний вал, який передає обертальну силу колесам, своєрідне серце ходової частини автомобіля, отримав назву не від «серця», а просто за іменем такого собі Джироламо Кардано, який у XVI ст. описав давно використовуваний принцип передавання обертального моменту між різноспрямованими валами. Також існує ще одне мало згадуване, «архітектурне» значення коренеслова *Carda* (*Cardea*). У тому ж словнику читаємо: Карда — «римськ. богиня завіс дверей, берегиня домашнього вогнища (святкування на її честь відбувалися 1 червня)». Одним словом, Карда — богиня-покровителька домашнього вогнища, а отже і всього дому. Цілком архітектурно. Очевидно, міжнародний День Архітектури свого часу призначили на 1 липня навмисно, і діяв він до 1996 року (схоже, клерки з ЮНЕСКО свідомо цілили і випадково схибили, на один місяць).

Але детальніше про вулицю «декуманус». Чудова перекладачка більшості романів Умберто Еко, киянка Олена Костюкович, 2007 року опублікувала книжку про італійську кухню «Їжа», укладену за географічним принципом.

У розділі «Емілія-Романья» описано влаштування традиційних італійських міст уздовж прямої, наче стріла, віа Емілія, прокладеної 187 р. до н. е. консулом Марком Емілієм Лепідом.



Рис. 3. Віа Емілія у Римську епоху

Дорога з'єднала адриатичний Ріміні на південному сході, через долину По і П'ємонт із Сен-Бернарським перевалом на північному заході — єдиним античним переходом через Альпи. Таким чином, до сторін світу віа Емілія орієнтована по діагоналі, звідси зміщення розпланувальних осей кожного міста (і кожного вихідного каструму). «Віа Емілія нанизує на себе міста Болонью, Модену, Реджо-Емілія, Парму і П'яченцу, Імолу, Фаенцу, Форлі, Чезену, і майже всюди в цих містах вона стає головним міським «декуманом». «Декуман» — слово з лексику давніх римлян. Досі чимало еміліанських міст зберігають розміщення за давньоримським принципом квадратів. Це наслідок так званої центурації, прийнятої в «громатичному мистецтві» (так у Давньому Римі називалася землемірна справа). Подібно до нью-йоркських авеню і стріт, міські вулиці у містах античної римської імперії були перпендикулярні і паралельні і звалися «кардами» (поперечними) і «декуманами» (поздовжніми). Вони утворювали квадратні ділянки зі стороною приблизно 710 метрів (тобто 200 римських футів плюс ширина проїзду — *B. C.*)» [10, с. 281].

З цієї історії випливає, по-перше, що відповідно до орієнтації Віа Емілія первинний для кожного міста каструм був повернутий відносно півночі за годинниковою стрілкою, тобто кардо вказує на північний схід. По-друге, у наведеному сюжеті присутня незначна, але цілком традиційна плутанина: декуман кожного міста збігається з генеральною Емілієвою дорогою, і тому автор називає декумани вулицями «поздовжніми», а «кардо» поперечними. Здавалося б, поздовжня–поперечна, чи не все одно? І так і сяк у клітинку. Проте, послуговуючись авторитетом Полібія, наголошуємо, саме кардо —

осьова, спрямована на противника вулиця. Тобто у давніх римлян кардо, навпаки, «поздовжня», а декуман — «поперечна» вулиці.

Саме таке розходження у дефініціях дозволяє плутатися в особливостях розпланування в більш неоднозначних і віддалених від італійського центру випадках. Наприклад, у розплануванні історичного Києва.

Античне розпланування Києво-Подолу

У схематичному розплануванні Києва початку II ст. н. е., реконструйованому нами у 2012–2019 рр., положення римського каstrumu показано на підоснові інструментального плану «середньовічного» Подолу, до Великої пожежі, і, відповідно, на плані сучасного міста [6, 7, 8].

Географ Птоломей Александрійський II ст. н. е. вказує на точні координати і називає назву міста на річці Борисфен, на місці майбутнього Києва — Азагарій [Ptol., III, 5, 13–15]. Виконати реконструкцію первинного розпланування каstrumu Азагарій допомогла аналогія до римського табору Віндобона, місто Відень, закладеного у 116 р. н. е. (приблизно в той же час закладено і каstrum на території Азагарія), а також розпланувальні сліди кийвського каstrumu, що легко читаються на точних інструментальних планах Подолу 1740–1803 рр. [8, с. 64–75]. Після Великої пожежі 1811-го Поділ радикально перепланували 1815 року; за проєктом петербурзького архітектора В. Гесте він отримав теперішню рівномірну клітинку. Але навіть після жорсткого кресленика Гесте, який багато в чому ігнорував попередню розпланувальну основу, на сучасному плані Подолу видно чіткі сліди римського каstrumu: контури форуму, головної площі, Контрактової; східну межу каstrumu, закарбовану у трасуванні провулку Хорива; Преторій на перетині головних вулиць каstrumu, що геометрично збігається з так званим «будинком Петра I» тощо.

Відповідно до чітко встановлених меж античного каstrumu на території Подолу очевидно прочитуються траси його головних вулиць. Так кардо (Via Praetoria) іде з півночі на південь, приблизно від перехрестя вулиць Межигірської і Ярославської (ар'єргардні ворота, Porta Decumana), через перехрестя вул. Костянтинівської і вул. Хорива (Преторій), до авангардних воріт (Porta Praetoria) в межах Т-подібного перехрестя вул. Фролівської з Боричевим током (одна з найдавніших вулиць міста).

Положення подільського декуману, Via Principalis, у сучасному плані теж можна чітко означити: Східні ворота — на перехресті теперішньої вул. Спаської і провулку Хорива; Західні ворота — на перетині Верхнього валу і вул. Житньоторзької, буквально біля головного входу до критого Житнього ринку. Середина декуману — біля «будиночка Петра I», стіни якого паралельні вулицям античного Азагарія.



Рис. 4. Поєднання плану Подолу 1803 р. з сучасним супутниковим фото та реконструкція розташування Полібієва міста Азагарій:

А – центральне перехрестя каstrуму / Преторій; BBBB — периметр каstrуму; CC — Віа Преторіана (кардо) / Північні та Південні ворота; DD — Віа Принципаліс (декуманус) / Східні та Західні ворота; QQ — Віа Квінтана.

Реконструкція Б. Єрофалова та А. Шалигіна 2017 р.

Як і в містах італійської Емілії, київський декуман поєднує зовнішні, найважливіші для міста пункти. На сході це пристань і вхід у Гавань, гирло Почайни, позначена однією з перших християнських церков Києва, Іллінською. На заході декуман продовжувався вздовж вулиці Верхній вал до Вознесенського узвозу, що піднімався на гору Хорива.

Це давньоруський Копирів кінець, сучасний маєток Національної академії мистецтв і архітектури. Тут був хозарський центр міста у VII–IX ст. н. е. Прикметно, що траса уздовж подільської вулиці Хорива максимально наближена до античного декуману, що вів на однойменну гору, Хорива, і сама назва вулиці — один із найдавніших топонімів міста [там само, с. 215].

Для розуміння загальної розпланувальної конструкції Азагарія не менш важливо означити орієнтацію подільського кардо щодо зовнішніх орієнтирів. Як говорилося вище, південний його вихід, Porta Praetoria, розташовувався на перехресті вул. Фролівської і Боричевого току.

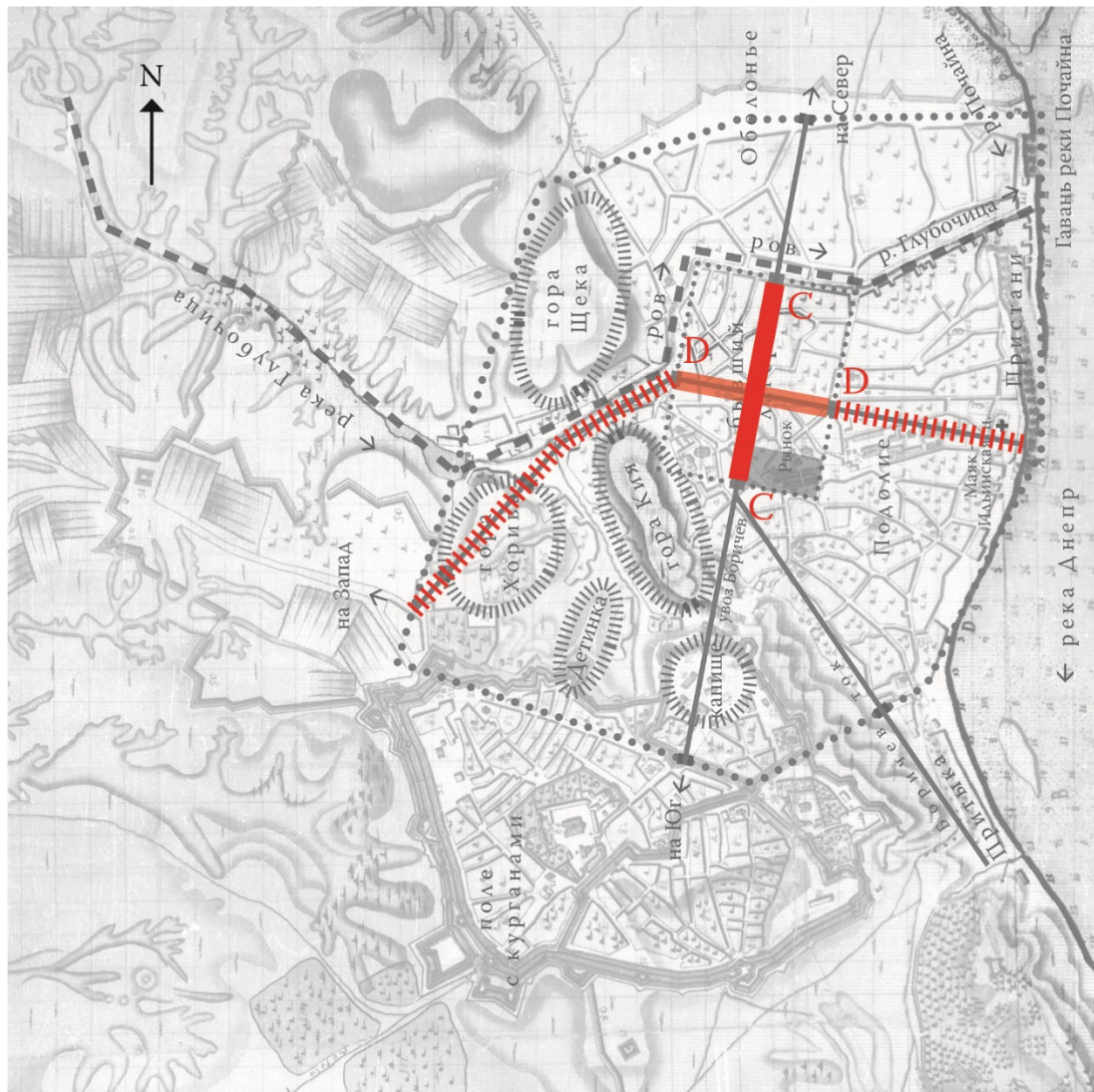


Рис. 5. Кардо Азагарія II–IV ст. н. е.
(на підставі плану Києва 1750 р.): CC – кардо; DD – декуман.
Реконструкція Б. Єрофалова, 2017 р.

Це головні ворота каstrуму, виходячи з яких, Віа Преторія, роздвоюючись, вела на південь і південний захід. Дорога на південь, до пристаней, де зараз Поштова площа — це Боричів тік, що й досі існує у первозданному вигляді. Своєю чергою, крутий підйом на південний захід вів на акрополь Азагарія (більш пізні його назви — град Боричів, град Київ, Замкова гора, Киселівка і просто Гора). Цей підйом — літописний узвіз Боричів, сучасний Андріївський. Нагорі узвозу, біля Андріївської церкви, були так звані Київські ворота, звідси, від літописного Бабиного торжку головні сухопутні дороги вели на захід, на південь і до Печерську.

Софійський Собор і розпланування граду Ярослава

Розглядаючи план граду Ярослава, закладеного 1017 року, важко (швидко і однозначно) сказати, яка з його головних вулиць кардо, а яка декуманус, адже

обидві вони злегка повернуті до осі Дніпра, який біля Києва тече строго з півночі на південь. Крокуючи Хрещатиком від Дніпра, здається, що рухаєшся на захід, насправді — скоріше на південь. Відповідно, хибним є враження, що найбільш наближеним до кардо у Ярославовім граді, тобто до північного напрямку, є шлях від Майдану (давні Лядські ворота, пізніше Печерські) до Львівської площі (ворота Жидівські, згодом Львівські). На плані це вулиці Софійська і Стрітенська, вони лежать на одній прямій.

Так, наприклад, Ю.С. Асеєв пише, мимоволі плутаючи північний і західний вектори: «У граді Ярослава чітко простежується вісь, що йде із заходу на схід від Золотих до Софійських воріт граду Володимира (її продовженням стає головна вулиця дитинця, що вела від Софійських воріт до Бабиного торжка) і намічається перпендикулярна вісь із півночі на південь (від Львівських до Лядських воріт). Орієнтація осей на кілька градусів зсунута від компасного напрямку на так званий літній схід, що свідчить про те, що розбивка міста відбувалася у весняний час (орієнтація Софійського собору зі значних ухилом на літній схід дає підстави припустити, що його закладення відбувалося посеред літа — в середині червня). Вісь захід–схід відповідає теперішній орієнтації вулиці Володимирської, а північ–південь — вулицям Поліни Осипенко і Калініна (нині Стрітенська і Софійська — *Б. Є.*). Довжина осі захід–схід — приблизно 800 м, а з відрізком вулиці, що веде від Софійських до Київських воріт — близько 1200 м. Довжина осі північ–південь від Північних воріт (маються на увазі Жидівські ворота. — *Б. Є.*) до крайки відкосу, що спускається в бік Хрещатика, — також близько 800 м, а з відрізком Софійської вулиці, що спускається до площі Жовтневої революції (Хрещатика), — 1200 м.

Не викликає сумнівів, що містобудівничі, які розпланували град Ярослава, виходили з винайденої ще за античності, і зокрема в римській архітектурі, системи, за якою дві головні вулиці (“кардо” і “декуманус”) перетинаються під прямим кутом. На цьому перетині зазвичай розташовували головні композиційні доміанти міста. Цього принципу дотримувались і у візантійському містобудуванні [4, с. 61]. Привертає увагу те, що Софійський собор поставлено не у створі цих магістралей, а поряд із ними, але так, щоб собор візуально відкривався у перспективі. Це аналогічно до розміщення Софійського собору у Константинополі щодо створу головної вулиці міста — Меси. Л.М. Тверской зауважував безперечну залежність від спрямованості головної вулиці Києва монастирів Ірини і Георгія, які стояли обабіч цієї магістралі перед підходом до воріт Софійського собору [15, с. 25]. Усе це безумовно свідчить про одночасний композиційний задум усього ансамблю

граду Ярослава і будівництво його трьох монументальних споруд після розпланування нової частини міста» [2, с. 43–45].

Вибачайте, але така розлога цитата для нас принципово важлива, адже в ній уперше чітко визначена наявність у граді Ярослава рівновеликих осей кардо і декуманус, 1200 x 1200 м, а вулицю Володимирську справедливо порівняно з константинопольською Месою. Утім, диявол, як завжди, в деталях. Тому розберемо по черзі.



Рис. 6. Нове кардо Києва XI століття (на основі інструментального плану Києва 1750 р.): АА — кардо Азагарія; ЯЯ — кардо града Ярослава; АЯ — інтеркардо (увіз Боричів / Андріївський узвіз)

Справді, мандруючи містом, складно визначитися з прив'язкою Хрещатика до сторін світу, адже він спрямований «від ріки» і наче перпендикулярний до Дніпра, отже, Хрещатик вказує на захід? І відповідно, головна вулиця граду Ярослава, «кардо», що йде вгору від Майдану, веде на північ? Так у Асеєва. Це традиційна помилка. На жаль, Хрещатик веде радше на південь, ніж на захід, а вектор Софійська–Стрі-тенська, відповідно, схиляється ближче до заходу, ніж до півночі. Звідси перша похибка: Софійська–Стрітенська — це не кардо граду Ярослава, але, виходячи з орієнтації схід–захід, — декуман. Отже, кардо — це теперішня вулиця Володимирська. Імовірно, Юрій Сергійович не надавав значення таким подробицям, адже від тлумачення «кардо–декуманус» мало що залежало в архітектурних реконструкціях храмів Давньої Русі.

Друга неточність у наведеній цитаті Асеєва полягає у припущенні того, що великий Ярославів град закладали як храм (наприклад, Софійський собор), виходячи з орієнтації на «літній схід» чи якимось іще календарно-астрономічно і за святцями. Саме так зазвичай закладали церкви на Русі: у день тезоіменитого святого у майбутньому вівтарі встановлювали хрест, і зі сходом сонця тінь від хреста вказувала напрямок головного нефа при розміченні будівлі. Втім для великого міста напрямок головних вулиць задавався не «світанком», а переважно функціональними потребами, топографією і ортогональним взаємоположенням основних доріг (як ми спостерігали на прикладі Віа Емілія).

Про те, що час закладення Софійського собору та граду Ярослава не збігаються, свідчить безглузде, з містобудівної точки зору, розташування собору щодо головного перехрестя граду (перетин кардо і декуманус), це нинішня Софійська площа. Собор звернений до площі не головним західним входом, а тильною стороною, східними апсидами. Водночас у Константинополі Айя-Софія дивиться на головне перехрестя міста (там, де Міліон) лицем, тобто західним фасадом.

Київський літописець повідомляє, що закладення Ярославого граду відбулося 6545 року (1037 р. н. е.). Думки ж дослідників щодо початку будівництва Св. Софії розходяться, оскільки деякі графіті всередині собору датовано ранішим часом. Гіпотетичним роком закладення храму називають 1017-й [1, 4, 11, 13, 16]. Ми в свою чергу додамо, що міське розпланування лише підтверджує високу імовірність закладення собору раніше, ніж граду Ярослава. Так, для великої Софійської церкви було обрано найкраще місце на підвищенні «на полі за градом», там, де щойно, 1017 року, розбили половців. Це було вільне місце поряд із Софійськими воротами граду Ольги–Володимира. Дорога звідси вела на південь, до нового княжого граду

Василева. Тобто це вектор північ–південь, кардо, на якому незабаром зведуть і град Ярослава.



Рис. 7. План Верхнього Києва XI–XIII ст. за Ю. Асеєвим. Ворота: 1 — Золоті; 2 — Жидівські (Львівські); 3 — Софійські; 4 — Лядські (Печерські); 5 — Київські; Д — Десятинна церква; С — собор Св. Софії; М — Михайлівський Золотоверхий собор; І — Іринінський монастир; Г — Георгіївський монастир



Рис. 8. Абрагам ван Вестерфельд. Апсиди Софійського собору, вид із головного перехрестя града Ярослава, 1651 р.

Своєю чергою, 1037 року, під час закладення навколо Св. Софії нового граду Ярослава, перпендикулярна вісь схід–захід (декуман) з'єднала Лядські та Жидівські ворота. Оскільки це відбулося вже після початку будівництва Софії, перетягнути розпланувальний вектор декуману, завдовжки 1200 м, на південь від собору, перед його лицем, у містобудівничих не було ніякої можливості. Конфігурація плато розташування головних воріт, що відповідно кріпилися до основних доріг, кардо і декуману, не дозволяли цього зробити. Таким чином Св. Софія дивиться на головне перехрестя і водночас головний майдан Ярославого граду східним, тобто тильним фасадом із апсидами.

В цьому можна вбачати навіть промисел Божий, адже головна апсида собору — славнозвісна Нерушима стіна із Орантою в інтер'єрі.

Золоті Ворота Києва і Константинополя

Яка ж містобудівна роль київських Золотих воріт? Реконструюючи оборонні укріплення граду Ярослава, Ю. С. Асєєв пише: «Від Львівської пл. вал йде на південний схід по західних відрігах Київського плато вздовж вул. Ярославів вал до Золотих воріт, що виходили на заболочену заплаву річки Либідь. Передмість перед Золотими воротами не було і найважливіші шляхи через них не проходили: їхнє зведення більше мало характер центру тріумфального міського фасаду, зверненого на південь, у бік Царгорода» [2, с. 41–43]. Тут відверта суперечність: ворота головні, а дорога не головна.

Античне розпланування Києво-Подолу дозволяє уточнити контекст і деталі. Золоті ворота з надбрамною церквою справді були тріумфальним фасадом, зверненим у бік Константинополя. І навіть більше, вони увінчували найважливіший шлях, що в античні часи вів до римського лімесу, через теперішні Васильків, Фастів і Кам'янець-Подільський. Тому на цьому шляху правильніше вести відлік у зворотному напрямку, адже саме з Риму у факторію Азагарій-на-Борисфені прийшла технологія закладення військового табору, сліди якого дотепер зберігаються у розплануванні Подолу.

Навіть сама конструкція київського деревоземляного валу великокнязівських часів, поряд із численними «змієвими валами», має римське походження. За дев'ятсот років до закладення граду Ярослава цю технологію добре засвоїли у Середньому Подніпров'ї [8, с. 168–179]. У наших варіантах реконструкції шляху римського легіону [там само, с. 114–127], що враховують топографію, наявність давніх городищ і топоніміку, кінцевий відрізок, від Василькова до Києва, проходив єдино можливим чином: через передмістя Деміївку і переправу через річку Либідь біля теперішньої Либідської площі, далі по трасі сучасних вулиць Великої Васильківської, Антоновича, через Університетський сквер і вул. Володимирську, минаючи

Золоті, Софійські і Київські ворота — до Боричевого/Андріїського узвозу і так до міста Азагарія.

Звідси природним чином походить напрям головної розпланувальної осі середньовічного Києва, що наслідував план і дороги античного Азагарія. Корис-тую-чись термінологією римською «громатичного мистецтва», кардо нового граду Ярослава — це відтинок Володимирської вулиці від Київських воріт (місце біля Андріївської церкви), через Софійські ворота (біля перехрестя з вул. В. Житомирською) і до Золотих воріт. Тобто ті самі 1200 м, про які говорить Асєєв.

Боричів узвіз поєднав «карди» Нижнього і Верхнього градів, від Преторіанських воріт Азагарія до Київських воріт граду Володимира, таким чином узвіз був чимось на кшталт проміжного кардо великого Києва X–XIII ст., назвімо його доречним латинським чином — інтеркардо.

Оскільки Ю. С. Асєєв вказував на розпланувальну подібність Києва до Константинополя, згадуючи київські Золоті ворота, розберемо, що спільного між київськими і Золотими воротами Царгороду? І одні, і другі вбудовані у зовнішню оборонну систему міста. І тут і там вони протилежні початковій точці відліку міста від води, від Дніпра та Босфору. І одні, і другі розташовані на головній магістралі, що вела до Рима: у Константинополі — на старій Егнацієвій дорозі, у Києві — на шляху до переправи через Либідь біля Деміївки. Але якщо київські Золоті ворота утворюють єдине ціле з архітектурним ансамблем Св. Софії, то константинопольські віддалені від Айя-Софії на п'ять миль. Зрештою, київські Золоті ворота — це кардо, а царгородські — декуман.

Нульова миля у Константинополі і Поштова у Києві

Головна поздовжня вулиця Константинополя, що у функції декуману вела від протоки Босфор на захід, грецькою називалася Меса, Серединною вулицею, яка, як бісектриса, розтинала півострів на дві рівні частини [7, с. 126, 129, 135]. Продовжуючи киево-константинопольський ряд, «Месою» античного Азагарія можна назвати подільську вулицю Хорива, за двома ознаками. Вона максимально наближена до декуману Азагарія і в теперішньому розплануванні буквально збіга-ється з ним на відтинку від церкви Миколи Притиска до «будиночка Петра». По-друге, так само, як і константинопольська Меса, вона веде від гирла головної гавані міста (у Константинополі — Золотий Ріг, у Києві — Почайна) на захід, до центру міста. У Києві старий декуман веде до Вознесенського узвозу на гору Хорива, це середньовічний Копирів кінець і торговельний район Жидове неподалік теперішньої Львівської площі [8, с. 219].

Своєю чергою, розташування кардо Азагарія очевидне з реконструкції подільського каструму: вектор з півночі на південь, через «Будиночок Петра» і до Андріївського узвозу. Чи можна віднайти кардо великого Константинополя у живописному плані сучасного Стамбула? У розквіті своєї могутності Царгород — це вже не античне, а середньовічне місто з майже мільйонним населенням, і розпланування його видається занадто складним і заплутаним. Проте якщо спертися на базові принципи побудови римського, а згодом і ромейського міста — «кардо і декуманус» — чимало з об'єктів, що неначе підвішені в повітрі міського плану, набувають свого єдино можливого положення. Підказкою до розшифрування константинопольського ребусу є так звала Нульова миля, або Міліон. Це тетра-пілон, будівля на чотири стовпи і чотири портики, яку зводили у стратегічно важливих містах на перетині головних вулиць-доріг і яка правила за символ величі Риму (наприклад, тетрапілони у Лептисі-Магні, Капаррі, Пальмірі, Рутупіях, Сармізегетузі, Тевесті, Тімгаді тощо). Тетрапілон — це щось на кшталт тріумфальних воріт, на всі чотири сторони, чотириотвірна арка. Нульову милю у Візантії / Новому Римі збудував Костянтин Великий при перенесенні сюди столиці Римської імперії у 330 році [9, с. 150–151].



Рис. 9. Міліон або Нульова миля в Константинополі 330 р. н.е., реконструкція

На сторонах константинопольського тетрапілону були висічені цифри в милях, що означали відстані до міст Імперії. На його фризах розміщували барельєфи із фрагментами змагань на іподромі, що не випадково. Іподром, центр політичного життя міста, знаходився безпосередньо на південь від

Міліона, на північ лежав давній акрополь Візантія. Вісь акрополь–іподром — це і є константинопольська карда. Через особливості топографії і враховуючи будівлі Візантія, які існували до Костянтина, у плані вісь сильно повернута за годинниковою стрілкою на північний схід, «на дві години». Разом із Месою вони перетинаються у Нульовій милі.

Отже, ми розчовпали, що таке «кардо» і «декуман» як містобудівний принцип і який відбиток вони наклали на розпланування і будову історичного Києва і Константинополя.

Затвердимо, що кардо або карда — осьова міська магістраль, максимально наближена до напрямку північ–південь, яка має векторні характеристики, певну бажану спрямованість — функціональну, ідеологічну і композиційну. Декуман (ми підтримаємо милозвучну транскрипцію терміна, без латинського закінчення “s”) — це міська магістраль, що перетинає карду, з орієнтацією схід–захід, яка має ознаки міського центру і сполучається з головними зовнішніми дорогами.

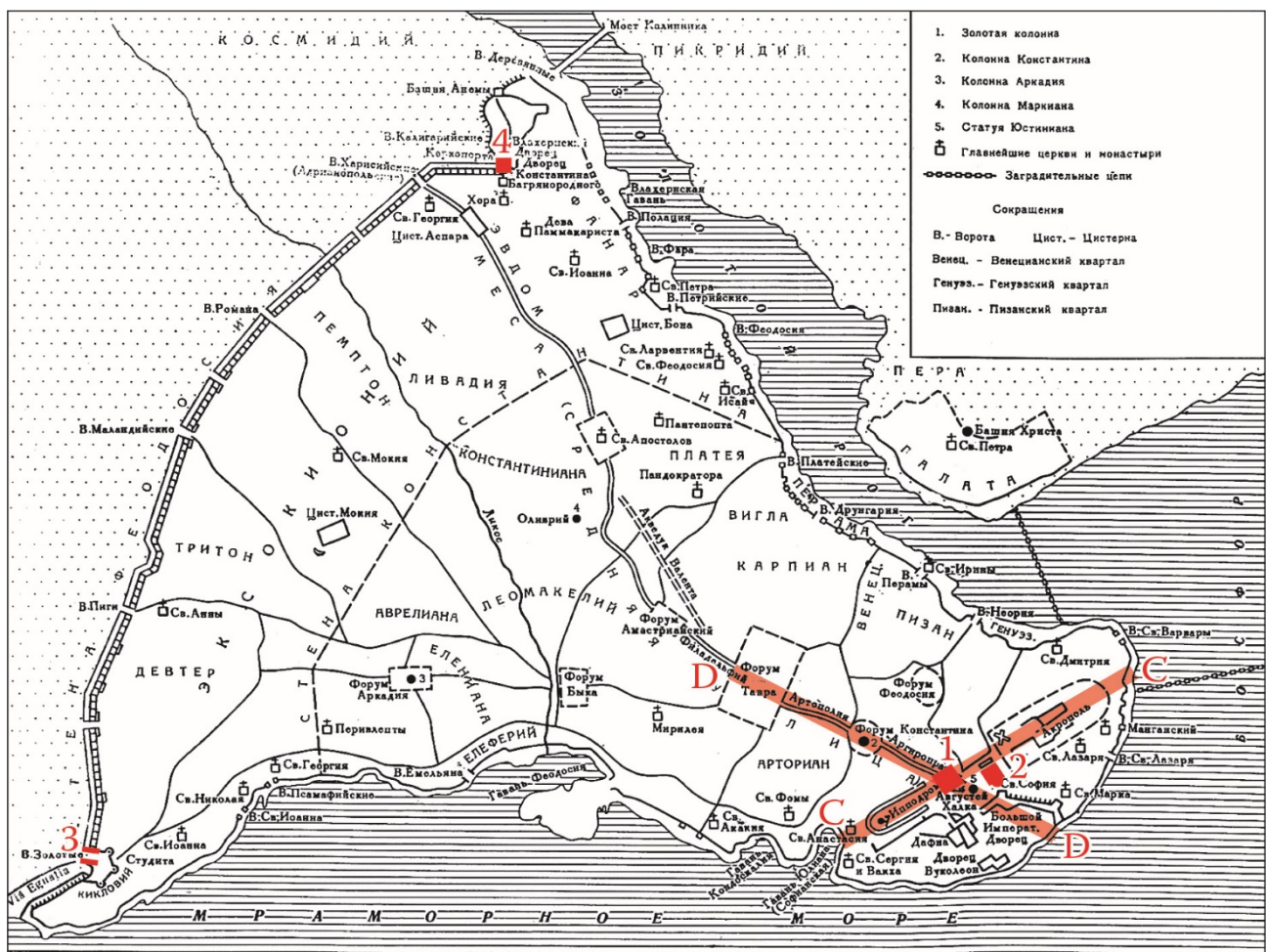


Рис. 10. Кардо і декуман у плані Константинополя V ст. н. е.: CC — кардо; DD — Декуман; 1 — Нульова миля; 2 — Аїя-Софія; 3 — Золоті ворота; 4 — Влахернський імператорський палац. Реконструкція Б. Єрофалова, 2021

Якщо користати римську розпланувальну термінологію і припустити існування певної великої карди в Києві нового часу, знаменним виявляється рішення В. І. Беретті, який, закладаючи у 1834 році комплекс Університету, спланував Велику Володимирську (від граду Володимира до університету Св. Володимира) як головну вулицю нового «регулярного» Києва. Водночас, мимо волі, класицистичний архітектор подовжив велику столичну карду Києва II–XI ст., тобто меридіанальний нерв античного міста Азагарія і княжого граду Ярослава. Проте з середини XIX ст. стара лінія кардо (відрізок Костянтинівської на Подолі + Андріївський узвіз + вул. Велика Володимирська) на роль нової загальноміської осі вже не годилася.

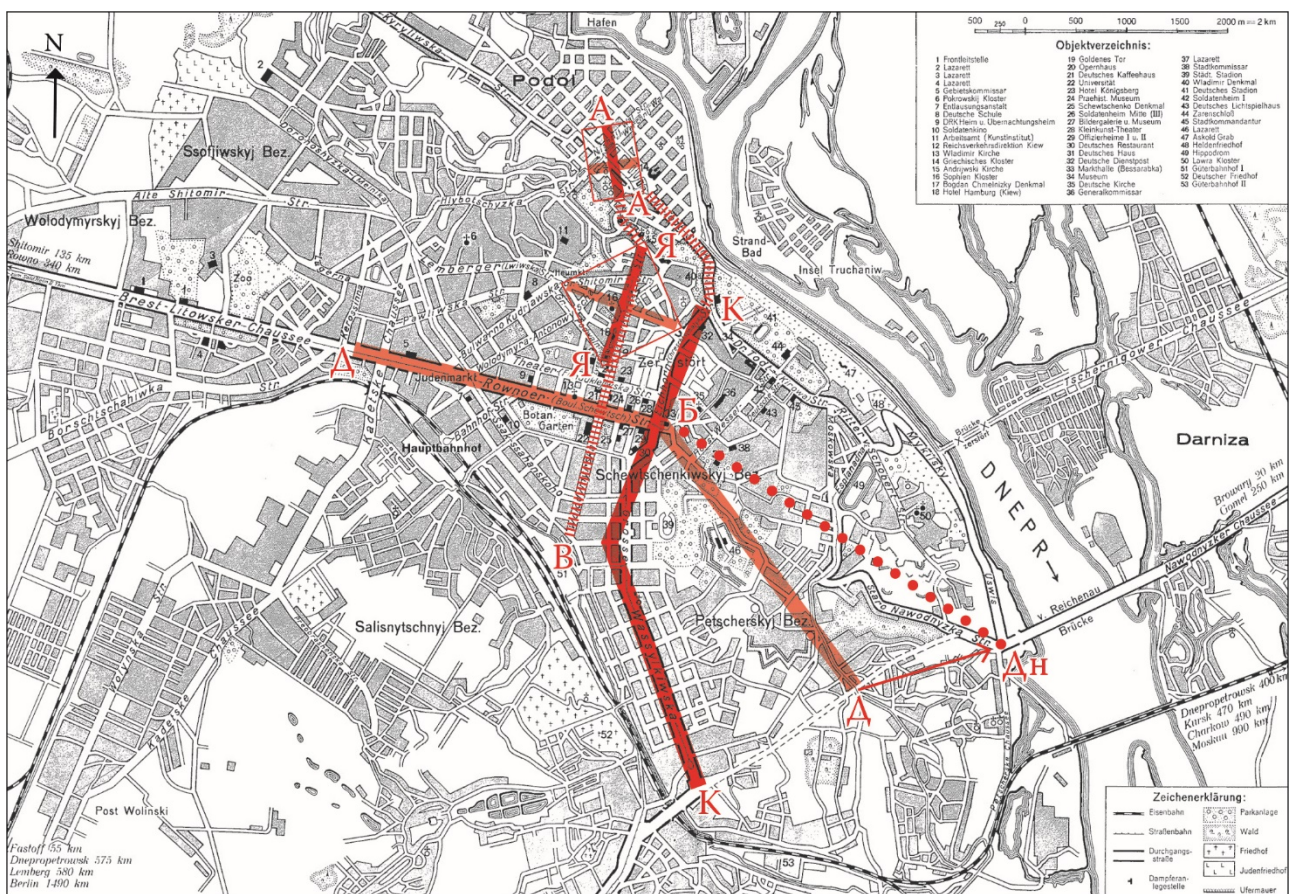


Рис. 11. Зміщення кардо та декумана Києва у XX столітті (на підоснові 1943 р.): AA — кардо Азагарія; ЯЯ — кардо міста Ярослава; АЯ — інтеркардо міста Ярослава; ЯВ — кардо 1834 р. (вул. Володимирська); КК — нова карда Києва; ДД — новий декуман; Б — Бессарабський вузол; КА — нове інтеркардо (Володимирський узвіз); Дн — переправа через Дніпро (локація сучасного мосту ім. Є. Патона).

Реконструкція Б. Єрофалова, 2021

Так відбувається насамперед тому, що центр міста змістився на південь, інтегруючи Печерськ, і новою віссю північ–південь стала вулиця, прокладена у тальвегу на межі Старого Києва і Липок — це Хрещатик. Так само, як

Велика Володимирська через Андріївський узвіз єдналася з Подолом, Хрещатик не менш послідовно з'єднувався з Контрактовою площею (колишнім форумом Азагарія) через Володимирський узвіз.

Не випадково на початку ХІХ ст. саме від поштової станції на зломі Олександрівської вулиці (зараз тут Поштова площа) відраховувалися верстви до Києва. Це київська «Нульова миля». У ХХ столітті пошта перемістилася безпосередньо на Хрещатик. Таким чином, сьогодні функцію «кардо» великого Києва виконують Хрещатик і Велика Васильківська. Рівновелика поперечна вісь схід–захід остаточно склалася лише у другій половині ХХ ст. — із прокладанням бульвару Лесі Українки, який продовжив бульвар Тараса Шевченка (колись просто Бульвар) на схід. Тобто новий «декуман» Києва — це така собі Бульварна магістраль, що перетинається з Хрещатиком у Бессарабському вузлі.

Безумовно, можна скільки завгодно піддавати сумнівам правомірність застосування римсько-візантійських містобудівних понять «кардо» і «декуман» щодо сучасного міста. Утім, розпланувальна структура центральної частини Києва в межах межиріччя Дніпра і Либеді склалася не враз, а упродовж двох тисячоліть послідовного міського розвитку, тому базові принципи, які визначали основні риси і напрями зростання, критично важливі для розуміння урбаністичної конструкції міста й донині.

Список бібліографічних посилань

1. *Асеев Ю. С.* Про дату будівництва київського Софійського собору // *Археологія*. К., 1979. Вип. 22. С. 3–12.
2. *Асеев Ю. С.* Архитектура древнего Киева. К., 1982.
3. *Бунин А. В.* История градостроительного искусства: в 2 т. М., 1953. Т. 1. Рабовладельческий строй. Феодализм. Капитализм.
4. Всеобщая история архитектуры: в 12 т. М.; Л., 1966. Т. 3.
5. *Дворецкий И. Х.* Латинско-русский словарь: ок. 50 000 слов. М., 1986.
6. *Ерофалов Б., Шалыгин А.* Римский Киев, или *Castrum Azagarium* на Киево-Подоле // *А+С*. К., 2012. № 3–4. С. 126–149.
7. *Ерофалов Б.* Исторический ландшафт Киева // *А+С*. К., 2018. № 1–2. С. 64–93.
8. *Ерофалов Б. Л.* Римский Киев, или *Castrum Azagarium* на Киево-Подоле. К., 2019. ISBN 978-617-7765-01-0
9. *Ерофалов Б. Л.* Из Киева в Константинополь, или Автопробег из варяг в греки. К., 2020. ISBN 978-617-7533-56-5
10. *Костюкович Е. А.* Еда: итальянское счастье. М., 2007.
11. *Логвин Г. Н.* Новые исследования древнерусской архитектуры // *Стр-во и архитектура*. К., 1978. № 8. С. 30.
12. *Полибий.* Всеобщая история: в 3 т. / пер. Ф. Г. Мищенко. СПб., 1890. Т. I (кн. I–V).
13. *Поппе А.* Графіті й дата спорудження Софії Київської // *Укр. історичн. журнал*. К., 1969. № 6. С. 103.
14. *Птолемей, Клавдий.* Руководство по географии // *Античная география*. М., 1953.
15. *Тверской А. М.* Русское градостроительство до конца XVII века. Л.; М., 1953.

16. Толочко П. П. Древний Киев. К., 1976.
17. Domaszewski, A. von. Hygini Gromatici, Liber De Munitioibus Castrorum. Leipzig, 1887.
18. *Frontin*. Kriegslisten. Lateinisch und Deutsch von Gerhard Bendz. Berlin, 1978.

Boris Erofalov,
Kyiv National University of Construction and Architecture

CARDO AND DECUMANUS IN THE HISTORICAL URBAN PLANNING OF KYIV

The article clarifies conceptual meaning of the classical terms of the ancient gromatic (urban planning) art — "cardo" and "decumanus". The issue of continuity of the Roman, Byzantine and Old Russian planning traditions is considered on the example of the city of Yaroslav's layout in Kyiv. The planning value of the Golden Gate in Kyiv and Constantinople has been determined. The conclusion is made about the foundation of the city of Yaroslav after beginning of the St. Sophia Cathedral construction. The development of the main planning axis of the city — cardo — is shown in the project of the classical reconstruction of Kyiv in the first half of the 19th and in 20th century. The problem of using traditional terms and concepts of ancient urban planning in modern research and urban planning practice is posed.

In accordance with the clearly established boundaries of the ancient castrum on the territory of Kyiv Podol, the routes of its main streets can be clearly read. So the cardo (Via Praetoria) goes from north to south, approximately from the intersection of Mezhihirska and Yaroslavska streets (rear-guard gate, Porta Decumana), through the intersection of Kostyantynivska and Horiva Street (Praetoria), to the avant-garde gate (Rorta Praetoria) within the T-intersection of Frolivska Street with Borychiv Tik (one of the oldest streets in the city). From this place, the antique Podilska cardo in medieval times continued with Andriyivsky Uzvoz and the cardo of the new town of Yaroslav (1034), and at the beginning of the 19th century. within the limits of the classicist general plan of the city — along Volodymyrska Street to the south. In this way, we record the steady development of the urban planning tradition in Kyiv from the very beginning of the city's existence.

Of course, one can question the legality of the application of the Roman-Byzantine urban planning concepts "cardo" and "decuman" in relation to the modern city. However, the planning structure of the central part of Kyiv within the boundaries of the Dnieper and Lybedi rivers did not develop all at once, but over the course of two thousand years of successive urban development, therefore the basic principles that determined the main features and directions of growth are critically important for understanding the urban design of the city to this day.

Key words: Historical urban planning; cardo; decumanus; castrum; Azagarium of Ptolemy; city of Yaroslav; Golden Gate and St. Sophia Cathedral of Kyiv and Constantinople; Mesa; Milion; Andrievsky descent – st. Velyka Volodymirska; Volodymirsky descent – st. Khreschatyk.

REFERENCES

1. *Aseev Yu.S.* Pro datu budivnitstva kiyivskogo Sofiyskogo soboru // *Arheologiya. K.*, 1979. Vip. 22. S. 3–12. {in Ukrainian}
2. *Aseev Yu.S.* Arhitektura drevnego Kieva. K., 1982. {in Russian}
3. *Bunin A.V.* Istoriya gradostroitel'nogo iskusstva: v 2 t. M., 1953. T. 1. Rabovladelcheskiy stroy. Feodalizm. Kapitalizm. {in Russian}
4. *Vseobschaya istoriya arhitekturyi: v 12 t. M.; L.*, 1966. T. 3. {in Russian}
5. *Dvoret'skiy I.H.* Latinsko-russkiy slovar: ok. 50 000 slov. M., 1986. {in Russian}
6. *Erofalov B., Shalyigin A.* Rimskiy Kiev, ili Castrum Azagarium na Kievo-Podole // *A.C.C.*, 2012. # 3–4. S. 126–149. {in Russian}
7. *Erofalov B.* Istoricheskiy landshaft Kieva // *A S. K.*, 2018. # 1–2. S. 64–93.
8. *Erofalov B.L.* Rimskiy Kiev, ili Castrum Azagarium na Kievo-Podole. K., 2019. ISBN 978-617-7765-01-0 {in Russian}
9. *Erofalov B. L.* Iz Kieva v Konstantinopol, ili Avtoprobeg iz varyag v greki. K., 2020. ISBN 978-617-7533-56-5 {in Russian}
10. *Kostyukovich E. A.* Eda: italyanskoe schaste. M., 2007. {in Russian}
11. *Logvin G.N.* Novyye issledovaniya drevnerusskoy arhitekturyi // *Str-vo i arhitektura. K.*, 1978. # 8. S. 30. {in Russian}
12. *Polibiy.* Vseobschaya istoriya: v 3 t. / per. F. G. Mischenko. SPb., 1890. T. I (kn. I–V). {in Russian}
13. *Poppe A.* Grafitl y data sporudzhennya Sofiyi KiYivskoYi // *Ukr. Istorichn. zhurnal. K.*, 1969. # 6. S. 103. {in Ukrainian}
14. *Ptolemey, Klavdiy.* Rukovodstvo po geografii // *Antichnaya geografiya. M.*, 1953. {in Russian}
15. *Tverskoy A.M.* Russkoe gradostroitelstvo do kontsa XVII veka. L.; M., 1953. {in Russian}
16. *Tolochko P.P.* Drevniy Kiev. K., 1976. {in Russian}
17. *Domaszewski, A. von.* Hygini Gromatici, Liber De Munitionibus Castrorum. Leipzig, 1887. {in German}
18. *Frontin.* Kriegslisten. Lateinisch und Deutsch von Gerhard Bendz. Berlin, 1978. {in German}

DOI: 10.32347/2076-815x.2024.86.92-112

УДК 711

Лепешко А.А.,

anatolii.lepeshko1@gmail.com, ORCID: 0000-0002-6018-3596,
Київський національний університет будівництва і архітектури

ВПЛИВ ІСТОРИЧНОГО РОЗВИТКУ ПРОМИСЛОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ НА ПЛАНУВАЛЬНІ ЗМІНИ ВИРОБНИЧИХ ТЕРИТОРІЙ

Наводиться історична хронологія розвитку технологій на базі яких формувалися промислові підприємства. Кожне революційне відкриття яке впливало на технологічний процес вносило зміни в реорганізацію промислової діяльності та відповідно у формування функціонально-планувальної організації виробничих територій. Проаналізовано технологічні уклади в різних історичних періодах та зображено історичний розвиток певних видів діяльності, що допомагає в цілому зрозуміти формування промисловості та виробничих територій впродовж довгого періоду часу.

Через постійні різноманітні коливання які впливають на промислову діяльність, створюється потреба шукати підходи до її реорганізації та реконструкції в цілях створення більшої гнучкості та адаптивності до таких змін. Таким чином, врахування гнучкості та адаптивності може надати можливість легшої реорганізації та реконструкції при збільшенні та зменшенні промислової потужності, зміні технологій чи діяльності. Відповідно, показники гнучкості мають враховувати різноманітні моделі функціонально-планувальної організації.

Проведений аналіз показує, що вплив історичних подій на формування промислової діяльності є досить сильним, що в кінцевому результаті відображається на функціонально-планувальній організації виробничих територій. Дана стаття розглядає зміни промислової діяльності в історичному проміжку часу XVII – XXI ст. тим самим звертає увагу на періодичні зміни які вимагають реконструкції та реорганізації виробничих територій.

Також слід зазначити, що кожний рівень промислової діяльності з відповідною потужністю може реалізовуватися як повноцінна, збалансована планувальна модель з розрахунку кількості працівників у міському чи сільському населеному пункті. Основними рекомендаціями які надаються в даній статті є врахування історичного досвіду впродовж декількох століть для розуміння можливих хронологічних змін в майбутньому. Таким чином, проведення реорганізації та реконструкції виробничих територій може враховувати перспективні потреби до збільшення або зменшення промислової потужності.

Ключові слова: промислова діяльність; виробничі території; реконструкція; реорганізація; населений пункт; технологічний уклад; функціонально-планувальна організація.

Постановка проблеми. Економічний розвиток територій в різних регіонах має різний відсоток залежності від *промислової діяльності*, що свідчить про необхідність її провадження. В багатьох випадках доводиться зіштовхуватися з проблемними питаннями, щодо ефективності використання *виробничих територій*. На сьогодні залишаються питання, щодо необхідності проведення *реконструкцій та реорганізацій виробничих територій* які раніше вже використовувалися і на теперішній час визначаються як малоефективні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останні дослідження показують, що *технологічні уклади* постійно змінюються, що призводить до необхідності *реорганізацій та реконструкцій* промислових підприємств. Питання *технологічних укладів* висвітлюють у своїх наукових працях такі вчені як: Валентин Василенко [1], Мартін Гілберт [2], Гавриленко А.С. [3] та інші. Одними з сучасних науковців які висвітлюють в останніх публікаціях питання *реконструкції виробничих територій* є: Бірюк С.П. [4], Підгрушний Г.П., Бикова М.Д. [5] та інші.

Актуальність і новизна. Дане питання набуває актуальності як в міських так і сільських *населених пунктах* через потребу, з одного боку, стимуляції економіки, з іншого боку, ефективного використання територій. Також, Цілями сталого розвитку України на період до 2030 [6] №8, 9 та 12 передбачене економічне зростання та індустріальний розвиток. Новизна дослідження проявляється у можливому аналітичному підході врахування *технологічних укладів* з розвитком *промислової діяльності* впродовж певного періоду часу при *реорганізації та реконструкції виробничих територій* в міських та сільських *населених пунктах*. При цьому, таке врахування зумовлюється при врахуванні різних видів *промислової діяльності*, що вимагає індивідуалізованого підходу та вивчення історичних процесів формування діяльності суспільства в цілому.

Мета і методи дослідження. Дана стаття написана для пошуку аналітичного підходу до *реорганізації, реконструкції і розвитку виробничих територій населених пунктів*. Поданий нижче матеріал передбачався для відповіді на питання послідовності формування *виробничих територій*, що в свою чергу створює підґрунтя для визначення заходів розвитку *промислової діяльності*. При дослідженні даного питання використовуються методи: аналізу, синтезу та порівняння.

Методи обговорення. Проведені дослідження можуть обговорюватися на конференціях та бути враховані до наукових праць, що стосуються даної тематики.

Особистий вклад автора. В даній статі висвітлено результати проведеного аналізу раніше досліджуваних *технологічних укладів* з аналізом розвитку деяких видів *промислової діяльності*, які на сьогоднішній час перетворилися в промисловий індустріальний комплекс. Також, наведено рекомендації можливих підходів до *реконструкції* та *реорганізації виробничих територій* в населених пунктах.

Результати та їх обґрунтування. Підходячи до питання формування *виробничих територій* і *населених пунктів* в цілому, слід розуміти історичний перебіг подій які вносили зміни в територіальний розвиток. Історія *промислової діяльності* і її вплив на формування *населених пунктів* допомагає нам зрозуміти хронологічний процес, з допомогою якого можна знайти роз'яснення на багато питань, щодо розвитку *виробничих територій*. Також історична довідка допомагає знайти опорні точки для можливого перспективного планування майбутніх форм *населених пунктів*.

В першу чергу, розбираючи розвиток та формування *виробничих територій*, слід розуміти, що утворення *населеного пункту* не завжди залежить від *промислової діяльності*. Аналізуючи процес розселення, слід зазначити, що люди які переміщувалися по різних територіях у пошуках найкращих умов, на їхній погляд, для довготривалого проживання, намагалися знайти собі: житло, їжу, інші матеріальні та не матеріальні речі. В зв'язку з тим, що раніше ще не були явно відкриті геологічні умови територій, люди обирали географічне розташування виходячи з кліматичних та ландшафтних умов. Потреба у щоденному харчуванні, змушувала людей, в першу чергу, розвивати сільське господарство. Потреба в житлі, змушувала людей освоювати ремісництво обробки каменю та деревини. Потреба в одязі, змушувала людей освоювати обробку тваринної шкіри, прядіння та ткацтво. Розвиток та розбудова однієї сім'ї з початкового етапу – досить складний та довготривалий процес, тому спільна праця показала, що особисті навички і кооперація можуть бути корисні для суспільства, сприяючи значно швидшому розвитку. Зокрема, це обробка землі, допомога в будівництві, виготовлення різних товарів та інша спільна діяльність, коли необхідно було більше трудових ресурсів. Хтось міг бути здібним майстром по дереву, хтось по обробці каміння, хтось по обробці металу. Обмін своїми виробами та здібностями почав утворювати спільні зв'язки із залежністю один від одного. Таким чином могли формуватися різні поселення, від малих до великих.

Розуміння початкового етапу утворення та формування *населених пунктів* є надзвичайно важливим, щоб можна було побачити історичний каркас та попит на певні види діяльності, які можуть утримувати такий *населений пункт* на протязі довгого періоду існування. В апріорі, попит, або ж похідне слово – потреба, стимулює та запускає великий механізм економічної діяльності, який на сьогодні перетворюється в глобалізаційний процес управління не тільки одним *населеним пунктом*, але й взагалі всією людською діяльністю у світі. На сьогодні керувати глобальними промисловими процесами, з більшою швидкістю, допомагають сучасні технології. З допомогою різних видів транспорту – здійснюється велика кількість переміщення людей та вантажів, що сприяє розвитку ринкової економіки шляхом міграції трудових ресурсів та товарообігу. З допомогою нового технологічного обладнання – виготовляється велика кількість товарів в автоматизованому або наполовину автоматизованому режимі. З допомогою машин та механізмів – значно підвищився видобуток сировини та полегшуються значна кількість процесів людської діяльності. Відкриття нових матеріалів – допомагає створювати нові товари.

Порушення цих процесів часто може призводити до економічних коливань, що в свою чергу накладає значні наслідки на багатьох учасників. Маючи сучасні результати суспільного розвитку ми можемо значно легше будувати житло, отримувати їжу й інші матеріальні та нематеріальні блага. Для того, щоб відповісти на питання розвитку *виробничих територій населених пунктів*, необхідно зосередити увагу на вище згаданих процесах економічної діяльності, які в основному й можуть призводити до ланцюгової реакції. Адже зміна ладу в технологічному процесі цілісного механізму призводить до навантаження на інші сектори *промислової діяльності*, що в свою чергу може вносити певний дисбаланс із супутніми наслідками. Такі наслідки можуть бути як негативними, так і позитивними. Для прикладу, заміна застарілої технології на нову може зменшити потребу в людських трудових ресурсах і змушувати людей шукати новий вид діяльності, проте, це дає змогу виготовляти ту саму кількість, або навіть більше, продукції, з меншими затратами людських ресурсів. В такому випадку люди можуть бути задіяні в іншій, більш інтелектуальній, діяльності та менше працювати фізично.

Вивчення історичної хронології розвитку *промислової діяльності* допомагає також отримати досвід тих криз які вже відбулися раніше. Аналізуючи наслідки які вже мали місце в історії, в деяких випадках, можна спрогнозувати перебіг майбутніх подій. Таким чином, враховуючи завчасно необхідні заходи та підібравши обґрунтовані моделі *промислової діяльності*, можна організувати *виробничі території* таким чином, щоб вони могли легше *реорганізуватися* або *реконструюватися* під потреби сучасності. Такий підхід

може включати додаткові методи по створенню більш гнучких моделей *функціонально-планувальної організації виробничих територій*.

Згадуючи коротку історію розвитку *промислової діяльності*, слід зазначити основні риси, які формували *виробничі території населених пунктів*. Зародженням промисловості можна вважати перші ручні вироби зроблені в домашніх умовах для продажу на ринках як власну продукцію, або ж продавали її купцям які потім перепродували іншим (приблизно до XVII – XVIII ст.). З ростом попиту на товари, деякі житлові будинки перетворювалися на майстерні в яких працювали цілими родинами, потім залучали інших людей, якщо не вистачало працівників. Наступною стадією можна назвати утворення мануфактур (XVIII – XIX ст.), коли об'єднувалися групи людей з метою виготовлення товарів на яких вони спеціалізувалися. Створення мануфактур можна назвати початком та першим прототипом *промислової діяльності*. Такі мануфактури часто могли утворювати поміщики у яких були кошти для найманої праці та закупівлі більшої кількості сировини. Пізніше така структура, зі збільшенням працівників які організовувалися навколо поміщиків чи феодалів, називали фільварками. Фільварки могли мати свої спеціалізації і та весь необхідний комплекс для *промислової діяльності*, це давало можливість об'єднуватися навколо певних видів діяльності, а також розширювати зв'язки для торгівлі. Об'єднання фахівців та помічників з певними капіталами, давало можливість швидко поширювати знання, ділитися навиками та, в результаті, збільшувати об'єми продукції. Такі можливості сприяли досить швидкому темпу поширення подібних мануфактур за різними напрямками діяльності. Ручні технологічні процеси досить часто піддавалися новаторським ідеями для спрощення людської праці. Завдяки створенню нових технічних пристроїв та засобів праці, ручні процеси ставали, спочатку, наполовину автоматизованими, пізніше повністю автоматизованими. Саме такі нововведення почали стимулювати розвиток масової промислової діяльності. Кожне полегшення людської роботи могло призводити до збільшення обсягів в декілька разів, що в подальшому вимагало вже реорганізацію мануфактур, фільварок та створення спеціалізованих підприємств — заводів та фабрик [7]. Для прикладу можна згадати створення першої текстильної фабрики Річарда Аркрайта в 1771 році з використанням прядильних верстатів Джеймса Гаргрівза (1764р.) та водяного колеса. Така технологія сьогодні вже не має практичного застосування, проте свого часу, це була революційна знахідка, яка давала можливість замінити великий обсяг ручної праці. Також застосування конвеєрної збірки автомобілів винайденної Генрі Фордом у 1914 році допомогла в декілька разів підвищити колективну продуктивність праці. Подібні відкриття досить сильно впливали на формування виробництва і відповідно на його планувальну структуру, через

розширення *виробничих територій* та врахування необхідної технологічної та транспортної організації.

Також, слід звернути увагу на видобування сировини, що є важливим і досить трудомістким процесом *промислової діяльності*, який вимагає великої кількості трудових ресурсів та технічних засобів. Раніше це зумовлювало підприємців об'єднувати індивідуальні особисті підприємства та створювати синдикати, концерни, трести, партнерства та корпорації. Переважно, під дією різних економічних коливань, такі об'єднання могли часто розпадатися, змінюватися і перетворюватися на інші структурні одиниці. Такі зміни, у формуванні колективної промислової діяльності, часто призводять до *реорганізацій* зі збільшенням або зменшенням промислової потужності, що в результаті впливало на формування *функціонально-планувальної організації виробничих територій*.

Коротко, можна згадати найбільш революційні технологічні відкриття які допомагали в розвитку людської діяльності, яка згодом перетворювалася в промислову, а саме:

- верстати: ткацький, копіювально-друкарський;
- металургія: сталевий плуг, плавильні печі;
- використання природної енергії з допомогою: водяного колеса, вітряків, пізніше модифікованих річкових гребель, сонячних панелей, біогазових електростанцій;
- двигуни: парові, внутрішнього згорання, електричні;
- поява транспорту: автомобілі, потяги, човни та літаки;
- поява електроприладів: комп'ютер, телефон, фотоапарат та інших;
- розвиток агровиробництва: селекція та гідропоніка;
- виробництво та зберігання їжі: консервація та заморожування;
- створення хімічних речовин: фармацевтика, гігієнічні засоби, пластмас та інші матеріали.

Також важливу роль відігравав розвиток таких сфер як: освіта, культура, охорона здоров'я, фінанси та інші, які допомагали в розвитку соціально-економічних процесів. Все це зароджувало та забезпечувало суспільний попит який породжував необхідність у збільшенні товарів а відповідно й промисловості, що в свою чергу вимагало розширення можливостей, зокрема сировинних та енергетичних. Зростання населення планети продовжує масштабувати *промислову діяльність* як і раніше, через необхідність постачання товарів та послуг, що вимагає пошуку нових технологій. За певний історичний проміжок розвитку технологій почали створюватися «*технічні уклади*» які утворювалися з появою нових революційних технологій впливаючи на широкий спектр сфер людської діяльності. В основному, сучасники

виділяють сім основних періодів стрімкого розвитку суспільства, які починалися з відкриттям нових приладів та технологій.

Гавриленко А.С. виділяє 7 технологічних укладів з їхніми основними характеристиками, враховує їх часові межі та домінантні технології [3].

Таблиця 1.

Технологічні уклади та їх характеристика [3]

Техно-логічні уклади	Часові межі	Домінантні технології
Перший	1780-1840 рр.	водний двигун, виплавка чавуну й оброблення заліза, будівництво каналів
Другий	1840-1890 рр.	паровий двигун, вугільна промисловість, машинобудування, чорна металургія, верстатобудування
Третій	1890-1940 рр.	електротехнічне й важке машинобудування, виробництво сталі, неорганічна хімія, важкі озброєння, суднобудування, лінії електропередач. стандартизація
Четвертий	1940-1980 рр.	синтетичні матеріали, органічна хімія, кольорова металургія, електронна промисловість, автомобілебудування, атомна енергетика
П'ятий	1980 - 2000 рр.	обчислювальна техніка, телекомунікації, роботобудування, мікро- і оптоволоконні технології, космічна техніка, інтелектуальні інформаційні технології
Шостий	2000-2020 рр.	штучний інтелект, біотехнології. нанотехнології та генна інженерія, мембранні і квантові технології, фотоніка, робототехніка
Сьомий	2020-...	когнітивні технології, психотехнології, термоядерний синтез

Василенко В. також виділяє сім технологічних укладів з їхньою еволюційною характеристикою, яка пов'язує: часові періоди, передові країни в яких відбувався розвиток, безпосередньо самі галузі та технології, домінуючий вид енергії та характеристику організації промисловості [1, с. 67].

Таблиця 2.

Еволюційна характеристика технологічних укладів [1, с. 67]

(перекладено на українську автором).

№ ТУ	Період	Передові країни	Базові галузі та технології	Домінантна енергія	Характеристика організації промисловості
1	1785 – 1835 рр.	Англія, Франція, Бельгія	Текстильна промисловість; виплавляння чавуну та обробка сталі; будівництво магістральних каналів	Водяний двигун	Модернізація промисловості та його концентрація на фабриках
2	1835 – 1890 рр.	Англія, Франція, Бельгія, США, Нідерланди, Бельгія	Залізничний та дорожній транспорт; машинобудування (верстатобудування); вугільна промисловість	Паровий двигун	Ріст масштабів промисловості на основі механізації

Продовження таблиці 2

№ ТУ	Період	Передові країни	Базові галузі та технології	Домінантна енергія	Характеристика організації промисловості
3	1890 – 1935 рр.	Англія, Німеччина, Франція, США, Нідерланди, Бельгія	Електротехнічне та важке машинобудування; виробництво та прокат сталі; ЛЕП; важке озброєння; суднобудування; технології неорганічної хімії; будівництво комунікацій	Електро-двигун	Різноманітність та гнучкість виробництва; ріст продукції; стандартизація виробництва; конвеєри
4	1935 – 1980 рр.	США, Англія, Німеччина, Канада, Японія, Швеція	Автомобілебудування; моторизоване озброєння; синтетичні матеріали; кольорова металургія; органічна хімія; електронна промисловість; супутниковий зв'язок	Двигун внутрішнього згорання	Масове виробництво, серійна продукція; ріст якості виробництва; конвеєри
5	1980 р. – н. ч. орієнтир 2020, 2025*	Країни ЄС, США, Японія, Південна Корея, Тайвань, Швеція	Вимірювальна техніка; програмне забезпечення; авіакосмічна промисловість; оптоелектроніка; телекомунікації; оптичні волокна; гена інженерія; роботобудування; інформатика	Газові технології	Розвиток надсистем: створення мереж та ланцюгових зв'язків; злиття; кластеризація підприємств; аутсорсинг; креативне управління
6	Орієнтир 2020, 2025 – 2060*	США, країни ЄС, КНР	Біотехнології; нанотехнології; фотоніка; оптоелектроніка; штучний інтелект; мікромеханіка; квантові технології; гена інженерія; космічні технології	Нетрадиційні джерела енергії; термоядерна енергія	*Дроблення та віртуальні підприємства; заводи-автомати; державне регулювання
7	Орієнтир (2060 – 3000**)	Світова економіка, ** (геополітика)	** когнітивні та вакуумні технології; вибуховий розвиток біомедицини; біороботизація; технології на основі резонансу та різних полів, з використанням ноосфери; колонізація планет сонячної системи та вихід в далекий космос	**Вакуумна технологія та енергія	**Світове правління; мікротехнології; зникнення заводів автоматів; вакуумні резонансні технології

«Примітки. Знаком (*) та (**) висказано передбачення автора у відповідності з логікою розвитку економіки* та цивілізації**» [1, с. 67]

Мартін Гілберт, у своїй класифікації *технологічних укладів* захоплює значно ширший часовий період який розділяється на три основні секції, кожна секція також поділяється на декілька часових періодів [2, с. 189-194]:

1-ша секція – трансформовані матеріали які використовувалися до початку промислової революції в 1780-х роках та включає в себе три періоди використання простих: кам'яних, бронзових та залізних інструментів;

2-га секція – трансформація енергії яка тривала від початку промислової революції до початку інформаційної в 1973-х роках та включає в себе чотири періоди: сила води, пари, електрики та згорання паливо-мастильних матеріалів;

3-тя секція – трансформація інформації яка почалася від інформаційної революції в 1973-х роках і продовжує тривати по сьогодні. Включає в себе два періоди: перший це спілкування та зберігання інформації, другий це обчислювальна інформація.

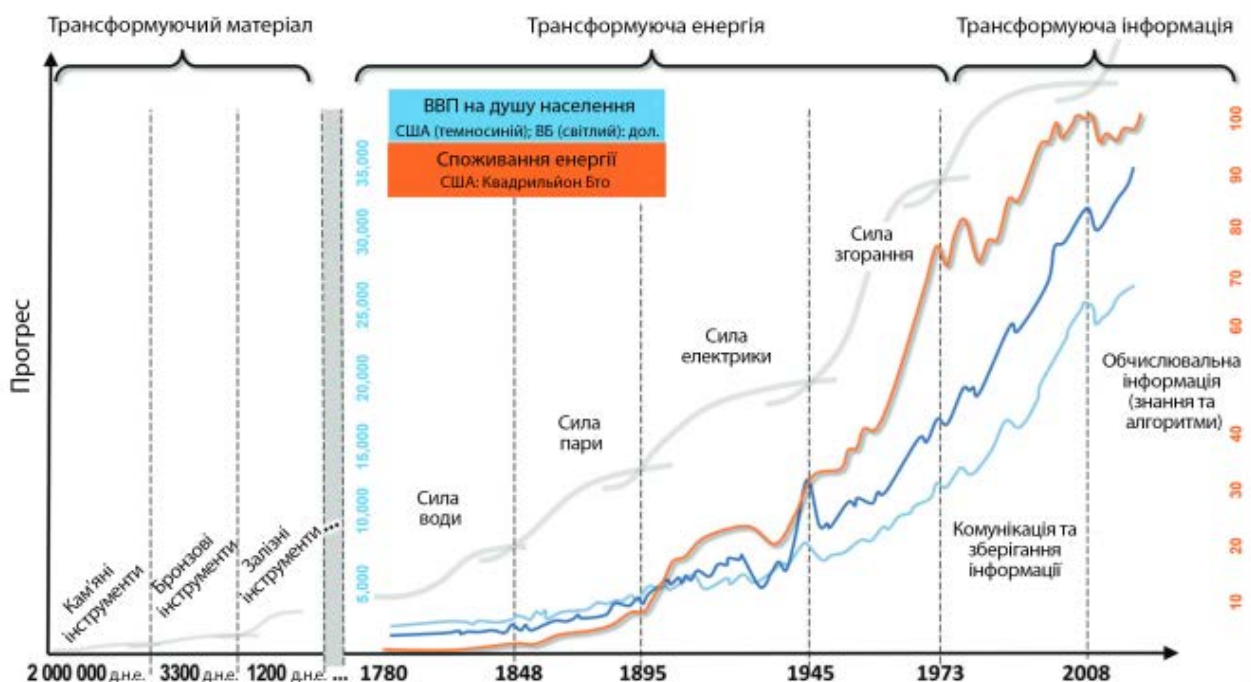


Рис. 1. Схематичне зображення Шумпетерівських довгих хвиль та валового внутрішнього продукту [2, с. 190] (перекладено на українську автором)

На рисунку 1 показано вплив різних технологічних проявів на ріст валового внутрішнього продукту, що дає змогу побачити інтенсивність розвитку *промислової діяльності*. Кожна технологія породжує за собою зміни *промислової діяльності*, як це зазначав Василенко В. в таблиці 2. Це також частково відслідковується і на схемі Мартіна Гілберта. Кожний підйом свідчить про збільшення товарообігу, що в корені означає використання нової технології.


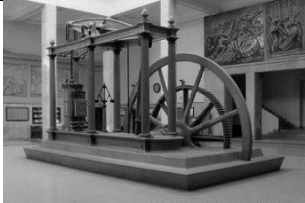



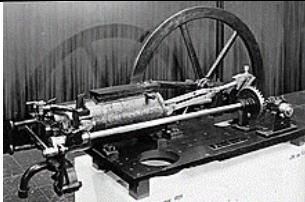




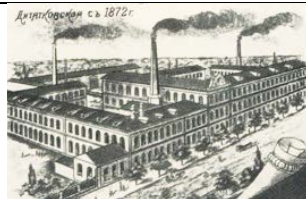

Аналізуючи графік економічного розвитку в залежності від впровадження нових технологій, можна спостерігати стрибкоподібну тенденцію. Це може означати, що технології мають свій ресурс актуальності, тобто в певний час вони відігравали основну роль, далі вони вже вдосконалювались і ставали

компактними та автоматизованими. Для прикладу, можна зауважити, що лампи розжарювання винайдені Томасом Едісоном у 1879 році, на сьогоднішній день перестають бути актуальними, через значно ефективніші лампи з іншими виробничими технологіями, хоча свого часу це було революційне відкриття з масовим виробництвом. Така ситуація відбувається майже з усіма технологічними приладами: автомобілі, літаки, човни, верстати, комп'ютери, телефони та багато іншого поступово змінюються, модифікується і навіть перетворюється у нові види. Також слід звернути увагу на збільшення числа видів *промислової діяльності* на базі новітніх технологій, яким сприяє краще освоєння матеріалів, методів та видів енергії. Це породжує потребу в нових промислових підприємствах та підходах до вирішення нових завдань для суспільства.

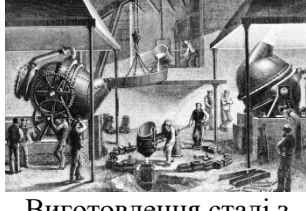
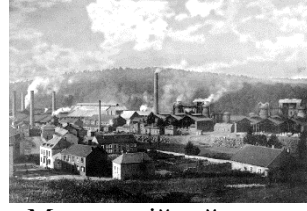
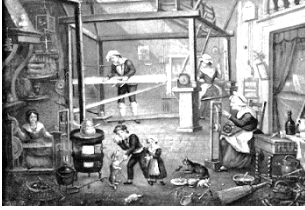
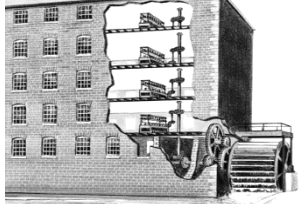








Враховуючи *технологічні уклади*, розглянемо ряд зображень (табл. 3) які допомагають краще зрозуміти процеси формування *промислової діяльності*, що в подальшому впливають на формування самих підприємств і в кінцевому варіанті на формування *виробничих територій*.

Таблиця 3.

Історична хронологія розвитку деяких видів діяльності

ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ			
			
Використання водяного колеса 16-17ст. [8]	Використання парових машини 18 ст. [9]	Використання гідроелектростанцій 20 ст. [10]	Використання сонячних електростанцій 21 ст. [11]
			
Використання вітряків 16-17 ст. [12]	Використання двигунів внутрішнього згорання 19ст. [13]	Використання атомних електростанцій 20 ст. [14]	Використання вітроелектростанцій 21 ст. [15]
ВИГОТОВЛЕННЯ ПАПЕРУ			
			
Перші мануфактури виробництва паперу 16 ст. [16]	Перші заводи виробництва паперу 19 ст. [17]	Завод виробництва паперу 19-20 ст. [16]	Київський картонно-паперовий комбінат 21 ст. [18]

Продовження таблиці 3

МЕТАЛУРГІЙНА ПРОМИСЛОВІСТЬ			
			
Нагрівання печей 16 ст. [19]	Виготовлення сталі з допомогою бесемунання 19 ст. [20]	Металургійний завод «Дюделанж» 19 ст. [21]	Металургійний комбінат «Азовсталь» у Маріуполі 21ст. [22]
ТЕКСТИЛЬНА ПРОМИСЛОВІСТЬ ТА ВИРОБНИЦТВО ОДЯГУ			
			
Мануфактура виробництва одягу 17 ст. [23]	Перші текстильні фабрики 18 ст. [24]	Суконна фабрика у Дніпрі 20 ст. [25]	Бердичівська фабрика одягу 21ст. [26]
МАШИНОБУДІВНА ТА СУДНОБУДІВНА ПРОМИСЛОВІСТЬ			
			
Одне з найстаріших підприємств Придніпров'я, «Дніпропетровський комбайновий завод» 19-20 ст. [27]	Київський машинобудівний завод «Більшовик» 20ст. [28]	Керченський суднобудівний завод «Залів» 20 ст. [29]	Машинобудівний завод «Ferrari» 21 ст. [30]
НАФТО-ГАЗОВА ПРОМИСЛОВІСТЬ			
			
Нафтові вишки в Бориславі 19-20 ст. [31]	Нафтоперегінний завод Standard Oil в Клівленді, штат Огайо 19-20 ст. [32]	Нафтовидобувні свердловини 20-21 ст. [33]	Нафтопереробний завод 21 ст. [34]
ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНОВОЇ ПРОДУКЦІЇ (СИЛОСИ)			
			
Зерноховища біля 18 ст. [35]	Зерноховище в м.Браїла Румунія 19ст. [36]	Перший монолітний залізобетонний елеватор в Америці 20 ст. [36]	Зерноховища компанії Protein Invest 21 ст. [37]

Продовження таблиці 3

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО			
			
Співпраця в сільському господарстві до 17ст. [38]	Використання тваринної сили та перша сільськогосподарська техніка 18 ст. [39]	Сільськогосподарська техніка з використанням машин 19ст. [39]	Сучасна сільськогосподарська техніка 21 ст. [40]

Аналізуючи вищенаведені зображення історичної хронології розвитку деяких видів *промислової діяльності*, можна відзначити суттєві зміни між різними видами діяльності у різні століття. Також, можна відзначити, що з розвитком технологій, почали з'являтися нові види діяльності, які не зазнавали багатьох змін відносно інших, тих, які мали значно довшу історію розвитку. Даний аналіз показує нам вплив історичних подій на формування *промислової діяльності*. Що в подальшому відображається на *реорганізації та реконструкції виробничих територій*. Відповідно, Розуміння *технологічного устрою та процесів*, які переживає *промислова діяльність*, дає можливість, частково, відповісти на питання існуючої ситуації промислових об'єктів які потребують *реорганізації та реконструкції*. Сьогодні значна частина *виробничих територій* вимагає вирішення питання «що з ними робити, якщо актуальність *промислової діяльності* вже відійшла в минуле?». На це питання, в основному, вчені пропонують два варіанти *реорганізації та реконструкції виробничих територій* [4, 5]:

1. Повністю залишити об'єкт з впровадженням нових технологій які зможуть дати новий поштовх до продовження *промислової діяльності*. Такий підхід *реорганізації* вимагає значних капіталовкладень у технологічні процеси *промислової діяльності* та якісного прогнозу ринкової економіки.

2. Часткова або повна *реконструкція та реорганізація*. Часткова – якась частина залишатиметься для змоги продовжувати розвивати промислову діяльність в більш концентрованих, якісних умовах та друга частина замінює цільове призначення з *реорганізацією та реконструкцією* під вирішення питань інших секторів населеного пункту, які потребують наявності доступних територій. Така заміна може коліватися в різному відсотковому діапазоні, це залежить від існуючої кон'юнктури населеного пункту. Відповідно, повна зміна *реконструкція та реорганізація* – змінює повністю цільове призначення та допомагає вирішити проблеми тих секторів, які потребують наявності доступних територій. Це може бути житлова забудова, громадська або створення рекреаційних зон.

Короткий огляд історії розвитку *промислової діяльності*, дає змогу розглядати перспективний розвиток *виробничих територій* з врахуванням історичного досвіду зміни планувальних форм підприємств. Відповідно, майбутні технологічні зміни, які неодноразово можуть впливати на формуючі складові *промислової діяльності* та організації *виробничих територій*, можуть передбачатися завчасно. Раніше, у деяких випадках спостерігалось утворення населених пунктів навколо *промислової діяльності*, що часто призводило до масового скупчення трудових ресурсів і, відповідно, до утворення міст. Натомість, сьогодні велика частина підприємств автоматизується до такого рівня, що досить масштабною *промисловою діяльністю* може керувати навіть невелика кількість людей, для яких цілком достатньо буде й сільського поселення. Це говорить про те, що значна частина промисловості може бути перенесеною в сільські населені пункти, даючи змогу розвивати складні, великомасштабні та високотехнологічні підприємства в містах.

Висновки. У підсумку можна зазначити, що майбутні *технологічні уклади* які поступово приходять на нові покоління, розкривають перспективи, щодо комплексної організації виробництва у всьому світі. Така тенденція може призводити до того, що розвинуті міста можуть *реорганізовувати виробничі території* з малоефективною промисловістю шляхом розвитку більш високотехнологічних видів *промислової діяльності*. Натомість, добре відпрацьовані технології *промислової діяльності* можуть знаходити місце реалізації в малих *населених пунктах*, де є потенціал більш вільних та доступних *виробничих територій* ніж у великих містах.

Базуючись на проведеному аналізі, можна частково сформувати й деякі прогнози в глобальних масштабах формування *виробничих територій* у світі. Така тенденція може призводити до того, що передові країни мають потенціал розвитку інтелектуального та високотехнологічного прогресу, а країни, що розвиваються використовуватимуть технології для масового виробництва експортованих товарів.

Синтезуючи чинники, що впливають на формування *виробничих територій* в різних масштабах, можна зазначити, що через постійні різнохарактерні коливання, *виробничі території* вимушені шукати нові шляхи та підходи до *реорганізації промислової діяльності*, що призводить до частих змін *функціонально-планувальної організації*. Відповідно, це схиляє до пошуку перспективних методів гнучкості *функціонально-планувальної організації* під майбутні зміни.

Рекомендації подальшого дослідження. Визначення моделі *функціонально-планувальної організації*, при *реконструкції, реорганізації* або новому будівництві, може враховувати перспективні зміни при трансформаціях

видів діяльності, розплановуючи його таким чином, щоб можна було з найменшими затратами збільшувати та зменшувати потужності, удосконалювати, оптимізувати чи робити інші зміни, при потребі, *промислової діяльності*. Показники для трансформацій, мають враховувати різноманітні методи *функціонально-планувальної організації*, як в одно-, так і в багаторівневому просторовому розвитку. Такий підхід допомагає спростити процеси *реорганізації* та *реконструкції* для підприємств з універсальною планувальною моделлю, яка включає прості, невеликогабаритні форми об'єктів та технології. Проте, для *виробничих територій* з підприємствами на яких використовуються великогабаритні технологічні процеси та/або зі складними територіальними умовами, слід використовувати спеціальну планувальну модель. Така модель має враховувати різні складнощі та використовувати методи найефективнішої *функціонально-планувальної організації* з максимально можливим показником гнучкості та адаптивності до майбутніх змін.

Список використаних джерел

1. Василенко В. Технологічні устрої в контексті прагнення економічних систем до ідеальності. Соціально-економічні проблеми і держава. — 2013. — Вип. 1 (8). — С. 65-72. URL: <http://sepd.tntu.edu.ua/images/stories/pdf/2013/13vvoski.pdf>. (дата звернення: 14.05.2024).
2. Martin Hilbert Digital technology and social change: the digital transformation of society from a historical perspective. Dialogues Clin Neurosci. 2020;22(2):189-194. URL: <https://doi.org/10.31887/DCNS.2020.22.2/mhilbert>. (дата звернення: 14.05.2024).
3. Gavrilenko A.S. Formation of a new technological style as a direction of acceleration of innovative development of Ukraine. Market relations development in ukraine №9(220)2019, 119, 42–49. URL: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3526676>. (дата звернення: 14.05.2024).
4. Бірюк С.П. Методичні основи реконструкції міських промислових територій. Автореферат дис. на здоб. наук. ступ. к.т.н. – 2013р. URL: <https://repository.knuba.edu.ua/server/api/core/bitstreams/689a7e52-4606-4a68-b2be-13fccf29c4ea/content>. (дата звернення: 14.05.2024).
5. Н.Р. Pidhrushnyi, M.D. Bykova. The industrial areas of Kyiv: Modern state and transformation directions. Ukrainian Geographical Journal. – №1(105), P. 33-42. URL: <https://doi.org/10.15407/ugz2019.01.033>. (дата звернення: 14.05.2024).
6. Указ Президента України "Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року". Документ 722/2019. Прийняття від 30.09.2019. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/722/2019#Text>. (Дата звернення 08.05.2024р.).
7. The Factory System Workers and Factory Life. Cottage Industries Before the Industrial Revolution began, people produced goods in their homes Individuals. URL: <https://slideplayer.com/slide/3905194/>. (дата звернення: 14.05.2024).
8. Desiree Bowie. The Water Frame: Revolutionizing Textiles in the Industrial Age. 2023. URL: <https://science.howstuffworks.com/innovation/inventions/water-frame.htm>. (дата звернення 14.05.2024).
9. Парова машина. Вікіпедія — вільна енциклопедія. – 2023.

- URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Парова_машина. (дата звернення 14.05.2024).
10. Бондарева Я. Найпотужніші ГЕС світу. – 2020.
URL: <https://mariupol.name/uk/articles/2111-naypotuzhnishi-ges-svitu>. (дата звернення 14.05.2024).
11. 17 цікавих фактів про промисловість. Факти про... – 2021. URL: <https://faktypro.com.ua/page/17-czikavikh-faktiv-pro-promislovist>. (дата звернення 14.05.2024).
12. Млин. Вікіпедія — вільна енциклопедія.
URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Млин>. (дата звернення 14.05.2024).
13. Історія двигунів внутрішнього згоряння. Вікіпедія — вільна енциклопедія.
https://uk.wikipedia.org/wiki/Історія_двигунів_внутрішнього_згоряння. (дата звернення 14.05.2024).
14. Промисловість — один з головних секторів економіки. Insider News. – 2018. URL: <https://insidernews.info/promislovist-odin-z-golovnix-sektoriv-ekonomiki/>. (дата звернення 14.05.2024).
15. Вітер дасть світло та енергетичну незалежність країні. Громади майбутнього. URL: <https://freedom.org.ua/en/viter-dast-svitlo-ta-enerhetychnu-nezalezhnist-kraini/>. (дата звернення 14.05.2024).
16. Виробництво паперу в Україні. Музей паперу. URL: <https://zpf.company/paper-museum/virobnitstvo-papery-v-ukraini/>. (дата звернення 14.05.2024).
17. Проценко Світлана. Призабута історія: Тальнівська паперова фабрика. Вісті Черкащини. – 2022. URL: <https://viche.ck.ua/talnivshhina/pryzabuta-istoriya-talnivska-paperoval-fabryka/>. (дата звернення 14.05.2024).
18. Хто ми і що робимо. Київський картонно-паперовий комбінат. . URL: <https://www.papir.kiev.ua/>. (дата звернення 14.05.2024).
19. Матеріальний світ і суспільство в добу великих географічних відкриттів. Uabooks.top. – 2021. URL: <https://uabooks.top/1948-3-materalniy-svt-susplstvo-v-dobu-velikih-geografchnih-vdkrittiv.html>. (дата звернення 14.05.2024).
20. 10 винаходів, які змінили світ. – 2019. URL: <https://joy-pup.com/ua/science-ua/10-vinahodiv-jaki-zminili-svit/>. (дата звернення 14.05.2024).
21. Чорна металургія Люксембургу. Вікіпедія — вільна енциклопедія. – 2024. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Чорна_металургія_Люксембургу. (дата звернення 14.05.2024).
22. Металургійна промисловість України. Вікіпедія — вільна енциклопедія.
URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Металургійна_промисловість_України. (дата звернення 14.05.2024).
23. Художні тканини доби бароко та рококо. ПроArt (історія образотворчого і декоративно-прикладного мистецтва). – 2020.
URL: https://arshistorian.blogspot.com/2020/09/blog-post_20.html. (дата звернення 14.05.2024).
24. The Factory System. Students of History. URL: <https://www.studentsofhistory.com/the-factory-system>. (дата звернення 14.05.2024).
25. Ткаченко Софія. Від легенди ткацької промисловості до хлібозаводу: які таємниці зберігає суконна фабрика у Дніпрі. Наше місто Дніпро – 2022. URL: <https://nashemisto.dp.ua/2022/11/23/vid-lehendy-tkatskoi-promyslovosti-do-khlibozavodu-iaki-taiemnytsi-zberihaie-sukonna-fabryka-u-dnipri/>. (дата звернення 14.05.2024).
26. Бердичівська фабрика одягу. Мій Бердичів. – 2017.

- URL: <http://berdychiv.in.ua/історія-бердичівської-фабрики-одягу/>. (дата звернення 14.05.2024).
27. Берестень Юрій. До історії катеринославського заводу І.Я. Езау. Дніпро Культура. – 2022.
URL: https://www.dnipro.libr.dp.ua/Do_istoriyi_katerynoslavskoho_zavodu_I-Ya-Ezau. (дата звернення 14.05.2024).
28. Суд арештував 100% акцій заводу "Більшовик": причина. Економічна правда. – 2022. URL: <https://www.epravda.com.ua/news/2022/01/13/681383/>. (дата звернення 14.05.2024).
29. Панорама потужностей заводу «Залів» у Керчі, лютий 2020 року Фото: архів BlackSeaNews. Центр журналістських розслідувань. – 2020.
URL: <https://investigator.org.ua/ua/news-2/225387/>. (дата звернення 14.05.2024).
30. Ferrari's Maranello factory now building respirator parts to help coronavirus fight. – 2020. URL: <https://www.formula1.com/en/latest/article/ferraris-maranello-factory-now-building-respirator-parts-to-help-coronavirus.6NykgmRMptrePefAnxxzX>. (дата звернення 14.05.2024).
31. Таємниці галицьких надр. Нафтовий бум початку ХХ століття до Першої світової війни. Фотографії старого Львова. – 2017.
URL: <https://photo-lviv.in.ua/tajemnytsi-halytskyh-nadr-naftovuj-bum-pochatku-xx-stolittya-dopershoji-svitovoji-vijny/>. (дата звернення 14.05.2024).
32. Історія промислового освоєння нафти і природного газу Сполучених Штатів Америки. Вікіпедія — вільна енциклопедія. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Історія_промислового_освоєння_нафти_і_природного_газу_Сполучених_Штатів_Амери́ки. (дата звернення 14.05.2024).
33. Поскробок Юлія. Промисловість сланцевої нафти в США може занепасти: причина у низьких цінах. 24 Економіка. – 2020. URL: https://24tv.ua/economy/slantseva-nafta-ssha-nizki-tsini-prizvedut-do-zanepadu-nafta-novini_n1358120. (дата звернення 14.05.2024).
34. Зарембо Тетяна. Нові максимуми: нафта другий тиждень поспіль зростає в ціні через ескалацію на Близькому Сході (графіки). Фокус. – 2023. URL: <https://focus.ua/uk/economics/600506-novi-maksimumi-nafta-drugij-tizhden-pospil-zrostaye-v-cini-cherez-eskalaciyu-na-blizkomu-shodi-grafiki>. (дата звернення 14.05.2024).
35. Історія силосу. Finpro Group. URL: <https://finpro.group/uk/wiki-uk/zberigannia/wiki-silosy-uk/istoriya-silosa>. (дата звернення 14.05.2024).
36. Як все починалося: перші залізобетонні силоси для зберігання зерна. Elevatorist.com головний елеваторний сайт країни. – 2024.
URL: <https://elevatorist.com/blog/read/881-yak-vse-pochinalosya-pershi-zalizobetonni-silosi-dlya-zberigannya-zerna>. (дата звернення 14.05.2024).
37. Харчова промисловість. S-Engeneering. – 2023. URL: <https://se.ua/solutions/pyshchevaia-prom-shlennost-2/>. (дата звернення 14.05.2024).
38. Україна на початку ХХ ст. A Slideshare company. – 2017. – С. 23.
URL: <https://www.slideshare.net/slideshow/xx-79768332/79768332>. (дата звернення 14.05.2024).
39. Вергунов Віктор. Історія ведення сільського господарства в Україні у системі державного регулювання. "Зерно" журнал сучасного агропромисловця. – 2017.
URL: <https://www.zerno-ua.com/journals/2014/mart-2014-god/istoriya-vedennya-silskogo-gospodarstva-v-ukrayini-u-sistemi-derzhavnogo-regulyuvannya/>. (дата звернення 14.05.2024).

40. Оптимальне рішення для сільського господарства. TrekiT. URL: <https://trekit.com.ua/agro/optimalnoe-resheniya-dlya-selskogo-hozyajstva/>. (дата звернення 14.05.2024).

postgraduate student **Anatolii Lepeshko**,
Kyiv National University of Construction and Architecture

INFLUENCE OF HISTORICAL DEVELOPMENT OF INDUSTRIAL ACTIVITIES ON PLANNING CHANGES IN PRODUCTION AREAS

The article provides a historical chronology of the development of technologies on the basis of which industrial enterprises were formed. Each revolutionary discovery that affected the technological process made changes in the reorganization of industrial activity and, accordingly, in the formation of the functional and planning organization of production areas. Technological structures in different historical periods are analyzed and the historical development of certain types of activities is depicted, which helps to understand the formation of industry and production territories over a long period of time.

Due to constant various fluctuations that affect industrial activity, there is a need to look for approaches to its reorganization and reconstruction in order to create greater flexibility and adaptability to such changes. Thus, consideration of flexibility and adaptability may allow for easier reorganization and reconstruction when industrial capacity increases and decreases, technologies or activities change. Accordingly, flexibility indicators should take into account various models of functional and planning organization.

The conducted analysis shows that the influence of historical events on the formation of industrial activity is quite strong, which is ultimately reflected in the functional and planning organization of production areas. This article examines changes in industrial activity in the historical period of the 17th - 21st centuries. thereby drawing attention to periodic changes that require reconstruction and reorganization of production areas.

It should also be noted that each level of industrial activity with the appropriate capacity can be implemented as a full-fledged, balanced planning model based on the calculation of the number of employees in an urban or rural settlement. The main recommendations provided in this article are the consideration of historical experience over several centuries to understand possible chronological changes in the future. Thus, the reorganization and reconstruction of production areas can take into account prospective needs for increasing or decreasing industrial capacity.

Keywords: industrial activity; production areas; reconstruction; reorganization; settlement; technological structure; functional planning organization.

REFERENCES

1. Vasylenko V. Tekhnolohichni ustroi v konteksti prahnnia ekonomichnykh system do idealnosti. Sotsialno-ekonomichni problemy i derzhava. — 2013. — Vyp. 1 (8). — S. 65-72.
URL: <http://sepd.tntu.edu.ua/images/stories/pdf/2013/13vvoski.pdf>. (data zvernennia: 14.05.2024). {in Ukrainian}
2. Martin Hilbert Digital technology and social change: the digital transformation of society from a historical perspective. Dialogues Clin Neurosci. 2020;22(2):189-194. URL: <https://doi.org/10.31887/DCNS.2020.22.2/mhilbert>. (data zvernennia: 14.05.2024). {in English}
3. Gavrilenko A.S. Formation of a new technological style as a direction of acceleration of innovative development of Ukraine. Market relations development in ukraine №9(220)2019, 119, 42–49. URL: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3526676>. (data zvernennia: 14.05.2024). {in Ukrainian}
4. Biriuk S.P. Metodychni osnovy rekonstruktsii miskykh promyslovykh terytorii. Avtoreferat dys. na zdob. nauk. stup. k.t.n. – 2013r. URL: <https://repository.knuba.edu.ua/server/api/core/bitstreams/689a7e52-4606-4a68-b2be-13fccf29c4ea/content>. (data zvernennia: 14.05.2024). {in Ukrainian}
5. H.P. Pidhrushnyi, M.D. Bykova. The industrial areas of Kyiv: Modern state and transformation directions. Ukrainian Geographical Journal. – №1(105), P. 33-42. URL: <https://doi.org/10.15407/ugz2019.01.033>. (data zvernennia: 14.05.2024). {in Ukrainian}
6. Ukaz Prezydenta Ukrainy "Pro Tsili staloho rozvytku Ukrainy na period do 2030 roku". Dokument 722/2019. Pryiniattia vid 30.09.2019. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/722/2019#Text>. (Data zvernennia 08.05.2024r.). {in Ukrainian}
7. The Factory System Workers and Factory Life. Cottage Industries Before the Industrial Revolution began, people produced goods in their homes Individuals. URL: <https://slideplayer.com/slide/3905194/>. (data zvernennia: 14.05.2024). {in Ukrainian}
8. Desiree Bowie. The Water Frame: Revolutionizing Textiles in the Industrial Age. 2023. URL: <https://science.howstuffworks.com/innovation/inventions/water-frame.htm>. (data zvernennia 14.05.2024). {in English}
9. Parova mashyna. Vikipediia — vilna entsyklopediia. – 2023. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Parova_mashyna. (data zvernennia 14.05.2024). {in Ukrainian}

10. Bondareva Ya. Naipotuzhnishi HES svitu. – 2020. URL: <https://mariupol.name/uk/articles/2111-naipotuzhnishi-ges-svitu>. (data zvernennia 14.05.2024). {in Ukrainian}
11. 17 tsikavykh faktiv pro promyslovist. Fakty pro... – 2021. URL: <https://faktypro.com.ua/page/17-czikavikh-faktiv-pro-promislovist>. (data zvernennia 14.05.2024). {in Ukrainian}
12. Mlyn. Vikipediia — vilna entsyklopetsiia. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Mlyn>. (data zvernennia 14.05.2024). {in Ukrainian}
13. Istoriia dvyhuniv vnutrishnoho zghoriannia. Vikipediia — vilna entsyklopetsiia. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Istoriia_dvyhuniv_vnutrishnoho_zghoriannia. (data zvernennia 14.05.2024). {in Ukrainian}
14. Promyslovist — odyń z holovnykh sektoriv ekonomiky. Insider News. – 2018. URL: <https://insidernews.info/promislovist-odin-z-golovnix-sektoriv-ekonomiky/>. (data zvernennia 14.05.2024). {in Ukrainian}
15. Viter dast svitlo ta enerhetychnu nezalezhnist kraini. Hromady maibutnoho. – . URL: <https://freedome.org.ua/en/viter-dast-svitlo-ta-enerhetychnu-nezalezhnist-kraini/>. (data zvernennia 14.05.2024). {in Ukrainian}
16. Vyrobnystvo paperu v Ukraini. Muzei paperu. URL: <https://zpf.company/paper-museum/virobnitstvo-paperu-v-ukraini/>. (data zvernennia 14.05.2024). {in Ukrainian}
17. Protsenko Svitlana. Pryzabuta istoriia: Talnivska paperova fabryka. Visti Cherkashchyny. – 2022. URL: <https://viche.ck.ua/talnivshhina/pryzabuta-istoriya-talnivska-paperova-fabryka/>. (data zvernennia 14.05.2024). {in Ukrainian}
18. Khto my i shcho robymo. Kyivskyi kartonno-paperovy kombinat. . URL: <https://www.papir.kiev.ua/>. (data zvernennia 14.05.2024). {in Ukrainian}
19. Materialnyi svit i suspilstvo v dobu velykykh heohrafichnykh vidkryttiv. Uabooks.top. – 2021. URL: <https://uabooks.top/1948-3-materalniy-svt-susplstvo-v-dobu-velikih-geografichnih-vdkryttiv.html>. (data zvernennia 14.05.2024). {in Ukrainian}
20. 10 vynakhodiv, yaki zminyly svit. – 2019. URL: <https://joy-pup.com.ua/science-ua/10-vinahodiv-jaki-zminili-svit/>. (data zvernennia 14.05.2024). {in Ukrainian}
21. Chorna metalurhiia Liuksemburhu. Vikipediia — vilna entsyklopetsiia. – 2024. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Chorna_metalurhiia_Liuksemburhu. (data zvernennia 14.05.2024). {in Ukrainian}
22. Metalurhiina promyslovist Ukrainy. Vikipediia — vilna entsyklopetsiia. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Metalurhiina_promyslovist_Ukrainy. (data zvernennia 14.05.2024). {in Ukrainian}

23. Khudozhni tkanyny doby baroko ta rokoko. ProArt (istoriia obrazotvorchoho i dekoratyvno-prykladnoho mystetstva). – 2020. URL: https://arshistorian.blogspot.com/2020/09/blog-post_20.html. (data zvernennia 14.05.2024). {in Ukrainian}
24. The Factory System. Students of History. URL: <https://www.studentsofhistory.com/the-factory-system>. (data zvernennia 14.05.2024). {in English}
25. Tkachenko Sofiia. Vid lehendy tkatskoi promyslovosti do khlibozavodu: yaki taiemnytsi zberihaie sukonna fabryka u Dnipri. Nashe misto Dnipro – 2022. URL: <https://nashemisto.dp.ua/2022/11/23/vid-lehendy-tkatskoi-promyslovosti-do-khlibozavodu-iaki-taiemnytsi-zberihaie-sukonna-fabryka-u-dnipri/>. (data zvernennia 14.05.2024). {in Ukrainian}
26. Berdychivska fabryka odiahu. Mii Berdychiv. – 2017. URL: <http://berdychiv.in.ua/istoriia-berdychivskoi-fabryky-odiahu/>. (data zvernennia 14.05.2024). {in Ukrainian}
27. Beresten Yurii. Do istorii katerynoslavskoho zavodu I.Ia. Ezau. Dnipro Kultura. – 2022. URL: https://www.dnipro.lib.dp.ua/Do_istoriyi_katerynoslavskoho_zavodu_I-Ya-Ezau. (data zvernennia 14.05.2024). {in Ukrainian}
28. Sud areshtuvav 100% aksii zavodu "Bilshovyk": prychna. Ekonomichna pravda. – 2022. URL: <https://www.epravda.com.ua/news/2022/01/13/681383/>. (data zvernennia 14.05.2024). {in Ukrainian}
29. Panorama potuzhnosti zavodu «Zaliv» u Kerchi, liutyi 2020 roku Foto: arkhiv BlackSeaNews. Tsentр zhurnalistskykh rozsliduvan. – 2020. URL: <https://investigator.org.ua/ua/news-2/225387/>. (data zvernennia 14.05.2024). {in Ukrainian}
30. Ferraris Maranello factory now building respirator parts to help coronavirus fight. – 2020. URL: <https://www.formula1.com/en/latest/article/ferraris-maranello-factory-now-building-respirator-parts-to-help-coronavirus.6NykgmRMptrerPefAnxxzX>. (data zvernennia 14.05.2024). {in English}
31. Taiemnytsi halytskykh nadr. Naftovyi bum pochatku XX stolittia do Pershoi svitovoi viiny. Fotohrafiia staroho Lvova. – 2017. URL: <https://photo-lviv.in.ua/tajemnytsi-halytskykh-nadr-naftovyj-bum-pochatku-xx-stolittya-do-pershoji-svitovoji-vijny/>. (data zvernennia 14.05.2024). {in Ukrainian}
32. Istoriiia promyslovoho osvoiennia nafty i pryrodnoho hazu Spoluchenykh Shtativ Ameryky. Vikipediia — vilna entsyklopediia. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Istoriiia_promyslovoho_osvoiennia_nafty_i_pryrodnoho_hazu_Spoluchenykh_Shtativ_Ameryky. (data zvernennia 14.05.2024). {in Ukrainian}

33. Poskrobok Yuliia. Promyslovist slantsevoi nafty v SShA mozhe zanepasty: prychna u nyzkykh tsinakh. 24 Ekonomika. – 2020. URL: https://24tv.ua/economy/slantseva-nafta-ssha-nizki-tsini-prizvedut-do-zanepadu-nafta-novini_n1358120. (data zvernennia 14.05.2024). {in Ukrainian}
34. Zarembo Tetiana. Novi maksimumy: nafta druhyi tyzhden pospil zrostaie v tsini cherez eskalatsiiu na Blyzkomu Skhodi (hrafiky). Fokus. – 2023. URL: <https://focus.ua/uk/economics/600506-novi-maksimumi-nafta-drugij-tizhden-pospil-zrostaye-v-cini-cherez-eskalaciyu-na-blizkomu-shodi-grafiki>. (data zvernennia 14.05.2024). {in Ukrainian}
35. Istoriia sylosu. Finpro Group. URL: <https://finpro.group/uk/wiki-uk/zberigannia/wiki-silosy-uk/istoriya-silosa>. (data zvernennia 14.05.2024). {in Ukrainian}
36. Yak vse pochynalosia: pershi zalizobetonni sylosy dlia zberihannia zerna. Elevatorist.com holovnyi elevatorny site krainy. – 2024. URL: <https://elevatorist.com/blog/read/881-yak-vse-pochynalosya-pershi-zalizobetonni-silosy-dlya-zberigannya-zerna>. (data zvernennia 14.05.2024). {in Ukrainian}
37. Kharchova promyslovist. S-Engeneering. – 2023. URL: <https://se.ua/solutions/pyshchevaia-prom-shlennost-2/>. (data zvernennia 14.05.2024). {in Ukrainian}
38. Ukraina na pochatku XX st. A Slideshare company. – 2017. – С. 23. URL: <https://www.slideshare.net/slideshow/xx-79768332/79768332>. (data zvernennia 14.05.2024). {in Ukrainian}
39. Verhunov Viktor. Istoriia vedennia silskoho gospodarstva v Ukraini u systemi derzhavnoho rehuliuвання. "Zerno" zhurnal suchasnoho ahropromyslovtsia. – 2017. URL: <https://www.zerno-ua.com/journals/2014/mart-2014-god/istoriya-vedennya-silskogo-gospodarstva-v-ukrayini-u-sistemi-derzhavnogo-regulyuvannya/>. (data zvernennia 14.05.2024). {in Ukrainian}
40. Optymalne rishennia dlia silskoho gospodarstva. TrekIT. URL: <https://trekit.com.ua/agro/optimalnoe-resheniya-dlya-selskogo-hozyajstva/>. (data zvernennia 14.05.2024). {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2076-815x.2024.86.113-129

УДК 721.012:616

Мацола В.В.,

vasyl.v.matsola@lpnu.ua, ORCID: 0009-0002-7339-8841

Мацола А.В.,

andrii.v.matsola@lpnu.ua, ORCID: 0009-0003-4891-0740

Національний університет "Львівська політехніка"

СТРАТЕГІЇ ПРОЄКТУВАННЯ БАГАТОКВАРТИРНОГО ЖИТЛА З УКРИТТЯМИ З УРАХУВАННЯМ ПАНДЕМІЧНИХ РИЗИКІВ: СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ТА НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ

Досліджується питання адаптації житлових просторів до пандемічних ризиків. Визначено, що створення спеціальних ізоляційних зон у нових житлових комплексах є одним з ключових аспектів. Ці приміщення повинні бути обладнані всім необхідним для комфортного перебування під час карантину, включаючи окремі санвузли та автономні системи вентиляції, що дозволить мінімізувати контакти між мешканцями та запобігти поширенню інфекцій. Обґрунтовано, що проєктування вентиляційних систем є важливим елементом у запобіганні поширенню вірусів. Сучасні вентиляційні системи повинні забезпечувати постійний приплив свіжого повітря та ефективно видалення забрудненого. важливим напрямком є зміна планування та зонування житлових просторів. Нові підходи до планування враховують можливість зменшення щільності заселення та створення умов для соціальної дистанції, так зони спільного користування повинні бути просторими та забезпечувати можливість дотримання безпечної відстані між людьми. Дослідження показали, що до визначальних тенденцій у галузі проєктування житлових просторів також належать підвищення приватності, створення робочих просторів, екодизайн та гнучкість. Пандемія нівелювала концепцію «Open-space» на користь інтер'єрного сепаратизму, що дозволяє створювати ізольовані зони для роботи, відпочинку та інших видів діяльності, що забезпечує комфортні умови для мешканців, які змушені проводити більше часу вдома. Інноваційні технології, такі як системи моніторингу стану здоров'я та смарт-домашні системи, можуть значно покращити безпеку та комфорт проживання. Впровадження таких технологій дозволяє швидко виявляти потенційні загрози та вживати необхідних заходів для їх нейтралізації. Виявлено принциповість впровадження екодизайну, що сприяє покращенню психічного та фізичного здоров'я мешканців. Зелені зони на балконах та терасах стабілізують емоційний стан людей, створюючи приватні сади у структурі житлового простору. Організація простору для самоізоляції та

зниження пандемічних ризиків вимагає нових підходів до планування житлових приміщень, спільних просторів та інфраструктури. Ці зміни сприяють створенню більш безпечного, комфортного та адаптивного житлового середовища в умовах пандемії.

Ключові слова: багатоквартирне житло; пандемія COVID-19; дизайн-проектування; інтер'єрний сепаратизм; вентиляція; укриття; сховище; цивільний захист населення.

Постановка проблеми. Пандемія COVID-19 значно вплинула на всі аспекти життя, включаючи архітектуру та проектування житла і потреба у забезпеченні безпечного та комфортного проживання набула нового значення, зокрема, для багатоквартирних будинків. В умовах пандемії, питання ефективних підходів проектування багатоквартирного житла з укриттями стало критично важливим, також пандемія виявила недоліки традиційних підходів до проектування багатоквартирного житла, виникла потреба у розробці нових стандартів, які забезпечать безпеку мешканців під час можливих майбутніх пандемій. Однією з ключових тем є створення укриттів та спеціальних зон у житлових будинках, які можуть слугувати для ізоляції у разі спалахів інфекційних захворювань. Режим самоізоляції простимулював процеси зближення людей, які проживають на одній житлоплощі, або, у деяких випадках, посилення міжособистісної конфронтації, як наслідок, виявив ряд недоліків планувального рішення та функціонального зонування житлового простору, що не враховує короткострокові та довгострокові потреби людини. Крім цього, пандемія сприяла виникненню сучасних тенденцій у галузі дизайн-проектування, що дозволяють організувати у квартирі комфортне середовище, завдання якого полягає у позитивному впливі на ментальне здоров'я індивіда. Отже, дослідження є актуальним та необхідним у сучасних умовах, воно сприяє розробці нових підходів до проектування багатоквартирного житла, які забезпечать безпеку та комфорт мешканців в умовах пандемічних ризиків.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Адаптація є однією з сучасних концепцій організації житла [10] і поширюється на пандемічну архітектуру. Феномен адаптації стосовно архітектури вивчався у працях: Буравченко С. [1] та Новаковський П. [2]. Сценарії, що мають на увазі статичну (передбачену) та динамічну (непередбачену) адаптацію архітектурних об'єктів.

Дослідження Буравченко С. [3] підкреслює важливість створення умов для мінімізації контактів між мешканцями, що потребує перегляду планувальних рішень та впровадження нових технологій. Інші дослідження Потапчук І., Бичковська Л. [4] акцентують увагу на необхідності покращення

вентиляційних систем для запобігання поширенню вірусів у житлових приміщеннях.

Пандемія підкреслила важливість зонування житлового простору. Відповідно до досліджень Кичко І. [5], виділення окремих зон для роботи, відпочинку, занять спортом та приготування їжі дозволяє створити більш комфортні умови для мешканців, які змушені проводити більше часу вдома. Нові підходи до планування мають враховувати можливість зменшення щільності заселення та створення умов для соціальної дистанції.

Зменшення контактів між мешканцями можна досягти за рахунок впровадження безконтактних технологій. За даними досліджень Мурзабаєва К., Лапшина Є., Туякаєва А. [6], використання автоматичних дверей, сенсорних вимикачів та безконтактних систем доступу значно знижує ризик передачі інфекцій через поверхні. Це робить користування житловими приміщеннями більш безпечним. Впровадження сучасних технологій, таких як системи моніторингу стану здоров'я та смарт-домашні системи, можуть значно покращити безпеку та комфорт проживання.

Мета і задачі дослідження. Метою статті є дослідження особливостей і провідних практик проєктування багатоквартирного житла з укриттями, що враховують пандемічні ризики. Дослідження спрямоване на вивчення сучасних тенденцій у проєктуванні житлових комплексів, які забезпечують безпеку, комфорт та гігієнічні умови для мешканців під час пандемій та інших епідемічних загроз.

Завдання дослідження:

- проаналізувати сучасні підходи до проєктування житлових комплексів;
- дослідити нові підходи та методи проєктування житлових приміщень та оцінити ефективність цих підходів в постпандемійний період;
- сформулювати рекомендації для архітекторів, будівельників та девелоперів щодо проєктування багатоквартирного житла з урахуванням пандемічних ризиків.

Матеріали та методи. 1. Адаптаційний метод використовується для виявлення та впровадження змін у проєктуванні житлових приміщень, які враховують пандемічні ризики. Цей метод включає аналіз існуючих житлових комплексів та виявлення їх недоліків в умовах пандемії. Основні кроки адаптаційного методу: вивчення поточних архітектурних рішень та їх відповідності вимогам, що виникають під час пандемії, Ідентифікація слабких місць у проєктуванні житлових приміщень, таких як недостатня вентиляція, відсутність ізоляційних зон, недостатня приватність, розробка рекомендацій щодо адаптації існуючих житлових комплексів, включаючи створення

спеціальних укриттів, покращення вентиляційних систем та впровадження безконтактних технологій.

2. Метод проєктного поєднання використовується для розробки нових архітектурних рішень, що поєднують різні елементи та технології для забезпечення безпеки та комфорту мешканців під час пандемій. Відбір архітектурних рішень та технологій, які відповідають виявленим потребам (наприклад, ізоляційні зони, сучасні вентиляційні системи, безконтактні технології). Інтеграція вибраних елементів у єдиний проєкт житлового комплексу, що забезпечує гармонійне поєднання функціональності, естетики та безпеки.

3. Системний метод проєктування житлових приміщень використовується для комплексного підходу до розробки житлових комплексів з урахуванням пандемічних ризиків. Проводиться оцінка всіх компонентів житлового комплексу, включаючи архітектурні, інженерні та технологічні рішення, для виявлення їх взаємозв'язків та впливу на загальну безпеку та комфорт мешканців. Розробка комплексних проєктних рішень, які враховують всі аспекти житлового комплексу (зонування, вентиляція, безконтактні технології, інноваційні системи моніторингу здоров'я).

Використання цих методів забезпечує комплексний підхід до вирішення проблем безпеки та комфорту мешканців, враховуючи сучасні тенденції та напрямки розвитку у проєктуванні житлових комплексів.

Результати та їх обґрунтування. Пандемія висвітлила багато недоліків у сучасних підходах до житлового проєктування і одним з ключових викликів стало питання забезпечення ізоляції та карантину для заражених осіб, а також створення умов для мінімізації контактів між мешканцями. Традиційні житлові комплекси часто не пристосовані для таких ситуацій, що спричинило необхідність пошуку нових рішень. Адаптація житлових просторів до пандемічних ризиків включає кілька важливих аспектів [2, 4]:

1) Створення спеціальних укриттів та ізоляційних зон. Нові житлові комплекси повинні передбачати наявність окремих приміщень для ізоляції мешканців, які можуть бути використані у випадку спалахів інфекційних захворювань. Такі приміщення мають бути обладнані всім необхідним для комфортного перебування під час карантину.

2) Покращення вентиляційних систем. Сучасні системи вентиляції повинні забезпечувати постійний приплив свіжого повітря та ефективно видалення забрудненого.

3) Впровадження безконтактних технологій. Зменшення контактів між мешканцями можна досягти за рахунок впровадження безконтактних

технологій, таких як автоматичні двері, ліфти, сенсорні вимикачі та інші подібні рішення.

4) Зміна планування та зонування. Нові підходи до планування житлових просторів мають враховувати можливість зменшення щільності заселення та створення умов для соціальної дистанції. Зони спільного користування повинні бути просторими та забезпечувати можливість дотримання безпечної відстані між людьми.

5) Інноваційні технології. Впровадження сучасних технологій, таких як системи моніторингу стану здоров'я, смарт-домашні системи та інші інновації, можуть значно покращити безпеку та комфорт проживання.

Одним з головних викликів стало забезпечення можливості ізоляції та зменшення контактів між мешканцями для запобігання поширенню інфекційних захворювань, що вплинуло на організацію внутрішнього простору та вимагало адаптації планувальних рішень. Однією з ключових змін у плануванні житлових приміщень є створення спеціальних зон для ізоляції, такі приміщення можуть бути використані у разі захворювання одного з членів родини, що дозволяє мінімізувати контакти з іншими мешканцями і вони мають бути обладнані окремими санвузлами та вентиляційними системами. Пандемія підкреслила важливість зонування житлового простору, так виділення окремих зон для роботи, відпочинку, занять спортом та приготування їжі дозволяє створити більш комфортні умови для мешканців, які часто змушені проводити більше часу вдома [7]. До сучасних тенденцій у галузі проєктування житлових просторів слід віднести:

1. Приватність. До пандемії, викликаній коронавірусною інфекцією, багато дизайнерів прагнули об'єднання основних функціональних зон у житлових просторах (кухня-вітальня, вітальня-їдальня, вітальня-кабінет) з метою створення єдиного приміщення типу «Open-space», а також збільшення площі квартири. Однак режим самоізоляції вніс свої корективи у загальноприйнятій концепції та підштовхнув фахівців у галузі середовищного дизайну до відмови від відкритого функціонального зонування на користь інтер'єрного сепаратизму. (рис. 1).

2. Робочий простір. З приходом у життя мільйонів людей дистанційного формату роботи навчання на перший план вийшла проблема відсутності в середньостатистичних квартирах повноцінного домашнього офісу, що забезпечує продуктивну діяльність певної групи споживачів середовищного дизайну. На час пандемії житловий простір квартири перетворився на публічну зону - імпровізований кластер, який зобов'язує наявність ізольованого, стильного та функціонального робочого місця для кожного члена сім'ї, щоб уникнути незручностей. Раніше в дизайн-проєктах інтер'єру цю зону

намагалися інтегрувати до складу конкретного приміщення - спальня, вітальня, кухня-вітальня, балкон. Водночас відокремленість робочого місця, площею поверхні не менше 120 см, досягається за рахунок використання розсувних перегородок, спеціальних дверей, що є частиною меблевої групи, перенесення в окрему частину квартири, яка відведена під домашній кабінет, або вбудовування в навісні шафи, що окремо стоять, компактні ніші.



Рис. 1. Поділ кімнат та зонування простору [8]

Зараз актуальним рішенням залишається і розміщення робочої зони на балконі, але лише за суворого обліку ергономічних вимог та наявності вільної площі під стіл - габарити столу становлять не більше 80 см завглибшки та 120-200 см завширшки, висота від підлоги до стільниці не менше 72 см [9] (рис. 2).

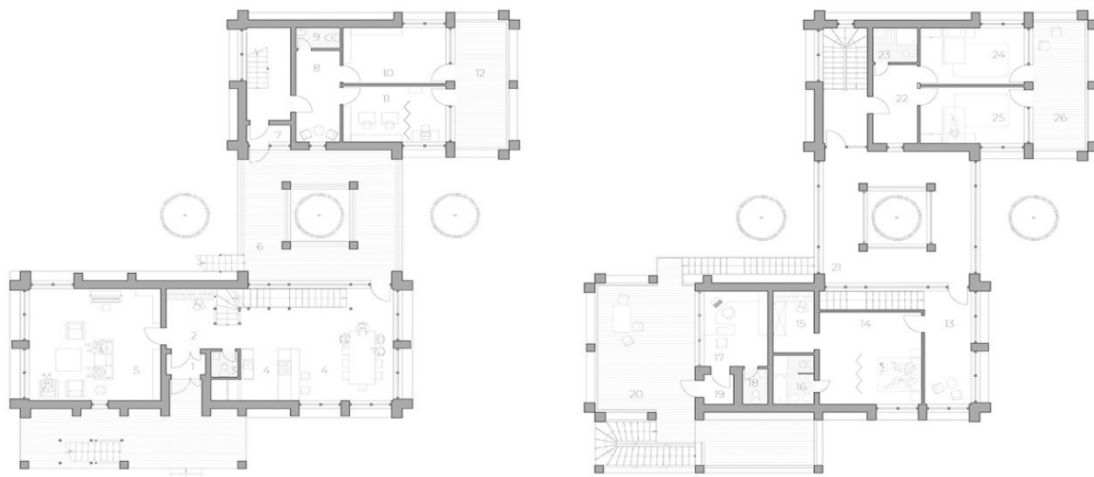


Рис. 2. Проектування виду «квартира-офіс» [10]

3. Екодизайн. У період пандемії багато людей зазнали негативного ефекту від самоізоляції та світової невизначеності і обмежувальні заходи вплинули на психічне та фізичне здоров'я населення. Для стабілізації емоційного стану

людей, які відчувають стрес на тлі поширення коронавірусної інфекції, фахівці в галузі ландшафтного дизайну та дизайну інтер'єру стали приділяти більше уваги благоустрою та озеленення балконів та лоджій, створюючи приватні сади у структурі житлового простору, які дозволяють привести людину до душевної рівноваги. Також не оминають і відкриті тераси у квартирах «преміум сегмента», що є альтернативою заміському будинку з невеликою ділянкою і виступають як додаткова функціональна зона дозвілля. При проєктуванні зелених куточків відмовляються від єдиного відкритого простору, що «перетікає», що досягається за рахунок приєднання частини кімнати до балкона [11].

4. Гнучкість та трансформованість. Через режим самоізоляції спостерігалось зростання функціонального навантаження на житлову площу, яка піддавалася різним змінам через стрімку зміну пріоритетів у мешканців та призначення конкретної зони у квартирі: основні зони перетворювалися на господарський блок, вбиральню, спортивний зал, домашній офіс, освітнє середовище, центр дозвілля тощо. У малогабаритних квартирах «економ сегменту» намітилася тенденція до виділення простору під окрему вбиральню та господарські потреби.

5. Ефективна вентиляція є важливим фактором у запобіганні поширенню вірусів. Нові планувальні рішення передбачають використання сучасних вентиляційних систем, які забезпечують постійний приплив свіжого повітря та ефективно видаляють забруднене. Впровадження безконтактних технологій дозволяє зменшити ризик зараження через поверхні, що включає автоматичні двері, сенсорні вимикачі, безконтактні системи доступу та інші подібні рішення, що роблять користування житловими приміщеннями більш безпечним (рис. 3) [12].



Рис. 3. Екстер'єр багатоквартирного житла з урахуванням пандемічних ризиків [13]

Гнучкість у плануванні житлових приміщень стала важливою тенденцією, і власне використання модульних конструкцій та трансформованих меблів дозволяє швидко адаптувати простір до змінних потреб мешканців, що особливо актуально у випадках, коли потрібно перетворити житлові кімнати на робочі зони або створити додаткові ізоляційні приміщення (табл. 1).

Таблиця 1

Визначальні складові в проектуванні багатоквартирного житла з укриттями з урахуванням пандемічних ризиків (розроблено авторами)

Назва тенденції	Визначальна особливість	Простота проєктної реалізації	Фактор забезпечення безпеки мешканців	Економічність витрат
Приватність	Відмова від концепції "Open-space" на користь інтер'єрного сепаратизму, використання декоративних перегородок	Середня	Забезпечення особистого простору, покращення психоемоційного стану	Середня
Робочий простір	Створення ізольованих робочих місць у квартирах, використання розсувних перегородок та спеціальних дверей	Висока	Забезпечення продуктивної роботи вдома, мінімізація контактів	Середня
Екодизайн	Озеленення балконів, лоджій та створення приватних садів, впровадження відкритих терас у квартирах "преміум сегменту"	Середня	Покращення психічного та фізичного здоров'я, стабілізація емоційного стану	Висока
Гнучкість та трансформованість	Створення багатофункціональних зон, що можуть швидко адаптуватися під різні потреби, використання модульних конструкцій	Висока	Можливість швидкої трансформації приміщень для ізоляції, роботи, відпочинку тощо	Середня
Ефективна вентиляція	Використання сучасних вентиляційних систем з постійним припливом свіжого повітря та видаленням забрудненого, HEPA-фільтри	Висока	Запобігання поширенню вірусів, покращення якості повітря	Висока
Безконтактні технології	Впровадження автоматичних дверей, сенсорних вимикачів та безконтактних систем доступу	Середня	Зменшення ризику передачі інфекцій через поверхні	Середня

Технологічні інновації значно розширили можливості забезпечення гігієни та безпеки у різних сферах життя. Використання новітніх розробок

дозволяє ефективно боротися з поширенням інфекцій, зменшувати ризики зараження та підвищувати рівень захисту населення.

1. Сенсорні технології та безконтактні системи. Одним з важливих аспектів є впровадження сенсорних технологій, які дозволяють мінімізувати контакти з поверхнями. Це включає безконтактні вимикачі світла, сенсорні крани, автоматичні двері та інші подібні рішення. Вони сприяють зменшенню ризику передачі інфекцій через контакт з забрудненими поверхнями [14].

2. Інтелектуальні системи моніторингу здоров'я. Використання смарт-технологій для моніторингу стану здоров'я мешканців дозволяє швидко виявляти потенційні загрози та вживати заходів для їх нейтралізації. Наприклад, інтегровані системи можуть відстежувати температуру тіла, рівень кисню у крові та інші показники, надаючи інформацію у режимі реального часу.

3. Інтелектуальні системи вентиляції. Ефективна вентиляція є одним з ключових факторів забезпечення здорового мікроклімату у приміщеннях, так вже сучасні інтелектуальні системи вентиляції дозволяють значно підвищити якість повітря та зменшити ризик поширення інфекцій. Інтелектуальні вентиляційні системи можуть автоматично регулювати повітрообмін залежно від рівня забруднення повітря, вологості та інших параметрів, що дозволяє підтримувати оптимальний мікроклімат у приміщеннях без зайвого споживання енергії. Сучасні системи вентиляції обладнані фільтрами високої ефективності, які здатні вловлювати навіть найдрібніші частинки, включаючи віруси та бактерії. Використання HEPA-фільтрів та інших передових технологій дозволяє забезпечити чистоту повітря у приміщеннях. Такі системи можуть бути інтегровані у громадські та житлові приміщення, забезпечуючи регулярну дезінфекцію поверхонь без втручання людини, що дає можливість підтримувати високий рівень гігієни навіть у місцях з високою відвідуваністю.

Варіанти проєктного рішення стають дедалі актуальнішими у зв'язку з наслідками глобальної пандемії COVID 19 та новими загрозами [15]. Впровадження таких функцій у проєктування житлових будинків може бути вкрай ефективним, оскільки вони менш шкідливі для довкілля, позитивно впливають на самопочуття мешканців, естетично покращують вигляд міста (див. рис. 4).

Пандемія COVID-19 показала, наскільки важливо мати ефективні системи захисту та ізоляції у разі надзвичайних ситуацій. Укриття, що інтегруються у структуру багатоквартирних будинків, мають виконувати кілька важливих функцій:

– Сховище для населення під час надзвичайних ситуацій. Укриття повинні бути обладнані всім необхідним для короткочасного перебування

людей – вентиляційними системами, запасами води, їжі та медикаментів, засобами першої допомоги;

– Ізоляційні зони під час пандемій. Укриття можуть бути використані для ізоляції інфікованих осіб або людей, які перебувають на карантині, що допоможе знизити ризик поширення інфекцій у будинку;

– Місця для тимчасового перебування під час евакуації. У разі небезпеки, що вимагає евакуації мешканців, укриття можуть слугувати тимчасовим притулком [8, 16].

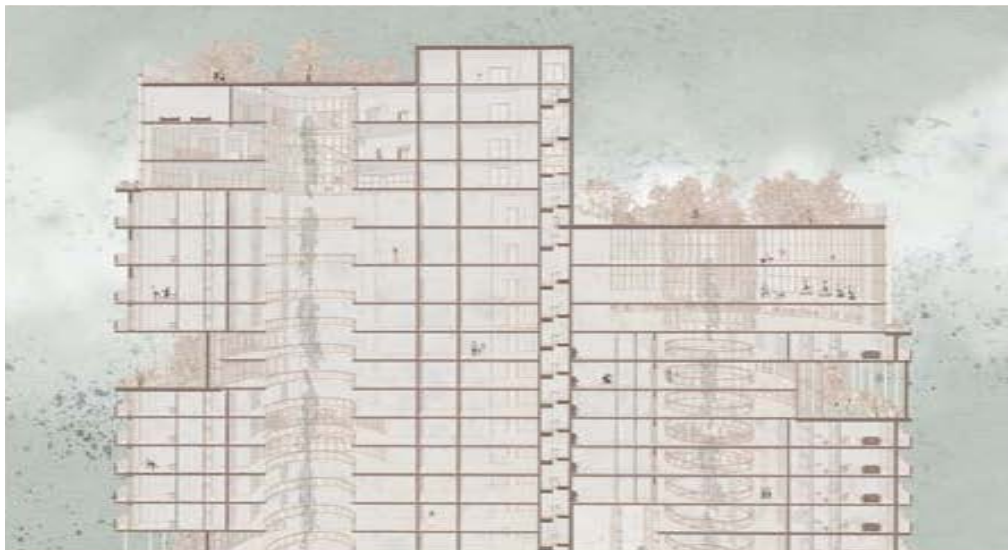


Рис. 4. Інтер'єр багатоквартирного житла з урахуванням пандемічних ризиків [16]

Проектування укриттів у багатоквартирних будинках вимагає врахування кількох ключових аспектів. Так укриття повинні бути легкодоступними з усіх частин будинку. Розташування у підвальних або цокольних поверхах є оптимальним, оскільки такі приміщення зазвичай мають природну захищеність. Системи вентиляції та фільтрації повітря, автономне електроживлення, санітарні вузли, запас води та продуктів повинні бути обов'язковими елементами укриттів. Використання сучасних технологій, таких як системи моніторингу стану повітря та автоматичного регулювання клімату, значно підвищить ефективність та комфорт. Укриття повинні вмщати достатню кількість людей, враховуючи кількість мешканців будинку. Планування має передбачати зони для сидіння, відпочинку, зберігання запасів та інші необхідні функції [17]. Структурна міцність укриттів повинна забезпечувати захист від вибухових хвиль, радіаційного та хімічного забруднення. Використання спеціальних матеріалів та конструкцій, що підвищують захисні властивості приміщень, є важливим аспектом проектування.

Інтеграція укриттів у житлові комплекси – це лише один з елементів цивільного захисту населення. Комплексний підхід передбачає також

забезпечення мешканців інформацією про розташування укриттів, порядок дій під час надзвичайних ситуацій, регулярні навчання та тренування та співпрацю з рятувальними службами, пожежниками, медичними установами для координації дій та забезпечення швидкого реагування у разі необхідності.

Проектування багатоквартирного житла з укриттями є важливим кроком до підвищення рівня безпеки та захисту населення в умовах сучасних викликів. Інтеграція укриттів у структуру житлових комплексів, врахування їх функціональності, технічного оснащення та безпеки дозволяє забезпечити ефективний захист мешканців під час надзвичайних ситуацій, пандемій та інших загроз.

Важливим також є вибір матеріалів з антимікробними властивостями та використання конструктивних елементів, що сприяють зниженню ризиків, є ключовими аспектами в архітектурі та будівництві, що допомагають створити більш здорове та безпечне середовище для життя і роботи. Матеріали з антимікробними властивостями [8, 17]:

- мідь відома своїми антимікробними властивостями. Наукові дослідження показали, що мідь може вбивати більшість бактерій та вірусів на своїй поверхні протягом декількох годин. Використання міді у виготовленні ручок дверей, кранів, поручнів та інших поверхонь, які часто контактують з руками, допомагає зменшити поширення інфекцій;

- срібло також має потужні антимікробні властивості. Наночастинки срібла можуть бути додані до різних матеріалів, таких як фарби, пластмаси та текстилі, для надання їм антимікробних властивостей, що допомагає створювати поверхні, які активно борються з мікроорганізмами;

- спеціальні антимікробні покриття можуть бути нанесені на різні матеріали, щоб запобігти росту бактерій та вірусів. Такі покриття часто використовуються в лікарнях, школах та інших громадських місцях, де гігієна є пріоритетом;

- сучасні керамічні матеріали можуть містити антимікробні добавки, що робить їх ідеальними для використання в місцях з високими вимогами до гігієни, таких як ванні кімнати та кухні.

Одним з найбільш ефективних способів зниження ризику зараження є мінімізація контактів з поверхнями. Безконтактні системи, такі як автоматичні двері, сенсорні крани та безконтактні системи доступу, допомагають зменшити ризик передачі інфекцій через поверхні. Планування приміщень з урахуванням можливості дотримання соціальної дистанції допомагає знизити ризик поширення інфекцій, що може включати збільшення відстані між робочими місцями, створення окремих зон для ізоляції та зменшення щільності заселення. Використання матеріалів, які легко очищуються та дезінфікуються, є важливим

аспектом у зниженні ризику зараження. Гладкі, непористі поверхні, такі як скло, метал та певні види пластику, легше підтримувати в чистоті та дезінфікувати. Вибір матеріалів з антимікробними властивостями та впровадження конструктивних рішень, що сприяють зниженню ризиків, є важливими кроками для забезпечення гігієни та безпеки в сучасному будівництві [12].

Одним із головних викликів, з яким зіткнулися архітектори під час пандемії, є забезпечення можливості ефективної самоізоляції в межах житлових приміщень. Це вимагає переосмислення традиційних підходів до планування.

1. Виділення окремих зон для ізоляції. Планування житлових приміщень повинно передбачати наявність окремих кімнат або зон, які можуть бути використані для ізоляції заражених осіб. Ці приміщення мають бути обладнані окремими санвузлами та мати можливість забезпечення автономної вентиляції.

2. Гнучкі планувальні рішення. Використання гнучких планувальних рішень, таких як модульні конструкції та трансформовані меблі, дозволяє швидко адаптувати житловий простір до змінних потреб мешканців, що стає особливо важливим у випадках, коли потрібно створити додаткові ізоляційні зони.

3. Збільшення площі житлових приміщень. Пандемія показала важливість простору для здорового життя і саме збільшення площі житлових приміщень дозволяє забезпечити комфортне перебування в умовах самоізоляції, зменшуючи ризик психологічного дискомфорту.

4. Приватні зовнішні простори. Забезпечення приватних зовнішніх просторів, таких як балкони, тераси та внутрішні дворики, стало пріоритетом, таке рішення дозволяє мешканцям проводити час на свіжому повітрі, не виходячи з дому, що є важливим для фізичного та психологічного здоров'я [11].

5. Зони соціальної дистанції. У громадських приміщеннях, таких як лобі, коридори та ліфти, необхідно забезпечити можливість дотримання соціальної дистанції, що може включати маркування на підлозі, розміщення меблів та зонування простору.

6. Безконтактні технології. Використання безконтактних технологій, таких як автоматичні двері, сенсорні вимикачі та безконтактні системи доступу, зменшує ризик передачі інфекцій через поверхні. Організація простору для самоізоляції та зниження пандемічних ризиків вимагає нових підходів до планування житлових приміщень, спільних просторів та інфраструктури. Використання гнучких планувальних рішень, збільшення площі житлових приміщень, впровадження безконтактних технологій та покращення вентиляційних систем є ключовими кроками для забезпечення безпеки та комфорту мешканців [14].

Кожний функціонал, що провокує появу груп людей, враховує все нові правила роботи під час пандемії та норми щодо дотримання соціальної дистанції. Головний плюс подібної архітектури – це гнучкість, комерційні поверхи легко переобладнати під потреби городян, тим самим підвищується рівень комфорту та пандемічної безпеки людей.

Висновки та рекомендації. Пандемія COVID-19 висвітлила важливість створення спеціальних приміщень для ізоляції мешканців у житлових комплексах. Такі приміщення повинні бути обладнані окремими санвузлами та автономною вентиляцією, що дозволить забезпечити комфортне перебування під час карантину та мінімізувати контакти з іншими мешканцями. Ефективна вентиляція є критичним фактором у запобіганні поширенню вірусів у житлових приміщеннях. Сучасні системи вентиляції повинні забезпечувати постійний приплив свіжого повітря та ефективно видалення забрудненого повітря, що значно знижує ризик передачі інфекцій.

Використання безконтактних технологій, таких як автоматичні двері, сенсорні вимикачі та безконтактні системи доступу, є важливим кроком у зменшенні ризику передачі інфекцій через поверхні і ці технології сприяють створенню більш безпечного житлового середовища. Пандемія підкреслила важливість адаптації планувальних рішень для забезпечення можливості соціальної дистанції. Нові підходи до планування мають включати виділення окремих зон для різних видів діяльності (роботи, відпочинку, приготування їжі) та створення просторих зон спільного користування, які дозволяють дотримуватися безпечної відстані між людьми. Визначено, що домінуючою є концепція відкритого планування житлових просторів на користь більш приватних та ізольованих зон, що допомагає зменшити ризик психологічного дискомфорту, забезпечуючи мешканцям більше особистого простору та можливість ізоляції у разі необхідності.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Буравченко С. Адаптивні архітектурно-будівельні системи оптимізовані за сценаріями змін. Сучасні проблеми Архітектури та Містобудування. 2023. №(65). С. 6–27. <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2023.65.6-27>.
2. Nowakowski P. Functional and aesthetic aspects of modernization of large panel residential buildings. in *Advances in Intelligent Systems and Computing*. Cham: Springer International Publishing. 2020. pp. 335–346. https://doi.org/10.1007/978-3-030-20151-7_32.
3. Буравченко С.Г. Сценарні методи формування сталої архітектури багатоквартирних житлових будинків. Сучасні проблеми архітектури та міс-

тобудування. 2020. Вип. 56. С. 305-322.

4. Потапчук І.В., Бичковська Л.С. Особливості проектування багатоповерхового житла в Україні та за кордоном: сучасні тенденції. Науковий вісник будівництва, 2021. том 104. №2. С. 86-94. doi.org/10.29295/2311-7257-2021-104-2-86-94.

5. Кичко І.І. Житлове будівництво в Україні у контексті урбаністичних та демографічних змін. Demography and Social Economy. 2021. №3 (45). С. 155–168. doi: 10.15407/dse2021.03.155 I

6. Murzabayeva K., Lapshina E., Tuyakayeva A. Modernization of the living environment space using the example of an urban array of residential buildings from the Soviet period in Almaty. Buildings, 12(7). 2022. pp. 1042. doi: 10.3390/buildings12071042.

7. Македон В.В., Валіков В.П., Федьора С.С. Удосконалення управління промисловими підприємствами на основі стратегій інноваційного розвитку. Європейський вектор економічного розвитку. 2019. №1. С. 108–125. DOI: 10.32342/2074-5362-2019-1-26-8.

8. Open Call: Pandemic Architecture International Ideas Competition. URL: <https://www.archisearch.gr/architecture/open-call-pandemic-architecture-international-ideas-competition/>.

9. Wainwright O. Smart lifts, lonely workers, no towers or tourists: Architecture after coronavirus // The Guardian. URL: <https://www.theguardian.com/artanddesign/2020/apr/13/smart-lifts-lonely-workers-no-towers-architecture-after-covid-19-coronavirus>

10. Architecture Beyond COVID-19. URL: <https://www.a4ac.co.za/architecture-beyond-covid-19>.

11. Македон В.В., Байлова О.О. Планування і організація впровадження цифрових технологій в діяльність промислових підприємств. Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія «Економічні науки». 2023. Випуск 47. С. 16-26. DOI: 10.32999/ksu2307-8030/2023-47-3

12. Coronavirus Design Competition. URL: <https://articles.godesignclass.com/competitions/coronavirus-design-competition>.

13. Rethink: 2025 – Design for life after COVID-19. URL: <https://www.ribaj.com/rethink2025/rethink-2025-post-covid-19-design-competition-riba-ribaj-arup>.

14. Македон В.В., Чабаненко А.В. Факторні складові цифровізації глобальної економіки та макроекономічних систем країн світу. Ефективна економіка. 2022. № 1. – URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=9875>. DOI: 10.32702/2307-2105-2022.1.11.

15. Budds D. Design in the age of pandemics. URL:

<https://archive.curbed.com/2020/3/17/21178962/design-pandemics-coronavirus-quarantine>

16. Pandemic Architecture. URL:

<https://www.archisearch.gr/architecture/open-call-pandemic-architecture-international-ideas-competition/>

17. Schneider T., Till, J. Flexible Housing. Oxford, United Kingdom: Architectural Press, 2007. 256 p.

Postgraduate Student **Matsola Vasyl**,
Postgraduate Student **Matsola Andriy**,
Lviv Polytechnic National University

DESIGN STRATEGIES OF APARTMENT HOUSING WITH SHELTERS TAKING PANDEMIC RISKS INTO ACCOUNT: CURRENT TRENDS AND DEVELOPMENT DIRECTIONS

The article explores the issue of adaptation of living spaces to pandemic risks. It was determined that the creation of special isolation zones in new residential complexes is one of the key aspects. These premises must be equipped with everything necessary for a comfortable stay during quarantine, including separate bathrooms and autonomous ventilation systems, which will minimize contact between residents and prevent the spread of infections. It is well-founded that the design of ventilation systems is an important element in preventing the spread of viruses. Modern ventilation systems must ensure a constant flow of fresh air and effective removal of contaminated air. an important direction is the change in planning and zoning of living spaces. New approaches to planning take into account the possibility of reducing population density and creating conditions for social distance, so common areas should be spacious and ensure the possibility of maintaining a safe distance between people. Research has shown that increasing privacy, creating workspaces, eco-design and flexibility are also defining trends in the field of residential design. The pandemic leveled the concept of "Open-space" in favor of interior separatism, which allows creating isolated areas for work, recreation and other activities, which provides comfortable conditions for residents who are forced to spend more time at home. Innovative technologies, such as health monitoring systems and smart home systems, can significantly improve the safety and comfort of living. The introduction of such technologies makes it possible to quickly identify potential threats and take the necessary measures to neutralize them. The importance of implementing eco-design, which contributes to improving the mental and physical health of residents, has been revealed. Green areas on balconies

and terraces stabilize the emotional state of people, creating private gardens in the structure of living space. Organizing space for self-isolation and reducing pandemic risks requires new approaches to planning living spaces, common spaces, and infrastructure. These changes contribute to the creation of a safer, more comfortable and adaptive living environment during the pandemic.

Keywords: multi-apartment housing; the COVID-19 pandemic; design-projection; interior separatism; ventilation; shelter; storage; civil protection of the population.

REFERENCES

1. Burachenko, S. (2023). Adaptyvni arkhitekturno-budivel'ni systemy optymizovani za stsenariyamy zmin [Adaptive architectural and construction systems optimized for change scenarios]. *Suchasni problemy Arkhitektury ta Mistobuduvannya*, (65), 6–27. <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2023.65.6-27> {in Ukrainian}
2. Nowakowski, P. (2020). Functional and aesthetic aspects of modernization of large panel residential buildings. in *Advances in Intelligent Systems and Computing*. Cham: Springer International Publishing, 335–346. https://doi.org/10.1007/978-3-030-20151-7_32. {in English}.
3. Buravchenko, S.H. (2020). Stsenarni metody formuvannia staloi arkhitektury bahatokvartyrnykh zhytlovykh budynkiv [Scenario methods of forming sustainable architecture of multi-apartment residential buildings]. *Suchasni problemy arkhitektury ta mistobuduvannya*, Vol. 56, 305-322. {in Ukrainian}
4. Potapchuk, I.V., Bychkovs'ka, L.S. (2021). Osoblyvosti proektuvannya bahatopoverkhovoho zhytla v Ukrayini ta za kordonom: suchasni tendentsiyi [Peculiarities of designing multi-storey housing in Ukraine and abroad: modern trends]. *Naukovyy visnyk budivnytstva*, Vol 104, 2, 86-94. doi.org/10.29295/2311-7257-2021-104-2-86-94. {in Ukrainian}
5. Kychko, I.I. (2021). Zhytlove budivnytstvo v Ukraini u konteksti urbanistychnykh ta demorafichnykh zmin [Housing construction in Ukraine in the context of urban and demographic changes]. *Demography and Social Economy*, 3 (45), 155–168. doi: 10.15407/dse2021.03.155 {in Ukrainian}
6. Murzabayeva, K., Lapshina, E. and Tuyakayeva, A. (2022). Modernization of the living environment space using the example of an urban array of residential buildings from the Soviet period in Almaty. *Buildings*, 12(7), 1042. doi: 10.3390/buildings12071042. {in English}.
7. Makedon, V.V., Valikov, V.P., Fedyora, S.S. (2019). Udoskonalennya upravlinnya promyslovyimi pidpryyemstvamy na osnovi stratehiy innovatsiynoho rozvytku [Improving the management of industrial enterprises based on innovative

development strategies]. European vector of economic development, No.1, pp. 108–125. DOI: 10.32342/2074-5362-2019-1-26-8. {in Ukrainian}.

8. Open Call: Pandemic Architecture International Ideas Competition. – Available at: <https://www.archisearch.gr/architecture/open-call-pandemic-architecture-international-ideas-competition/>. {in English}.

9. Wainwright, O. (2020). Smart lifts, lonely workers, no towers or tourists: Architecture after coronavirus // The Guardian. Available at: <https://www.theguardian.com/artanddesign/2020/apr/13/smart-lifts-lonely-workers-no-towers-architecture-after-covid-19-coronavirus> {in English}.

10. Architecture Beyond COVID-19. Available at: <https://www.a4ac.co.za/architecture-beyond-covid-19>. {in English}.

11. Makedon, V.V., Bailova O.O. (2023). Planuvannya i orhanizatsiya vprovadzhennya tsyfrovyykh tekhnolohiy v diyal'nist' promyslovykh pidpryyemstv [Planning and organizing the implementation of digital technologies in the activities of industrial enterprises]. Scientific Bulletin of Kherson State University. Series "Economic Sciences", Issue 47, 16-26. DOI: 10.32999/ksu2307-8030/2023-47-3. {in Ukrainian}.

12. Coronavirus Design Competition. Available at: <https://articles.godesignclass.com/competitions/coronavirus-design-competition>. {in English}.

13. Rethink: 2025 – Design for life after COVID-19. – Available at: <https://www.ribaj.com/rethink2025/rethink-2025-post-covid-19-design-competition-riba-ribaj-arup>. {in English}.

14. Makedon, V. and Chabanenko, A. (2022). Faktorni skladovi tsyfrovizatsiyi hlobal'noyi ekonomiky ta makroekonomichnykh system krayin svitu [Factor components of digitalization of the global economy and macroeconomic systems of countries]. Efektyvna ekonomika, [Online], vol. 1, available at: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=9875>. DOI: 10.32702/2307-2105-2022.1.11 {in Ukrainian}.

15. Budds, D. (2021). Design in the age of pandemics. Available at: <https://archive.curbed.com/2020/3/17/21178962/design-pandemics-coronavirus-quarantine> {in English}.

16. Pandemic Architecture. Available at: <https://www.archisearch.gr/architecture/open-call-pandemic-architecture-international-ideas-competition/> {in English}.

17. Schneider, T., & Till, J. (2007). Flexible Housing. Oxford, United Kingdom: Architectural Press. {in English}.

DOI: 10.32347/2076-815x.2024.86.130-140

УДК 72.01;725

Мустафа Махмуд Абдулгані Мустафа,
mustafa_ma@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-0634-9313,
Київський Національний Університет Будівництва і Архітектури

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ГРОМАДСЬКО-ТРАНСПОРТНОГО ЦЕНТРУ НА БАЗІ ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНОГО ВУЗЛА

Визначено особливості функціональної організації громадсько-транспортних центрів на базі транспортно-пересадочних вузлів в поєднанні з вокзальним комплексом. Підкреслено роль відсікаючих паркінгів у багатофункціональній структурі, розміщеній у вузлах планувального каркасу міста. Враховано переваги застосування сучасних видів екологічного громадського транспорту та засобів альтернативної енергії для обслуговування транспортно-пересадочних вузлів. В дослідженні використано метод аналізу аналогів та структурно-функціональний аналіз закордонних прикладів громадських центрів на транспортно-пересадочних вузлах. Надано пропозиції щодо розвитку станції «Київ-Волинський» у поєднанні з аеропортом «Київ».

Ключові слова: транспортно-пересадочний вузол; громадсько-транспортний центр; вокзальний комплекс; відсікаючий паркінг; альтернативна енергія.

Постановка проблеми.

Активний розвиток технологій функціонування населених пунктів та їхній взаємозв'язок потребує нових підходів до вирішення назрілих проблем. В недалекому майбутньому можливі зміни структури населених місць і системи життєзабезпечення населення у зв'язку з розвитком дистанційних зв'язків та розширенням сфер впливу штучного інтелекту. В тому числі – застосування безпілотних систем пересування, нових екологічних видів транспорту. Наразі треба приділити особливу увагу органічному синтезу видів транспорту із застосуванням широкого виду інфраструктури.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання розвитку транспортної системи міст не полишають актуальності, дослідження ведуться в напрямку оптимізації транспортних потоків, удосконалення транспортної мережі, вокзальних комплексів, естетиці середовища та забудови територій транспортно-пересадочних вузлів. Серед них: колективна монографія за заг. ред. Д.В. Ломотька [1]; Матеріали IV Міжнародної науково-практичної

конференції «Автомобільний транспорт та інфраструктура», м. Київ, Україна, 21–23 квітня 2021 року [2]; аналіз нових видів транспорту [3] наукові статті І.В. Древалі [4, 5]; статті і тези конференцій науковців та здобувачів [6 – 12, 17, 18]. Дана робота спирається на наукові праці, в яких досліджено закономірностей розвитку транспортно-пересадочних вузлів у залежності від величини та розташування у планувальній структурі міста, типологія та перспективи розвитку кожного з типів описані у працях В.О. Тімохіна, В.А. Щурової [13, 14].

Актуальність. Система пересадочних пунктів та їхнього громадського обслуговування залишатиметься актуальною, не дивлячись на виявлені у постановці проблеми варіанти розвитку транспортної інфраструктури. Пересадочний пункт – це пересадка з одного виду транспорту на інший, з одного місця в інше, потреба в швидкісному русі. І для позитивної організації транспортно-пересадочних вузлів необхідно встановити їхнє функціональне навантаження, яке виходить з потреб: робота, побут, відпочинок.

Метою публікації є визначення особливості функціональної організації громадсько-транспортних центрів на базі транспортно-пересадочних вузлів в поєднанні з вокзальним комплексом.

Методи досліджень. В дослідженні використано метод аналізу аналогів та структурно-функціональний аналіз закордонних прикладів громадських центрів на транспортно-пересадочних вузлах, історико-культурний аналіз станції «Київ-Волинський».

Основна частина.

Проблеми взаємодії зовнішнього (магістрального і приміського) транспорту з міським при здійсненні пасажирських сполучень, що виражається у взаємо погодженій містобудівній і технічній організації транспортної інфраструктури міста, багато в чому вирішується за рахунок розміщення і організації ключових структурних елементів – пересадочних вузлів.

Транспортно-пересадочні вузли є точками перетину шляхів різних видів транспорту і є вузловими точками каркасу міст. З комунікаційними вузлами невід’ємно пов’язані споруди міського значення, громадські, ділові та інші унікальні комплекси, що привертають масові потоки відвідувачів. Вузли міського каркасу зазвичай складаються із зони зовнішнього та внутрішнього транспорту, паркінгів, зони обслуговування, в якій важливу роль грають об’єкти тяжіння, як: торгово-розважальні центри, культурно-офісні комплекси, зони інженерних комунікацій [10].

В багатьох випадках з розширенням транспортних потоків транспортно-пересадочні вузли вимагають розвитку розв’язки, біля яких вони знаходяться. Громадсько-транспортні центри у структурі крупного міста формуються на

основі перетину шляхів залізниці примісько-міського сполучення, основних станціях та пересадочних вузлах, лініях і зупинках метро, біля залізничного вокзалу та інших залізничних лініях, автомагістралей, на межі центральної, середньої та периферійної зон міста вздовж кільцевих доріг та на перетині з ними вилітних магістралей. Проєктовані перехоплюючі парковки дозволять зменшити навантаження на автотранспортну систему міста, звільнивши її частково від власного автомобільного транспорту та активізації користування швидкісними видами громадського транспорту у містах [13].

Багатофункціональні структури, розміщені у вузлах планувального каркасу вирішуються в кількох рівнях згідно аналізу подібних об'єктів у країнах з розвинутою транспортною системою та системою пересадок. В підземному рівні доцільно розміщувати зони комунікацій, паркінг и для власного автотранспорту, вело, електро- транспортних засобів, зони руху міського підземного транспорту, підземні пішохідні переходи, мережу метрополітену, місця для заправки електромобілів. В наземному рівні доцільно розташовувати архітектурні комплекси, будівлі і споруди громадського призначення, тимчасові парковки.

Надземні частини – розвинуті стилобати висотних будівель також призначені для громадського обслуговування. Всі складові мають об'єднуватись горизонтальними і вертикальними комунікаціями.

Розвиток технічного обладнання рухомих тротуарів, ескалаторів та іншого допоміжного приладдя, що формують безбар'єрне середовище також необхідно враховувати при проєктуванні транспортно-пересадочних вузлів розосередженого характеру [14].

Окремої уваги також заслуговують сучасні системи екологічного громадського транспорту, монорельс. За рахунок використання енергії сонця, вітру, води, руху, при магістральні території можуть стати об'єктом експериментального впровадження пошуків альтернативної енергії. В місцях руху транспорту на паливі можна використовувати термоелектричний генератор, пристрій, призначений для перетворення тепла від вихлопних газів двигуна в електроенергію. Накопичувати енергію можна при використанні п'єзоелектричних матеріалів в покриттях доріг з великим потоком машин. У цьому випадку електрична енергія виробляється при русі машин по поверхні дороги. Для обігріву приміщень можна використовувати людське тепло, як це робиться в будівлі центрального вокзалу в Стокгольмі. За допомогою теплообмінників у вентиляційній системі вокзалу надмірне тепло перетворюється на гарячу воду, яка потім перекачується в опалювальну систему сусідньої будівлі. Нічне освітлення території також може

здійснюватися за рахунок генерації електроенергії з потоків повітря від машин, що проїжджають крізь багаторівневу структуру.

До основних засобів, що забезпечують енергоефективність громадських просторів транспортно-пересадочних вузлів відносяться: природна вентиляція і природне освітлення, застосування інтелектуальних систем керування простором, а також регульованих фасадних систем, поновлюваних систем енергії.

Сучасні вимоги до екологічності середовища включають можливість використання екологічно чистих поновлювальних джерел енергії, оптимальне використання енергії, збереження водних ресурсів, поліпшення якості середовища, його мікроклімату, сприятливого для великих мас людей.

У повноцінному сучасному транспортному вузлі мають використатись такі види транспорту, як: автобус, тролейбус, станція метро, монорельс. Монорельс – це однорейкова залізниця як вид позашляхового транспорту на естакаді або підвішена, або рухома по однорядній рейці. Основна перевага в тому, що монорельсова дорога як і метрополітен не займає місце на перенавантажених магістралях міста. Монорельсовий состав може долати крутіші вертикальні ухили в порівнянні з будь яким дворельсовим транспортом. Швидкість також може перевищувати швидкість традиційних рейкових составів. Основним напрямком розвитку цього виду є зменшення шуму.

Закордонна практика проєктування багатопарових структур у місцях транспортно-пересадочних вузлів демонструє велику різноманітність їх характеристик за місце розташуванням, насиченням об'єктами обслуговування, способом використання підземного простору. Реконструкція площі Рамзеса в Каїрі (архітектори Гоар Ісаханян, Севада Петросян, Телемак Ананян, Армен Гавджян, Карен Агаджанян, Аргіна Кочкоян). Воронки-спіралі слугують транспортними розв'язками для нерегульованої світлофорами швидкісної магістралі. Магістраль прокладена в чотирьохрівневій трубці, підвішеній на мосту. На першому рівні розміщені лінії метро, на другому – транзитні комунікації (вода, газ, електрика, цифровий зв'язок тощо), третій і четвертий рівні відведені під рух автомобілів.

Аналіз розташування транспортно-пересадочних вузлів у різних містах світу показує, що головні вузли знаходяться переважно поблизу загальноміського центру (і в самому центрі), рідше ближче до периферійної зони міста а також в місцях розміщення вокзалів різних видів зовнішнього транспорту.

У надвеликих містах з розвиненою транспортною інфраструктурою можливі наступні основні сполучення взаємодіючих видів транспорту: залізничні дороги, включно з регіональними (експресними) і приміськими

лініями – міський рельсовий транспорт (метрополітен, трамвай); залізничні дороги – наземний міський транспорт; аеропорт (аеровокзал) – залізниця, наземний міський транспорт; порт річковий або морський – залізниця; наземний міський транспорт; метрополітен – наземний міський та інші види транспорту.

Розподіл пасажиропотоку між кількома вокзалами поширене в багатьох великих містах Європи. Наприклад, у Варшаві всі пасажирські поїзди зупиняються на трьох станціях – Варшава-Західна, Варшава-Центральна та Варшава-Східна. У великих містах Європи один вокзал припадає в середньому на 550 тис. мешканців, тоді, як у Києві – один вокзал на 3 млн. мешканців.

Найбільш значними за потоком пасажирів та за територією є транспортні зони пересадочних вузлів, що формуються на базі вокзальних комплексів. Їх особливістю є наявність пересадочних зон, що займають території радіусом 100 – 400 м площею 1,5 – 16 га. При цьому максимальні відстані між пунктами зупинок міського вуличного та зовнішнього транспорту на привокзальних площах можуть досягати 700 м, число маршрутів наземного транспорту – до 10-20, а зупиночних пунктів – до 12.

Для поліпшення умов пересадки необхідно передбачати гранично компактні планувальні рішення таких вузлів, в яких пішохідний шлях не перевищує 100 – 150 м. Оптимальні рішення вузлів можливі при паралельному розміщенні пристроїв посадки-висадки (наприклад, залізничних платформ, станцій метрополітену) з урахуванням активного використання підземного простору, а також блокування окремих будівель і споруд. На привокзальних площах виділяють ділянки, призначені для посадки і висадки пасажирів, стоянки для короткочасного і довготривалого зберігання засобів громадського, спеціального, вантажного та індивідуального транспорту та ізольовані від шляхів руху транзитного транспорту.

Громадсько-транспортні центри створюються багаторівневими. Підземний простір в таких будівлях використовується до 20-30 м і в окремих випадках – до 70 м від поверхні землі (на ділянці RER в центрі Парижу).

Наочний досвід, накопичений у ряді закордонних міст: Парижі, Монреалі, Гельсінкі, Лос-Анджелесі, Лондоні, де у вокзальних комплексах пересадочних вузлів широко використовується підземний простір для розміщення об'єктів функціонального призначення (багажні відділення, камери схову, вбиральні та ін.) і супутнього обслуговування (торговельні точки, кіоски та ін.).

Прикладом багаторівневого транспортно-пересадочного вузла в центральній частині міста слугує громадсько-транспортний центр на площі Хауптвахе у м. Франкфурт-на-Майні в Німеччині. Він складається з проїжджої частини, пішохідних переходів, торгових точок, кафе, обладнання, платформ

перспективних ліній, платформ діючих ліній з експлуатацією потягами міської залізниці, лінії електрофікованої залізниці з швидкісним приміським сполученням, лінії напівкільцевої залізниці [15].

Інший приклад – транспортний вузол і торговий центр під площею Карлсплатц-Штахус. Модернізація почалася у 1970-х роках протягом 40 років. Магазини, ресторани, кафе, підземні поверхи оточуючих торгових будівель, підземний вокзал метро (U-bahn) і міської електрички (S-bahn), підземні автомобільні паркінги на трьох рівнях. Підземний торговий центр Штахуса 350 м довжиною, 150 м шириною та 40 м глибиною.

Прикладом громадсько-транспортного центру на базі залізничного вокзалу також являється новий Центральний вокзал Роттердама. Залізничний вокзал Роттердама являє собою цілий комплекс, що об'єднує в собі функції транспортного вузла і торгового центру. Таким чином, крім забезпечення перевезень вокзал виконує і додаткові функції: в його приміщеннях можна поїсти і зробити необхідні покупки. К поїздам треба проходити по підземному тунелю, з якого є вертикальні виходи на конкретну платформу. Роттердамський Центральний вокзал є одним з найважливіших транспортних вузлів у Нідерландах. В доповнення до Європейської мережі швидкісних поїздів (HTS), Роттердамський Центральний вокзал також зв'язаний з легкою залізничною системою Randstad Rail. Інтеграція в міське середовище – одна з важливих задач вокзалу, що має статут міжнародного. Об'єднання різнохарактерного міського середовища на північному та південному боках вокзалу визначені ступенем значущості входів. Скромніший вхід організовано для меншої кількості пасажирів, а парадний вхід на міському боці є домінантою в ансамблі багатоповерхового міського центру. Площа перед вокзалом являє собою безперервний громадський простір. Паркінг на 750 автомобілів і велостоянка на 5200 місць знаходяться під майданом. Автобус, трамвай, таксі і місця для короткочасного паркування інтегровані в існуючу міську тканину і не чинять перепон для вільного переміщення пішоходів і транспорту [16].

Перспективним для розвитку транспортно-пересадочним вузлом міста Києва є об'єднання Міжнародного аеропорту «Київ» імені Ігоря Сікорського (Жуляни) зі станцією «Київ-Волинський» – вузловою дільничною станцією першого класу Південно-Західної залізниці [17]. Є однією зі станцій міської кільцевої електрички. У першій половині ХХ сторіччя, після того як у Києві побудували північне залізничне кільце, виникла необхідність направляти вантажні потяги з основного фастівського напрямлення, прямо на Київ-Петрівку і далі на Дарницю. У зв'язку з чим була побудована ця залізнична дорога, що відходить вліво від основного фастівського ходу. Далі вона проходить повз Борщагівський фармакологічний завод, потім повз станцію Борщагівка, потім у

бік платформи Рубежівська [18, 19]. Наразі станція не має репрезентативного вигляду, тому вона розглядається як перспективна ділянка для формування транспортно-пересадочного вузла з відсікаючим паркінгом, громадським обслуговуванням та об'єднанням з терміналом аеропорту. Незалежно від величини, вокзали призначені для обслуговування пасажирів і транспорту і повинні бути сучасними спорудами, що прикрашають вигляд наших міст і селищ, спорудами зручними, економічними, естетично виразними.

Висновки. При формуванні громадсько-транспортного центру на базі транспортно-пересадочного вузла рекомендується блокування транспортних будівель із загальноміськими об'єктами культурно-побутового призначення, а саме: готель, транспортне агенство, ресторан, кафе, торговельний центр, рідше кіно-та концертні зали). А також інші форми об'єднання в залежності від місцевих умов та величини пасажиропотоку у вузлі. Слід передбачити і можливості автообслуговування: тимчасові автостоянки, паркінги, гаражі-сховища, ремонт, огляд автомобілів тощо. Важливим елементом інженерного облаштування стануть локальні транспортні системи: рухомі доріжки, транспортери, ескалатори, ліфти тощо. При використанні локальних транспортних систем необхідно передбачати додаткові лінії ескалаторів або підйомників спеціального типу для обслуговування маломобільних верств населення. Відокремлені блоки громадсько-транспортного центру можуть бути об'єднані за допомогою підземних і наземних комунікацій, що забезпечують безперешкодний прохід пішоходів, проїзд транспортних засобів.

Перспективи дослідження потребують соціологічного опитування та застосування методу експертних оцінок.

Список джерел

1. Науково-технічні дослідження у галузі транспорту: колективна монографія / за заг. ред. Д.В. Ломотька. – Академія технічних наук України. – Івано-Франківськ: Видавець Кушнір Г. М., 2022. Т2. – 216 с.
2. Автомобільний транспорт та інфраструктура: IV Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, Україна, 21–23 квітня 2021 року: тези конференції. Київ. 2021. 231 с.
3. FutureNow Technologies & Science Blog. 29.04.2024 URL: <https://futurenow.com.ua/transport-majbutnogo-5-tehnologij-yaki-zminyvat-sferu-transportu/>.
4. Древаль І.В. Принципи містобудівного формування залізничних вокзальних комплексів/ *Містобудування та територіальне планування*, 2012. Вип. 45(1). С. 246-253.
5. Древаль, І. Актуальні напрямки наукових досліджень та практичний досвід формування комунікаційної інфраструктури сучасного міста. *Містобудування та*

територіальне планування, 2023. Вип. 82. С. 114–128. <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2023.82.114-128>.

6. Кристопчук М.Є., Меленчук Т.М. Щодо методу встановлення кількісних параметрів взаємного впливу об'єктів транспортної інфраструктури. *Матеріали V-ої Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції “Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту” 13-14 квітня 2017р.* – Вінниця: ВНТУ, 2017. С. 67-72.

7. Кристопчук М.Є., Бичко З.В. До питання розміщення міських транспортно-пересадочних вузлів. *Комунальне господарство міст.* Харків: ХНУГ ім. А. Бекетова, 2012. Вип. 103. С. 374-378.

8. Мустафа Махмуд Абдулгані Мустафа, Архітектурна виразність об'єктів обслуговування, розташованих на транспортно-пересадочних вузлах *Просторовий розвиток*, 2023. Вип. 6. С. 68-79 DOI: 10.32347/2786-7269.2023.5.68-79.

9. Пустовойт Р.О. Практичний досвід організації транспортного сполучення міста та аеропорту та його вплив на формування транспортно-пересадочних вузлів. *Теорія та практика дизайну. Architecture and construction.* 2022, Вип. 25. С. 100-109. <https://doi.org/10.18372/2415-8151.25.16786>.

10. Андрощук А.С. Пропозиції з реорганізації елементів планувального каркасу міста. *Містобудування та територіальне планування*, 2009. Вип. 14. С. 14-19.

11. Рейцен Є.О., Томкевич К.О. Міські транспортно-пересадочні вузли і логістика. *Містобудування та територіальне планування*, 2004. Вип. 17. – С. 276-291.

12. Зенькович Н.Г. Особливості формування транспортного середовища. *Сучасні проблеми архітектури та містобудування*, 2012. Вип. 29. С. 226-230.

13. Тімохін В.О., Гарбар М.В., Щурова В.А. Особливості використання підземних просторів для велосипедних стоянок у складі транспортно-пересадочних вузлів. *Архітектурний вісник КНУБА*, 2023. – Вип. 28. С. 118 – 127. <https://doi.org/10.32347/2519-8661.2023.28.118-127>.

14. Щурова В.А. Архітектурно-планувальна організація міської забудови у зоні впливу транспортно-пересадочних вузлів: Дис. канд. арх.: 18.00.04- К., 2005. –178 с.

15. Southern Cross Station. URL: <https://southerncrossstation.net.au/>.

16. Rotterdam Centraal Station. URL: <https://www.west8.com/>.

17. Передерій Н.В., Гребенніков В.М. Міжнародний аеропорт «Київ» (Жуляни): історія і розвиток. *Програма XV Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених і студентів «Політ. Сучасні проблеми науки» (8-9 квітня 2015 року).* К.: НАУ, 2015. С. 1.

18. Олег Шаблій, Юрій Борсук. Геологістичні аспекти залізничних пасажирських перевезень в Україні. *Часопис соціально-економічної географії*, 2021. Вип. 31. С. 37-46. <https://doi.org/10.26565/2076-1333-2021-31-03>.

19. Київ: енциклопедичний довідник / за ред. А.В. Кудрицького. – К.: УРЕ, 1981. – 736 с.

postgraduate student **Mustafa Mahmood Abdulgani Mustafa**,
Department of Architectural Design of Civil Buildings and Structures,
Kyiv National University of Construction and Architecture.

FEATURES OF THE FORMATION OF A PUBLIC TRANSPORTATION CENTER BASED ON A TRANSPORTATION AND TRANSFER NODE

The article defines the features of the functional organization of public transport centres on the transport interchanges in combination with the station complex. The role of cut-off parking lots in the multifunctional structure placed in the nodes of the city's planning framework is emphasize. The advantages of using modern types of ecological public transport and means of alternative energy for the maintenance of transport interchanges are take into account. The study uses the method of analogue analysis and structural-functional analysis of foreign examples of public centres at transport interchanges. Proposals for the development of the Kyiv-Volynskiy station in conjunction with the Kyiv airport have been submit. It is recommend to block transport buildings with city objects of cultural and household purpose: hotel, transport agency, restaurant, cafe, shopping centre, rarely cinema and concert halls). As well as other forms of association, depending on local conditions and the amount of passenger traffic in the node. Car service opportunities should also: temporary parking lots, parking lots, storage garages, repairs, car inspections, etc. An important element of engineering is local transport systems: moving tracks, conveyors, escalators, elevators, etc. When using local transport systems, it is necessary to provide additional lines of escalators or lifts of a special type to serve people with reduced mobility. Separate blocks of the public transport centre can be unite with the help of underground and surface communications, which ensure the unhindered passage of pedestrians and the passage of vehicles.

Keywords: transport interchange; public transport centre; station complex; cut-off parking; alternative energy.

REFERENCES

1. Naukovo-tekhnichni doslidzhennya u haluzi transportu [Scientific and technical research in the field of transport]: kolektyvna monohrafiya / za zah. red. D.V. Lomot'ka.– Akademiya tekhnichnykh nauk Ukrayiny. – Ivano-Frankivs'k: Vydavets' Kushnir H. M., 2022. T2. – 216 p. {in Ukrainian}
2. Avtomobil'nyy transport ta infrastruktura: IV Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiya, m. Kyyiv, Ukrayina, 21–23 kvitnya 2021 roku: tezy konferentsiyi. Kyyiv. 2021. 231 p. {in Ukrainian}

3. Future Now Technologies & Science Blog. 29.04.2024 URL: <https://futurenow.com.ua/transport-majbutnogo-5-tehnologij-yaki-zminyvat-sferu-transportu/> {in English}
4. Dreval', I.V. Pryntsypy mistobudivnoho formuvannya zaliznychnykh vokzal'nykh kompleksiv. [Principles of urban development of railway station complexes]/ *Mistobuduvannya ta terytorial'ne planuvannya*, 2012. Vyp. 45(1). Pp. 246-253. {in Ukrainian}
5. Dreval', I. Aktual'ni napryamky naukovykh doslidzhen' ta praktychnyy dosvid formuvannya komunikatsiynoyi infrastruktury suchasnoho mista. [Current directions of scientific research and practical experience of forming the communication infrastructure of a modern city]. *Mistobuduvannya ta terytorial'ne planuvannya*, 2023. Vyp. 82. Pp. 114–128. <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2023.82.114-128> {in Ukrainian}
6. Krystopchuk, M.YE., Melenchuk, T.M. Shchodo metodu vstanovlennya kil'kisnykh parametriv vzayemnoho vplyvu ob"yektiv transportnoyi infrastruktury. [Regarding the method of establishing quantitative parameters of mutual influence of transport infrastructure objects]. *Materialy V-oyi Mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi internet-konferentsiyi "Problemy i perspektyvy rozvytku avtomobil'noho transportu" 13-14 kvitnya 2017r.* – Vinnytsya: VNTU, 2017. Pp. 67-72. {in Ukrainian}
7. Krystopchuk, M.YE., Bychko, Z.V. Do pytannya rozmishchennya mis'kykh transportno-peresadochnykh vuzliv. [On the issue of location of urban transport interchanges]. *Komunal'ne hospodarstvo mist*. Kharkiv: KHNUH im. A. Beketova, 2012. Vyp. 103. Pp. 374-378. {in Ukrainian}
8. Mustafa Makhmud Abdulhani Mustafa, Arkhitekturna vyraznist' ob"yektiv obsluhovuvannya, roztashovanykh na transportno-peresadochnykh vuzlakh. [Architectural expressiveness of service facilities located at transport and interchange hubs]. *Prostorovyy rozvytok*, 2023. Vyp 6. Pp. 68-79 DOI: [10.32347/2786-7269.2023.5.68-79](https://doi.org/10.32347/2786-7269.2023.5.68-79) {in Ukrainian}
9. Pustovoyt, R.O. Praktychnyy dosvid orhanizatsiyi transportnoho spoluchennya mista ta aeroportu ta yoho vplyv na formuvannya transportno-peresadochnykh vuzliv. [Practical experience of the organization of transport connections between the city and the airport and its influence on the formation of transport interchanges]. *Teoriya ta praktyka dyzaynu. Architecture and construction*. 2022, Vyp. 25. Pp. 100-109. <https://doi.org/10.18372/2415-8151.25.16786> {in Ukrainian}
10. Androshchuk, A.S. Propozytsiyi z reorhanizatsiyi elementiv planoval'noho karkasu mista. [Proposals for the reorganization of the elements of the

planning framework of the city]. *Mistobuduvannya ta terytorial'ne planuvannya*, 2009. Vyp. 14. Pp.14-19. {in Ukrainian}

11. Reytsen, YE.O., Tomkevych, K.O. Mis'ki transportno-peresadochni vuzly i lohistyka. [Urban transport and interchange hubs and logistics]. *Mistobuduvannya ta terytorial'ne planuvannya*, 2004. Vyp. 17. Pp. 276-291. {in Ukrainian}

12. Zen'kovych, N.H. Osoblyvosti formuvannya transportnoho seredovyscha. [Peculiarities of the formation of the transport environment]. *Suchasni problemy arkhitektury ta mistobuduvannya*, 2012. Vyp. 29. Pp. 226-230. {in Ukrainian}

13. Timokhin, V.O., Harbar M.V., Shchurova V.A. Osoblyvosti vykorystannya pidzemnykh prostoriv dlya velosypednykh stoyanok u skladi transportno-peresadochnykh vuzliv. [Peculiarities of the use of underground spaces for bicycle parking as part of transport interchanges]. *Arkhitekturnyy visnyk KNUBA*, 2023. – Vyp 28. Pp. 118 – 127. <https://doi.org/10.32347/2519-8661.2023.28.118-127> {in Ukrainian}

14. Shchurova, V.A. Arkhitekturno-planuval'na orhanizatsiya mis'koyi zabudovy u zoni vplyvu transportno-peresadochnykh vuzliv [Architectural and planning organization of urban development in the zone of influence of transport interchanges]: Dys. kand. arkh.: 18.00.04- K., 2005. –178 p. {in Ukrainian}

15. Southern Cross Station <https://southerncrossstation.net.au/> {in English}

16. Rotterdam Centraal Station <https://www.west8.com/> {in English}

17. Perederiy N.V., Hrebennikov V.M. Mizhnarodnyy aeroport «Kyiv» (Zhulyany): istoriya i rozvytok. ["Kyiv" International Airport (Zhulyany): history and development]. *Prohrama XV Mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi molodykh uchenykh i studentiv «Polit. Suchasni problemy nauky» (8-9 kvitnya 2015 roku)*. K.: NAU, 2015. P. 1. {in Ukrainian}

18. Oleh Shabliy, Yuriy Borsuk. Heolohistychni aspekty zaliznychnykh pasazhyrs'kykh perevezen' v Ukrayini. [Geological aspects of railway passenger transportation in Ukraine]. *Chasopys sotsial'no-ekonomichnoyi heohrafiyi*, 2021. Vyp. 31. Pp. 37-46. <https://doi.org/10.26565/2076-1333-2021-31-03> {in Ukrainian}

19. Kyiv: entsyklopedychnyy dovidnyk [Kyiv: encyclopedic guide] / za red. A.V. Kudryts'koho. – K.: URE, 1981. – 736 p. {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2076-815x.2024.86.141-150

УДК 711; 72.01; 721

к.арх. **Павленко Т.О.**,
tanya.mukha.85@gmail.com, ORCID: 0000-0001-8374-554X,
Національний університет «Запорізька політехніка»,
к.т.н., професор **Литвиненко Т.П.**,
litta2510@gmail.com, ORCID: 0000-0002-7229-201X,
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»,
Єншуєва Т.В., rybanichkaya@ukr.net, ORCID: 0009-0009-9136-2595,
Пасічна Т.О., tanya.pas@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9893-8317,
к.арх., доцент **Зубричев О.С.**,
woodlook92@ukr.net, ORCID: 0000-0002-0948-7033,
Національний університет «Запорізька політехніка»

ОСНОВНІ ПРОБЛЕМИ БЕЗБАР'ЄРНОСТІ ВУЛИЧНО-ДОРОЖНЬОГО СЕРЕДОВИЩА В СУЧАСНИХ УМОВАХ

В даних матеріалах дослідження розглянуто основні проблеми безбар'єрності вулично-дорожнього середовища в сучасних умовах. Розглянуто важливість вивчення основних проблем та пошуку їх рішень, спираючись на нормативні документи з метою створення простору без бар'єрів.

Проаналізовано поточний стан забезпечення фізичної доступності до інфраструктури у містах та населених пунктах. Виявлено, що окрім відсутності елементів доступності ще більшу проблему складає неправильне їх застосування. Визначено необхідність проектування вулично-дорожнього середовища та його елементів із урахуванням потреб маломобільних груп населення.

Ключові слова: безбар'єрність; вулично-дорожнє середовище; інклюзія; доступність; маломобільні групи населення; міські простори.

Постановка проблеми. Сучасні тенденції в архітектурі та містобудуванні повинні базуватися на інклюзивних принципах формування середовища з урахуванням наслідків російсько-української війни. Проектування нового та реконструкція існуючого простору повинно враховувати особливості житлового та громадського середовища для маломобільних груп населення, їх переміщення від житлових об'єктів до рекреації та місць прикладання праці.

Відсутність безбар'єрного середовища не тільки створює проблеми для мільйонів громадян, але й призводить до погіршення добробуту кожної людини. Найявніші перешкоди є у загальному доступі до інфраструктури, у кожному аспекті життя людини, особливо у даній час, коли йде війна на території України і люди відчувають наслідки військових дій.

Відповідно до Національної стратегії із утворення безбар'єрного простору в Україні, яка направлена на передові розробки, спираючись на нормативні документи з метою створення простору без бар'єрів, а саме: Конвенцією прав людей з інвалідністю, Європейською соціальною хартією тощо, повинно бути забезпечено безперешкодне пересування у громадському просторі людей та отримання ними інформації у найзручніший спосіб.

Цим стратегічним документом передбачається забезпечення фізичної безбар'єрності, а саме: доступність у громадському просторі, спорудах та будівлях, у транспорті, у різних об'єктах інфраструктури для усіх груп населення, включно із інвалідами, людей похилого віку, батьків із візочками з дітьми, а також людей, які мають тимчасові порушення здоров'я та інших маломобільних груп населення (МГН).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В своїх роботах Азін В.О. [2] та Байда Л.Ю. [3] досліджували громадські об'єкти на предмет доступності їх до маломобільних груп населення.

В роботах Байди Л.Ю. [4] було досліджено доступність транспорту та об'єктів транспортної інфраструктури для осіб з інвалідністю.

В роботах Литвиненко Т.П. [6, 19, 20], Івасенко В.В. [6, 13, 18, 19], Кривуц, С. [8], Шингарьової О.В. [13], Ярошенко О.І. [13], Павленко Т.О. [18, 19] було висвітлено інклюзивні аспекти проектування громадських об'єктів та транспорту.

Азін В.О. [2], Бондаренко К., Кривуц С. [8], Семигіна Т.В. [9] в своїх дослідження приділили увагу поняттю «універсальний дизайн» та особливостям його застосування для архітектурно-містобудівного середовища.

Актуальність і новизна. Наслідки російсько-української війни в комплексі з іншими причинами підвищують загальну чисельність осіб з інвалідністю, а їх відсоток від загальної кількості населення активно збільшується у порівнянні із середнім світовим показником.

Підсумовуючи вищезначене, та проаналізувавши групи людей, які з тих чи інших причин підпадають під категорію МГН і, відповідно, потребують створення доступного середовища, то можна констатувати, що питання доступності міського простору стосуються близько 90% населення. Саме тому, в контексті світових тенденцій, принципів універсального дизайну є помилкою створювати якісь особливі умови доступності для якихось окремих груп людей. Навпаки, необхідно створювати універсальні умови міських просторів, які були б максимально доступними та безпечними для максимальної кількості людей.

Мета. Основна мета даного дослідження полягає у визначенні основних проблем безбар'єрності вулично-дорожнього простору.

Методи досліджень. При проведенні даного дослідження було використано наступні методи: метод узагальнення, метод абстрагування, метод синтезу, статистичний метод, метод порівняння, виявлення оціночних критеріїв і вимог до вулично-дорожнього простору.

Результати та їх обґрунтування. Тенденція постійного зростання маломобільних груп населення демонструє, що проблема доступності вулично-дорожньої середовища, яке є одним із головних об'єктів комунікації з соціумом та отриманням необхідних послуг, на даний час стоїть особливо гостро та потребує особливої уваги до себе.

Переконатися щодо темпів зростання чисельності маломобільних груп населення і, відповідно нагальній необхідності забезпечення вулично-дорожньої середовища під потреби таких категорій людей, проаналізувавши склад населення. Досліджуючи це питання, необхідно розуміти, що до маломобільних груп населення відносяться не тільки люди, що мають інвалідність, а ще і люди літнього віку, діти до 8 років, батьки із візочками з дітьми, тимчасово травмовані люди, які для пересування користуються милицями, вагітні жінки тощо. Крім того, згідно сучасних досліджень до маломобільних груп відносять усіх, хто перебуває в незнайомому місці, і, просто неуважних.

Отже, проведений аналіз демонструє, що кількість людей, яких відносять до маломобільних груп населення достатньо висока аби на практиці переконатися у необхідності забезпечення доступності вулично-дорожньої середовища. На сьогодні велика частина архітектурного середовища не адаптована під потреби пересування та експлуатації маломобільних груп населення та людей із інвалідністю зокрема.

Велика частина середовища та елементів громадського транспорту, а також міжміського, міжнародного авто- та залізничного сполучення є переважно недоступною та застарілою, що унеможлиблює переміщення маломобільних груп населення та людей з інвалідністю зокрема (відсутність пандусів, облаштованих місць для маломобільних груп населення, відсутність вказівників, звукових сигналів, титрованої інформації тощо).

Основна проблематика цього питання у недостатній кількості моніторингових заходів, недостатній узгодженості нормативно-правової та нормативної документації, недостатній кількості кадрів потрібної кваліфікації. Виникає питання відсутності доступного інформування суспільства про існуючий стан фізичної безбар'єрності в нашій країні.

Виконання основних етапів формування та впровадження державних ініціатив у сфері доступності та безбар'єрності ускладнюється невідповідним

рівнем актуальних статистичних даних щодо фізичної доступності архітектурно-містобудівного середовища.

Існує також проблемна ситуація з відсутністю ефективно діючого механізму моніторингу за реалізацією умов безперешкодної доступності для людей з інвалідністю.

Недосконалість нормативної та нормативно-правової документації полягає у неузгодженості між державними стандартами, нормативами, діючими протипожежними нормами, технічними умовами. При цьому ускладнюється процедура імплементації положень зі створення безбар'єрності житлового та громадського середовища для маломобільних груп населення та осіб з інвалідністю зокрема.

Недостатня кількість фахівців потрібної кваліфікації у архітектурно-містобудівній та транспортній галузі з питань доступності полягає у відсутності ефективної системи сертифікації нових фахівців та з підтвердженням набутих нових знань щодо доступності у існуючих.

Отже, проаналізувавши поточний стан забезпечення фізичної доступності до інфраструктури у містах та населених пунктах можна визначити такі проблеми:

1. Переважна більшість споруд та будівель (громадські та житлові), об'єктів громадського простору та інфраструктури (вулиці, дороги, вокзали, переходи, зупинки, парковки тощо) були побудовані не за вимогами законодавства, включно із ДБН та не адаптовані для пересування та експлуатації ними маломобільних груп населення та людей з інвалідністю зокрема. Виявлені наступні недоліки:

- відсутність ліфтів, або наявні ліфти не відповідають нормативним вимогам або не відповідають нормам, відсутні платформи, проходи дверей, пандуси, вбиральні, покажчики, звукові сигнали, тактильні елементи тощо у будівлях і на прибудинкових територіях;

- не відповідність нормам у наявних пандусах, поручнях та іншого обладнання або їх повня відсутність на багатьох вуличних локаціях зі складним рельєфом, а саме: схилах, сходах тощо;

- незадовільний стан переходів та тротуарів не дозволяє маломобільним групам населення комфортно та самостійно пересуватися навіть за тими маршрутами, якими вони найчастіше використовують;

- значна частина пішохідних переходів не обладнана відповідною інфраструктурою для маломобільних осіб, до прикладу, відсутні ребровані пішохідні переходи, звукові світлофори тощо;

- незначна кількість місць для перепочинку, відсутні лави, немає затінку тощо;

- більшість тротуарів та доріг має незадовільний стан дорожнього покриття, а саме: високі бордюри, ями тощо;

- на вокзалах платформи і зупинки не адаптовані для безперешкодного входу або виходу маломобільних груп населення до, або із транспорту, не завжди улаштовані навіси, відсутні сидіння, інформаційні табло, тактильні елементи тощо;

- відсутність або недостатня кількість місць для паркування особистого транспорту громадян із інвалідністю;

- інше (перелік не є вичерпним).

2. Значна кількість рухомого складу громадського транспорту (тролейбуси, автобуси, трамваї), а також міжнародного, міжміського залізничного та автомобільного сполучення являється застарілою та не адаптованою для перевезення маломобільних громадян (відсутні спеціальні місця для маломобільних громадян, відсутні пандуси, звукові сигнали, вказівники, титрована інформація тощо).

3. Наявність рухомого складу громадського транспорту за сучасними вимогами доступності (автобуси, троллейбуси, трамваї), що курсує міськими маршрутами, не покриває сучасні потреби у їх кількості. На міжнародних та міжміських лініях автосполучення чисельність такого виду транспорту значно менше.

4. Більша частина рухомого складу транспорту, що курсує містами та населеними пунктами України є низькопідлоговими, але однаково залишається недоступним за сучасними вимогами через велику відстань, яка існує між бордюром і входом до автобусу чи троллейбусу, або через висоту, яка існує між асфальтом та входом до трамваю.

5. Нерегулярність у роботі муніципального транспорту, на який розраховують маломобільні групи населення.

6. Низький рівень етики водіїв автотранспортних засобів, або вони не завжди зупиняються таким чином, аби маломобільні групи населення могли безперешкодно зайти або вийти із громадського транспорту, або не допомагають їм із доступом.

Групою дослідників у рамках розробки «Альбому безбар'єрних рішень» (за підтримки проєкту «Інтегрований розвиток міст в Україні II» німецької урядової компанії «Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH» при фінансуванні урядами Швейцарії та Німеччини) виявлені головні проблеми доступності вулично-дорожнього простору [1].

Нажаль, на даний час, окрім відсутності елементів доступності ще більшу проблему складає неправильне їх застосування [1]. Наприклад, розміщення перешкод на транзитних шляхах руху, що є невірним [1]. Або, до прикладу,

неправильне виконання вертикального планування призводить до накопичення води, що призводить до руйнації покриття і неможливості користуватися територією [1].

Отже, головними проблемами використання засобів безбар'єрності є: неправильно та неякісно встановлені пандуси, пандусні з'їзди та смуги тактильної плитки; наявність перешкод на шляхах переміщення.

Висновки. Таким чином, проєктування вулично-дорожнього середовища та його елементів повинно здійснюватися із урахуванням потреб маломобільних груп населення з метою створення простору без бар'єрів.

Наявність складного рельєфу (схили, сходи тощо) в вулично-дорожньому середовищі потребує влаштування пандусів, поручнів, звукових сигналів, покажчиків та тактильних елементів.

Пішохідні переходи повинні бути обладнані відповідно вимогам маломобільних груп населення та осіб з інвалідністю зокрема (звукові світлофори, ребровані пішохідні переходи, підняті пішохідні переходи тощо).

Платформи та зупинки залізничного транспорту повинні бути адаптованими (тактильні та інформаційні елементи доступності, навіси, місця для сидіння тощо) для безбар'єрного переміщення маломобільних груп населення.

Достатній рівень якості тротуарів та дорожнього покриття передбачає відсутність перешкод на шляхах руху та наявність достатньої кількості паркувальних місць для осіб з інвалідністю.

Особистий вклад авторів.

Павленко Тетяна Олександрівна: сформульовано актуальність і новизна, мета і методи досліджень, сформульовано висновки та рекомендації подальшого дослідження,

Литвиненко Тетяна Петрівна: визначено основну проблематику, представлено результати та їх обґрунтування, визначені методи обговорення.

Єншуєва Тетяна Вікторівна: сформульовано мету і методи дослідження.

Пасічна Тетяна Олександрівна: проаналізовано останні дослідження і публікації.

Зубричев Олександр Сергійович: визначено основну проблематику, формування бібліографічного списку.

Список джерел

1. Альбом безбар'єрних рішень. Електронна версія: режим доступу: <https://bcl.com.ua/albomrozdil1/>.
2. Азін В.О. (2013) Доступність та універсальний дизайн: *навч.-метод. посібн.* К: 2013. -128 с.
3. Байда Л.Ю. (2012) Інвалідність та суспільство: *навч.-мет. посібн.* К.: 2012. - 216 с.

4. Байда Л.Ю. (2016) Доступність транспорту та об'єктів транспортної інфраструктури для осіб з інвалідністю. / Звіт за результатами дослідження. // Упорядники: Л.Ю. Байда, О.М. Журбенко. К., 2016, 118 с. URL: <http://naiu.org.ua/wp-content/uploads/2016/12/zvit-transport.pdf>.
5. Бондаренко К., Кривуц С. (2020). Універсальний дизайн офісного середовища: протиріччя та перспективи / Матеріали міжнародної наукової конференції «With proceedings of the international Scientific and practical conference «Specialized and multidisciplinary scientific researches». Amsterdam, The Netherland: European Scientific Platform. vol. 6. С.123-124.
6. ДБН В.2.2-40:2018 «Будинки і споруди. Інклюзивність будівель і споруд. Основні положення» Київ. Мінрегіон. 2018, 64 с. https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn_v_2_2_40/1-1-0-1832.
7. Йен Гел. Міста для людей / Йен Гел. Київ: *Основи*, 2018. 304 с., Broschiert ISBN 978-966-500-823-1.
8. Кривуц, С. (2021) Інклюзивний дизайн як перспективний напрямок формування робочого місця офісних приміщень. InterConf, (69): <https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/interconf/article/view/14042>.
9. Семигіна Т.В. (2017) Універсальний дизайн у містах України: обов'язки та можливості громади // *Регіональна політика: історія, політико-правові-засади, архітектура, урбаністика [Зб. наук. праць]. У 3-х ч. Київ-Тернопіль, 2017. Ч. 2. С. 34-38.* https://www.researchgate.net/publication/327843669_Universalnij_dizajn_u_mistah_Ukraini_obov'azki_ta_mozlivosti_gromadi.
10. Універсальний дизайн [Електронний ресурс] // Безбар'єрна Україна. [Електр. версія]: режим доступу: <http://netbaryerov.org.ua/2013-0-12-09-27>.
11. Універсальний Дизайн: 7 принципів комфортного міста. Електронна версія: режим доступу: <http://www.slideshare.net/undpukraine/7-36373628>.
12. Універсальний Дизайн: практичні поради для кожного. [Електронна версія]: режим доступу: www.ud.org.ua.
13. Шингарьова О.В. (2020) Інклюзивне середовище для маломобільних груп населення. [Методичний посібник]. Укладачі: Шингарьова О.В., Ярошенко О.І., Івасенко В.В. ГОІ «КРЕАВИТА», 2020. – 34 с.
14. Ahmer, C. (2021). Making Architecture Visible to the Visually Impaired. Bergen University College - Carolyn AHMER *Bergen University College, Norway* <https://www.scribd.com/document/525510915/1>.
15. Beauregard, R.A. (2003). *Voices of Decline: The Postwar Fate of US Cities* (2nd ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203951903>.
16. Gonchar, O., Kryvuts, S., Petukhova, O., & Tokar, M. (2019). Organization of Pedagogical Relationships between Learners and Teachers in the Framework of Inclusive Education. *Românească pentru Educație Multidimensională*, 11(2), 126-140. <https://doi.org/10.18662/rrem/121>.
17. Göb, R. 1977. "Die Schrumpfende Stadt." *Arch. Kommunal wissenschaften* 16: 149–177.
18. Pavlenko, T., & Ivasenko, V. (2020). BASIC MEANS OF BARRIER FREE SPACE IN URBAN AGRORECREATIONAL ECO-COMPLEXES: *Array. Municipal Economy of Cities*, 4(157), 54–60. Retrieved from <https://khg.kname.edu.ua/index.php/khg/article/view/5633>.
19. Pavlenko, T., Lytvynenko, T., Ivasenko, V., Zyhun, A. (2022). Design Principles for Inclusive Environment of Urban Agrorecreational Eco-complexes. In: Onyshchenko, V., Mammadova, G., Sivitska, S., Gasimov, A. (eds) *Proceedings of the 3rd International Conference on Building Innovations. ICBI 2020. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 181. Springer, Cham.* https://doi.org/10.1007/978-3-030-85043-2_51.
20. Tkachenko, I., Pavlenko, T., Lytvynenko, T., Hasenko, L., Kupriienko, B. (2023). Street and Urban Road Network Geospatial Analysis: Case Study of the Poltava City, Ukraine. In:

Arsenyeva, O., Romanova, T., Sukhonos, M., Biletskyi, I., Tsegelnyk, Y. (eds) Smart Technologies in Urban Engineering. STUE 2023. *Lecture Notes in Networks and Systems*, vol 808. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-46877-3_11.

21. Hnat, G., Hnes, I., Solovii, L., Hnes, L., Babyak, V.. Socio-Adaptive Thinking of Searching for an Architectural Connection to Improve the Lives of Students with Special Physical Needs as a Special Kind of Philosophical Communication. *WISDOM* . 18, 2, 48–57 (2021). <https://doi.org/10.24234/wisdom.v18i2.491>.

PhD, Tetiana Pavlenko,
National University «Zaporizhzhia Polytechnic»,
Candidate of Technical Sciences, Professor, **Tetyana Lytvynenko,**
National University «Yu. Kondratyuk Poltava Polytechnic»,
Tetiana Yenshuieva, Tetiana Pasichna,
PhD, Associate Professor, **Oleksandr Zubrychev,**
National University «Zaporizhzhia Polytechnic»

MAIN PROBLEMS OF BARRIER-FREE STREET AND ROAD ENVIRONMENT IN MODERN CONDITIONS

These research materials consider the main problems of barrier-free street and road environment in modern conditions.

The importance of studying the main problems and finding their solutions, relying on regulatory documents in order to create a space without barriers, was considered.

The current state of ensuring physical accessibility to infrastructure in cities and settlements is analyzed. It was found that in addition to the lack of accessibility elements, an even bigger problem is their incorrect application.

The necessity of designing the street and road environment and its elements, taking into account the needs of low-mobility population groups, has been determined.

It is necessary to arrange ramps, handrails, etc. on a large number of streets with complex terrain (slopes, stairs, etc.), installation of sound signals, pointers and tactile elements.

As for pedestrian crossings, it is a mandatory requirement to equip them with infrastructure that meets the requirements for people with reduced mobility, namely: ribbed pedestrian crossings, raised crossings, sound traffic lights, etc.

In order to ensure the unhindered movement of people with limited mobility to the railway transport at the exit and entrance, platforms and stops must be adapted, that is, have canopies, seats, tactile elements, information boards, etc.

Also, pavements and roads should be in good condition, there should be no potholes and high curbs, there should be enough parking spaces to provide parking spaces for personal vehicles of persons with disabilities.

Key words: barrier-free; street and road environment; inclusion; accessibility; less mobile population groups; urban spaces.

REFERENCES

1. Barrier-free solutions album. Electronic version: access mode: <https://bcl.com.ua/albomrozdil1/>. {in Ukrainian}
2. Azin V.O. (2013) Accessibility and universal design: educational method. manual / К.: 2013. -128 p. {in Ukrainian}
3. Bayda L.Yu. (2012) Disability and society: academic-method. manual К.: 2012. - 216 p. {in Ukrainian}
4. Bayda L.Yu. (2016) Accessibility of transport and transport infrastructure facilities for persons with disabilities. / Report on the results of the study. // Compilers: L.Yu. Bayda, O.M. Zhurbenko. К., 2016, 118 p.URL: <http://naiu.org.ua/wp-content/uploads/2016/12/zvit-transport.pdf>. {in Ukrainian}
5. Bondarenko K., Kryvuts S. (2020). Universal design of the office environment: contradictions and prospects / *Materials of the international scientific conference «With proceedings of the international Scientific and practical conference «Specialized and multidisciplinary scientific researches».* Amsterdam, The Netherland: European Scientific Platform. vol. 6. C.123-124. {in Ukrainian}
6. DBN V.2.2-40:2018 "Buildings and structures. Inclusiveness of buildings and structures. Main provisions" Kyiv. Ministry of Regions. 2018, 64 p. https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn_v_2_2_40/1-1-0-1832. {in Ukrainian}
7. Ian Gale. Cities for people / Ian Gale. Kyiv: Osnovy, 2018. 304 p., Broschiert ISBN 978-966-500-823-1. {in Ukrainian}
8. Kryvuts, S. (2021) Inclusive design as a promising direction of workplace formation in office premises. *InterConf*, (69)..: <https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/interconf/article/view/14042>. {in Ukrainian}
9. Semigina T.V. (2017) Universal design in the cities of Ukraine: responsibilities and opportunities of the community // *Regional politics: history, political-legal principles, architecture, urban planning [Coll. of science works]. In 3 parts.* Kyiv-Ternopil, 2017. Part 2. P. 34-38. https://www.researchgate.net/publication/327843669_Universalnij_dizajn_u_mistah_Ukraini_obov'azki_ta_mozlivosti_gromadi. {in Ukrainian}
10. Universal design [Electronic resource] // *Barrier-free Ukraine*. [Elec. version]: access mode: <http://netbaryerov.org.ua/2013-0-12-09-27>. {in Ukrainian}
11. Universal Design: 7 principles of a comfortable city. *Electronic version*: access mode: <http://www.slideshare.net/undpukraine/7-36373628>. {in Ukrainian}

12. Universal Design: practical tips for everyone. [Electronic version]: access mode: www.ud.org.ua. {in Ukrainian}
13. Shingaryova O.V. (2020) Inclusive environment for people with reduced mobility. [Methodological manual]. Compilers: Shingaryova O.V., Yaroshenko O.I., Ivasenko V.V. *GOI "KREAVITA", 2020. - 34 p.* {in Ukrainian}
14. Ahmer, C. (2021). Making Architecture Visible to the Visually Impaired. Bergen University College - Carolyn AHMER *Bergen University College, Norway* <https://www.scribd.com/document/525510915/1>. {in English}
15. Beauregard, R.A. (2003). Voices of Decline: The Postwar Fate of US Cities (2nd ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203951903>. {in English}
16. Gonchar, O., Kryvuts, S., Petukhova, O., & Tokar, M. (2019). Organization of Pedagogical Relationships between Learners and Teachers in the Framework of Inclusive Education. *Românească pentru Educație Multidimensională, 11(2), 126-140*. <https://doi.org/10.18662/rrem/121>. {in English}
17. Göb, R. 1977. "Die Schrumpfende Stadt." *Arch. Kommunal wissenschaften 16: 149–177*. {in German}
18. Pavlenko, T., & Ivasenko, V. (2020). BASIC MEANS OF BARRIER FREE SPACE IN URBAN AGRORECREATIONAL ECO-COMPLEXES: *Array. Municipal Economy of Cities, 4(157), 54–60*. Retrieved from <https://khg.kname.edu.ua/index.php/khg/article/view/5633>. {in Ukrainian}
19. Pavlenko, T., Lytvynenko, T., Ivasenko, V., Zyhun, A. (2022). Design Principles for Inclusive Environment of Urban Aggrorecreational Eco-complexes. In: Onyshchenko, V., Mammadova, G., Sivitska, S., Gasimov, A. (eds) *Proceedings of the 3rd International Conference on Building Innovations. ICBI 2020. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 181. Springer, Cham*. https://doi.org/10.1007/978-3-030-85043-2_51. {in English}
20. Tkachenko, I., Pavlenko, T., Lytvynenko, T., Hasenko, L., Kupriienko, B. (2023). Street and Urban Road Network Geospatial Analysis: Case Study of the Poltava City, Ukraine. In: Arsenyeva, O., Romanova, T., Sukhonos, M., Biletskyi, I., Tsegelnyk, Y. (eds) *Smart Technologies in Urban Engineering. STUE 2023. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 808. Springer, Cham*. https://doi.org/10.1007/978-3-031-46877-3_11. {in English}
21. Hnat, G., Hnes, I., SoloviI, L., Hnes, L., Babyak, V.. Socio-Adaptive Thinking of Searching for an Architectural Connection to Improve the Lives of Students with Special Physical Needs as a Special Kind of Philosophical Communication. *WISDOM* . 18, 2, 48–57 (2021). <https://doi.org/10.24234/wisdom.v18i2.491>. {in English}

DOI: 10.32347/2076-815x.2024.86.151-167

УДК 72/71:75+73

Пісьо С.Я.,
stepannumberone@gmail.com, ORCID: 0009-0001-7070-4199,
к.арх, доцент **Березовецька І.А.**,
iab@email.ua, ORCID: 0000-0001-9906-1871,
к.е.н., доцент **Станько С.В.**,
stsvv@ukr.net, ORCID: 0009-0005-8764-3803,
Львівський національний університет природокористування

РОЛЬ МИСТЕЦТВ У ФОРМУВАННІ ЛАНДШАФТНО-ПЛАНУВАЛЬНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ АРХІТЕКТУРНОГО ПРОСТОРУ СІЛЬСЬКИХ ПОСЕЛЕНЬ УКРАЇНИ

Представлено історико-культурний дискриптивний огляд мистецького досвіду та ландшафтно-планувальної організації архітектурного простору сільських поселень України з акцентом на сучасному етапі розвитку. Підкреслено, що в академічному дискурсі превалюють дослідження, присвячені вивченню даної проблематики для міського простору. Тоді як сільські поселення у корпусі наукових досліджень представлені значно скромніше, що ще раз актуалізує обрану тему. Адже сільські поселення України, попри урбанізаційні процеси, залишаються важливою складовою архітектурного простору України, а також є джерелом багаторічних мистецьких народних традицій, які надають сільським ландшафтам неповторного та унікального архітектурного обличчя й творять гармонійне поєднання природного середовища й антропогенного впливу. Наголошено на важливості збереження традицій ландшафтно-планувальної організації архітектурного простору села із врахуванням багаторічних традицій будівництва та мистецького вираження естетичних вподобань та світоглядних переконань, що сформувалися в українській культурі. Історико-культурна спадщина, її збереження та популяризація, є одним зі стратегічних завдань держави та прикладом євроінтеграційних прагнень України. Дбайливе плекання власних традицій, в тому числі й мистецьких, ландшафтно-планувальних та архітектурних, є демонстрацією зрілості суспільства та усвідомлення важливості культурної ідентичності. Саме село, попри ще радянську політику стандартизації та уніфікації, змогло зберегти унікальні мистецькі традиції, що доповнюють соціогуманітарний простір та підкреслюють регіональні та локальні особливості того чи іншого населеного пункту. Дослідницьку увагу зосереджено на таких прикладах, як криниці (колодязі), що є важливою частиною сільської комунікації та візитівками села. Також наголошено на

важливості пластичного мистецтва в архітектурному просторі села. За допомогою скульптури формується історична пам'ять, комеморація, гуртується соціум навколо значимих і знакових для громади подій та символів і смислів. В умовах російсько-української війни особливо гостро постала проблема зруйнованих сіл, адже необхідно не лише відновити житловий фонд, соціально значущі об'єкти, налагодити комунікації та відновити інфраструктуру, а й зберегти історію села, його соціокультурні акценти. Тобто, роль мистецтва у цих процесах вкрай важлива. Мистецькими засобами можна втілити як історико-культурні аспекти розвитку села, так і увіковічити сучасну трагедію війни.

Ключові слова: архітектурний простір; відбудова зруйнованих сіл; живопис; ландшафт; планування; рисунок; скульптура; традиція.

Постановка проблеми. В умовах російсько-української війни питання будівництва та архітектури є важливими з погляду як тактичних завдань (відбудова зруйнованого житлового фонду та інфраструктури), так і стратегії на довготривалу перспективу. Зокрема, якщо йдеться про естетичну складову та її смислове наповнення. Також вивчення, збереження та популяризація традиційної народної культури (яка якраз найкраще представлена в сільській місцевості), є одним із пріоритетних завдань країн Європи та світу загалом. Плекання культурної спадщини є свідченням зрілості суспільства, його спроможності діяти зважено й далекоглядно в умовах культурної глобалізації. Ландшафтно-планувальна організація архітектурного простору сільських поселень України є надбанням не лише нашої держави та народу, а й невід'ємною складовою світової культурної скарбниці.

Євроінтеграційний поступ України базується й на інтегрованості в культурний європейський простір. В Україні маємо унікальні зразки народного мистецтва, що формують ландшафти архітектурного простору села та лише йому притаманну атмосферу. Ця народна творчість, народне мистецтво є прикладом тяглості традиції, попри не завжди сприятливі умови для її розвитку й побутування. При цьому також спостерігаємо вплив урбанізації та сучасних технологій на ландшафти українського села. Органічне та творче переосмислення наявних народно-мистецьких традицій та залученість сільських поселень в сучасні процеси архітектурного розвитку – важливе й складне завдання. Адже при цьому необхідно як зберегти найкращі мистецькі зразки, техніки та традиції, так і надати селу сучасного й функціонального вигляду.

Глобалізаційні процеси, інформаційний розвиток, сприяють уніфікації в ландшафтно-планувальній організації архітектурного простору села,

розмиванню його унікальних локальних особливостей та характеристик. З іншого боку, ми можемо спостерігати прагнення зберегти своє унікальне «архітектурне обличчя», спираючись на мистецтво. Розмальовані лебедями та тюльпанами ворота, вирізьблені з дерева скульптури, оздоблені різьбленням каплички, наївні рисунки на фольклорну тематику – все це є мистецтвом сільських поселень, у якому висвітлена глибина народного світовідчуття та розуміння естетичного. Через народне мистецтво ми уникаємо культурної уніфікації, «макдональдизації» та усередненої стандартизації, культурного поглинання. Культурний простір села є невичерпним джерелом для мистецьких рефлексій та новацій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Лєвова частка наукових напрацювань, присвячених тематиці нашого дослідження, стосуються насамперед, міського архітектурного простору. Наприклад, будівництво та архітектурні особливості культурно-просвітницьких центрів у малих містах як важливу складову соціокультурного простору вивчали Ковальська Г., Смілка В., Гомон О. Зокрема, на конкретних прикладах (центр гончарного мистецтва в містечку Опішня; Музей писанкового розпису та Національний музей народного мистецтва Гуцульщини й Покуття у місті Коломия) продемонстровано, як аналогічним чином можна впорядковувати міський простір і в інших населених пунктах України, спираючись на вже наявний культурно-мистецький потенціал [8]. Емоційний вплив у сприйнятті об'єктів культурної спадщини, які є частиною міських ландшафтів, стали предметом дослідницької уваги Мацьохи А. Вона вивчала закордонний та вітчизняний досвід використання ландшафтної організації об'єктів культурної спадщини [12].

Та можемо виокремити серед солідного наукового корпусу літератури вивчення різноманітних аспектів тематики нашого дослідження й публікації, які пов'язані з архітектурним простором села, сільських поселень. Варто наголосити на міждисциплінарних візіях проблеми ролі мистецтва у архітектоніці села. Що ще раз, на наш погляд, засвідчує актуальність даної теми. Стаття Дударця В. присвячена дизайну малих архітектурних форм у ландшафтному середовищі. У рамках нашого дослідження є важливими акценти дослідника на українських традиціях (плетений тин, колиба) [7]. Архітектурні зміни, яких зазнало українське село протягом другої половини ХХ – початку ХХІ ст., аналізувала Гудченко З. [5]. Творче опрацювання столітніх надбань українських мистецьких та архітектурних традицій і надбань у забудові села, стало предметом наукових рефлексій Кюнцлі Р. [9]. Михіденко М. акцентувала увагу на важливості розвитку сільських територій України, зважаючи на виклики російсько-української війни та руйнацію міської

інфраструктури. Особлива роль у цих процесах має належати сільським територіальним громадам [13]. Архітектурному плануванню сільських поселень присвячене дослідження Степанюка А. і Кюнцлі Р. [20]. Ландшафти українського села та їхній вплив на національну ідентичність – предмет наукової уваги Гнесь Л. [2; 3].

Однак, попри різноманіття й кількість наукових напрацювань, тема ролі мистецтва в організації архітектурного простору сільських поселень в Україні на сучасному етапі потребує подальшого вивчення проблеми та практичного втілення наукових розробок.

Формулювання цілей, актуальність і новизна. Метою статті є спроба поглянути на роль мистецтва в архітектурному просторі села крізь призму народних традицій та впливу урбанізації на ландшафтне планування сучасних сільських поселень. Тема актуалізується у зв'язку з, *по-перше*, необхідністю збереження мистецької культурної спадщини села як однієї з підвалин національної культури; *по-друге*, під впливом урбанізаційних перетворень постає потреба гармонійного поєднання новітніх технологій та наявних селянських архітектурно-мистецьких традицій; *по-третє*, післявоєнна відбудова України стосується й великої кількості сіл України, які були або повністю зруйновані, або потребують суттєвої реставрації та реконструкції. Новизна нашого дослідження полягає у спробі комплексного підходу до вивчення ролі мистецтва в організації архітектурного простору села з врахуванням історичної спадщини та новітніх архітектурних, екологічних, логістичних аспектів ландшафтно-планувальної організації простору сільської місцевості.

Методи дослідження. Метод критичного аналізу джерел був застосований для пошуку та систематизації наукових публікацій, пов'язаних з темою статті. Семіотичний та аксіологічний методи сприяли комплексному підходу до розгляду окремих кейсів, пов'язаних з висвітленням ролі мистецтва для ландшафтно-планувальної організації архітектурного простору села. Культурологічний метод дозволив поглянути на ландшафтно-планувальну організацію архітектурного простору сільських поселень крізь призму естетичного наповнення. Методи аналізу та синтезу знадобилися при формуванні висновків до статті та виокремленню перспектив подальших наукових розробок.

Результати та їх обґрунтування. У радянський період нашої історії спроби побудови соціалізму та формування «радянської людини» мистецько-архітектурні традиції українського села зазнали суттєвих, часто незворотних, змін. За ці десятиліття національні архітектурні традиції були знівельовані соцреалізмом як єдино прийнятним методом в культурному розвитку. Згадаймо

у цьому контексті долю українського архітектурного модерну. Основою для українського архітектурного модерну була традиційна народна архітектура (орнаменталістика, дерев'яне різьблення), а також барокові елементи (сакральне будівництво) та віденська сецесія. П'ятичастинна хата стала прототипом для цього стилю. Однак такі безпосередні звернення до української культури, до історичної минувшини, не відповідали радянській ідеології. Тому розвиток українського архітектурного модерну вже до початку Другої світової війни фактично було зведено нанівець. Архітектурні споруди та інтер'єр були поруйновані чи й повністю знищені (будинок родини Грушевських у Києві, модерні будинки Харкова на початку 1930-х, низка будинків у Києві протягом 1970-1980-х рр.). Спроб забуття зазнали й імена українських архітекторів-модерністів: Альошина П., Вербицького О., Кричевського В., Сластіона О. [21: 191-214]. Також, якщо вести мову про розвиток сільських поселень, відбувалася втрата унікальних регіональних та локальних ознак. У 1961 р. в СРСР була прийнята державна програма, скерована на розмивання межі між містом і селом. Це мало як позитивні, так і негативні наслідки. По-перше, ліквідовувалися «неперспективні» села. По-друге, впроваджувалася практика «зразкових» сіл. Намагання стерти відмінності між містом та селом призводило до будівництва будинків у селі без присадибних ділянок, що не відповідало способу життя та мислення селянина. Також у будинках нового типу були відсутні такі звичні для сільських жителів господарські прибудови та споруди, як: комори, господарські кухні, пивниці, дровниці, коптильні та ін. Це призводило до хаотичного заповнення простору необхідного для сільського жителя, добудовами – з підручних матеріалів, без жодного продуманого планування та естетики. Значного спрощення зазнали й фасади сільських будинків, які традиційно мали виразний регіональний почерк та впізнаваність, відшліфовані століттями. Вони перетворювалися, у більшості випадків, на стандартизовані «коробки». Спрощувався декор, зникали «різьблені віконниці, лиштви, дерев'яні стійки галерей, декор фронтонів та дахів тощо» [2: 275]. Така уніфікація, з архітектурного та з ландшафтно-планувального погляду організації простору, цілком відповідали духу часу. Але при цьому втрачався національний колорит, культурна ідентичність, які слугували маркером причетності до певного народу та культури.

Для цілісного сприйняття архітектурно-ландшафтної композиції необхідною умовою є гармонійність. Саме гармонійність є витоковою для проектного формування архітектурного простору. Важливо архітектурну споруду включити в природній ландшафт так, щоб вона виглядала його продовженням, не дисонувала. Для цього можливо використовувати підходи: за подібністю і за контрастом, поєднання підходів. В українських традиціях

архітектури сільських поселень це можемо простежити на прикладі хати. Білі стіни виділяються на тлі відтінків рослинності; солом'яний дах зі своєю горбистою формою та сіруватим кольором вписує білу пляму стін у природний ландшафт. Попри регіональні та локальні відмінності, є спільні риси: видовжені стіни й високий дах. У другій половині ХХ ст. у житловому будівництві села в Україні відбулися зміни плану забудови. Сіни стали кухнею, комора – другим житловим приміщенням, а велика кімната стала святковою, для прийому гостей чи проведення сімейних святкувань і обрядів. Тобто, відбулася зміна внутрішнього простору хати. Серед будівельних матеріалів перевагу віддавали цеглі, каменю, вапну, цементу; для покрівлі використовували шифер, залізо, палену черепицю. Фундамент зазвичай був кам'яний. Зовнішнє оформлення стін – тинькування «під шубу» або обшивка чи фарбування. На початку ХХІ ст. повсюдними стали «євроремонти».

Окрім свого утилітарного призначення, житло виконує й певні сакральні та знаково-сигнальні функції. Таку роль часто виконував внутрішній та зовнішній настінний розпис. Пензлі для розпису виготовляли з шерсті домашніх тварин або курячого пір'я. Фарби були природного походження (глина, сік рослин, жовтки яєць). Чи не у кожному селі сформувалися свої традиції розпису. Особлива увага приділялася орнаментуванню печі як одного із найсакральних місць у хаті. Декоративно оформлювали й двері та вікна, сволок. Переважали рослинні мотиви [11: 3, 7, 9, 114]. В Україні наказом Міністерства культури України від 12 лютого 2018 року затверджено перелік елементів нематеріальної культурної спадщини України. До переліку, який постійно поповнюється, внесені й мистецькі надбання, які органічно доповнювали та доповнюють архітектурний простір села. Зупинимося більш предметно на деяких з них, а саме на тих, які доповнюють та надають неповторного колориту ландшафтам села та вже стали своєрідною візитівкою того чи іншого населеного пункту або регіону України. Використання цих видів мистецтва увиразнюють культурні традиції України, актуалізують необхідність активного залучення мистецьких надбань для формування сучасного образу села з оперттям на традицію та залученням новітніх технологій:

1. Косівська мальована кераміка: в оздобленні та дизайні інтер'єру. Рисунок косівської мальованої кераміки (різноманітні трикутники та їх комбінування), гама кольорів (жовтий – сонце, зелений – гори, коричневий – земля) відображають світоглядні уявлення гуцулів [1];

2. Опішнянська кераміка: традиційно це посуд, як повсякденний, так і святковий. Але у контексті нашого дослідження звертаємо увагу на керамічні малі скульптурні форми: виліплені з глини та оздоблені ліпним декором і поливами фігурок коників, вершників, людей, баранці, свинки, леви). У

рисунок опішнянської кераміки превалює рослинний орнамент (грона, колосся, квіти, гілки, букети, віночки). Опішнянські скульптурні вироби – чудове доповнення до садово-паркових, ландшафтних та архітектурних проєктів, доміант села (центральна площа, магазин, школа тощо) [4];

3. Петриківський розпис – український декоративно-орнаментальний живопис XIX-XXI стст. У сучасному петриківському розписі переважають рослинні (квіткові) елементи у поєднанні з фантазійними уявленнями автора. Особливо популярні садові (жоржини, айстри, троянди, тюльпани), лугові (волошки, ромашки) квіти та ягоди (калина, виноград, полуниця). Також характерне поєднання квітів та птахів; зрідка зустрічаються зображення людини або тварини. Петриківський розпис – це плавні лінії, без геометрично-ламаних елементів. Це пов'язано із впливом ландшафту території. Батьківщина петриківки – рівнинне Придніпров'я, тоді як для гірської місцевості України характерні геометричні лінії рисунка. Свого часу петриківським розписом оздоблювали інтер'єр хати, починаючи від печі (комину), з переходом на стіни, вікна, кутки. На сьогодні петриківка – один із найбільш впізнаваних мистецьких брендів України. Він є елементом декору не лише інтер'єру, а й книжкової графіки, сувенірної продукції [18: 74-77, 91]. Прикметно, що петриківський розпис давно вийшов за межі сільських поселень та став яскравим елементом мурального живопису міст, сакральної архітектури, приватних садиб, ресторанів, концертних залів, магазинів, зупинок громадського транспорту, самого транспорту тощо. Зокрема, у стилі петриківки оформлений фасад ТЦ «Приозерний» у Дніпрі (2011); екстер'єр будинку у Харкові (Пальваль А., 2017); розпис інтер'єру Свято-Юріївського храму у Києві (цей храм став першим у світі, розписаний петриківкою, художниці Галина Назаренко та Ірина Кібець) [22: 232-272].

Ми, зважаючи на формат статті, обмежимося лише вищезазначеним переліком мистецьких надбань нематеріальної спадщини України, які, на наш погляд, є вкрай важливими для формування цілісного ландшафтно-планувального та архітектурного ансамблю сучасного українського села. Додамо ще традиції дерев'яного різьблення Чернігівщини, традиції лозоплетіння в селі Іза Хустського району Закарпаття, традиції рогазоплетіння, традиції гуцульського художнього дереворізьблення [16].

Попри намагання уніфікації архітектурного простору села, спрощення його мистецько-декоративної складової, все-таки бажання мати своє індивідуальне «архітектурне обличчя» виявилось незнищеним для українців: «оздоблення хат розмаїтими орнаментами, які можна спостерігати на тлі стін, викладених з іншого кольору цегли, фрагменти живопису на головному фасаді будинку на різні теми (пейзажу, мальовниче зображення тварин, птахів,

орнаменти, що символізують вишиті рушники навколо вікон, мозаїчні площини із дзеркал чи природного каміння тощо), віконна столярка з дрібними членуваннями, яка сприймається як мереживо, <...> щедріше тафльовані <...> дверні полотна, фігурно вирізані орнаментовані ринви, влаштування на фасадах невеликих ніш для християнських символів» [2: 275].

Невід'ємні складові сільських поселень – малі архітектурні форми. До них у сільських поселеннях належать криниці (колодязі).

Ще у ХІХ-першій половині ХХ ст. криниці (колодязі) були переважно громадськими. Їх копали та облаштовували толокою. Місце біля криниці – сільська комунікація, де люди обмінювалися новинами, спілкувалися. Українські криниці, сформовані під впливом географічно-кліматичних умов та організації ландшафтно-планувальних просторів, мали й багате декоративне оздоблення [11: 128]. Як зазначає дослідник криниць Буковини Мудрак І., найчастіше криниці (колодязі) фарбують у червоний, синій або жовтий кольори. Оздоблюють криниці (колодязі) геометричними візерунками. Також характерними є квіткові мотиви та пташки. Дерев'яний або бляшаний дах (який все частіше використовують при облаштуванні криниці) увінчують розписним хрестиком або пташками. На прикордонні з Румунією досі є криниці-журавлі (фото 1) [14].

Окрім Буковини, дослідження криниць як унікальних витворів мистецтва проводили в селі Шевченкове Кілійської громади Ізмаїльського району. Візитівкою села стала криниця по вулиці Музики – зі смачною джерельною водою та дерев'яним оздобленням. Дослідницький проєкт очолює вчителька історії Шкуропат О. За результатами проведеного нею опитування респондентів із села, вдалося з'ясувати, що у населеному пункті було 20 криниць. Зруб колодязів, – цямриння, – прикрашали вирізьбленими силуетами пташок, тварин, а також оздоблювали різноманітними розмальовками. Зазвичай біля криниці ставили лавку, саджали квіти. Часто саму криницю захищали дерев'яним будиночком, також оздобленим дерев'яним різьбленням. Впродовж 1960-1990 рр. популярними були криниці-помпи (колонки). Кілька з них збереглися досі, але вони без ручок, не працюють (фото 2) [6].

Для другої половини ХХ-початку ХХІ ст. в Україні стало характерним явищем суттєві зміни у житловому фонді села. Чимало сіл та хуторів фактично занепали й припинили своє існування, перетворившись на хащі з майже зруйнованими хатинами-привидами минулого. Ще частина, у зв'язку з процесами урбанізації та трудовою міграцією населення, стала місцем літнього дачного місцеперебування з відповідним ландшафтно-архітектурним наповненням. Але так само відбувалася й інтенсивна розбудова багатьох сіл.

Технологічний розвиток впливає й на заміну традиційних будівельних матеріалів (дерево, глина, солома, саман) на цеглу, залізо, шифер, пластик.



Фото 1. Іван Мудрак. Проект «Бабин бучок» [14].



Фото 2. Криниця с. Шевченкове Кілійської громади Ізмаїльського району [6].

Відбулися зміни й у ставленні людини до житла як до місця проживання, праці та відпочинку. Поступово настінні розписи, дерев'яне різьблення поступаються місцем фарбованим стінам та шпалерам. Також набули поширення розписи цегли, художнє литво фронтонів, вирізування з бляхи.

Широко вживаними стали так звані євровікна та інші євро матеріали [11: 150]. Як вказує Лозинський Р., процеси колосальних політичних, економічних, соціальних, культурних та світоглядних змін, яких зазнало українське суспільство наприкінці ХХ ст., призводили, поміж іншого, до того, що зникав «місцевий шарм культурного ландшафту <...> через появу нехарактерних для місцевості запозичених архітектурних стилів», що бачимо на прикладі «неофеодальних замків» та височенних різнокаліберних парканів і брам. <...> На очах змінюються сільські місцевості, які раніше вважалися «депресивними» і в яких водночас збереглися автентичні, культурно, естетично й екологічно цінні ландшафти [10]. А російсько-українська війна, особливо після повномасштабного вторгнення росії в Україну, ще більше актуалізувала проблему розвитку сільських територій. Зокрема, реалізація проєктів, скерованих на відбудову зруйнованих війною сіл України. Серед таких проєктів – село Посад-Покровське Херсонської області. Розробка концепції зруйнованого російськими обстрілами села здійснювала архітектурна компанія «Archimatika» на замовлення Державного агентства відновлення та розвитку інфраструктури України. Зруйноване село увійшло до переліку шести населених пунктів, які будуть відбудовувати у рамках експериментальних проєктів. За словами архітектора Столового О., окрім відновлення зруйнованих водогонів, електропостачання, водопостачання, житлового фонду та соціально важливої інфраструктури, важливо відновити село з врахуванням існуючих у ньому традицій історико-архітектурного планування [15].

Для формування архітектурного простору сільських поселень України, з врахуванням ландшафтних особливостей навколишнього середовища, важлива роль має належати пластичному мистецтву. Інтегруючись в ландшафтно-планувальну організацію архітектурного середовища, скульптурні твори, органічно його доповнюють та надають глибинних сенсів подіям, явищам, процесам, які вони символізують. Такі скульптури чи скульптурні композиції покликані відображати історію населеного пункту крізь призму історичної пам'яті як його мешканців, так і на загальнодержавному рівні, формуючи цілісну концепцію сприйняття значущих для спільноти подій. Тобто, вони виконують не лише естетичні завдання, а і є формою комеморації, дидактики та історико-культурної причетності [17: 99-102]. Образ-символ, втілений у скульптурі, для сільських поселень України зазвичай акумулює трагічні події: Голодомор (часто це – пам'ятний хрест чи дзвін), Друга світова війна (ще радянські пам'ятники як загиблим односельцям, так і стандартизований радянський скульптурний наратив). Є регіональна та локальна специфіка. Наприклад, для сіл Косівщини важливим маркером пам'яті є увічнення пам'яті про вояків УПА; на Закарпатті зустрінемо скульптурне нагадування про

трудова еміграція; на Київщині – вшанування пам'яті про Чорнобильську трагедію тощо. Російсько-українська війна вже також стала частиною комеморативного простору сільських поселень, де, зазвичай на свій смак та зважаючи на фінансові можливості односельців, постають скульптурні втілення пам'яті про загиблих захисників. Образ-символ ми оцінюємо не стільки як твір мистецтва, скільки як елемент культурної спадщини та знак певної історичної доби. Тому естетична складова, ландшафтно-планувальна організація архітектурного простору, є важливим завданням для митців при виготовленні скульптури. Адже скульптура є надзвичайно сильним засобом емоційного впливу, значно менш вираженим для інших видів мистецтва [19: 77-78].

Відбудова в Україні зруйнованих населених пунктів – одна з нагальних проблем вже сьогодні. Її вирішення потребує акумуляції колосальних фінансових, матеріальних, людських ресурсів. Але це також і можливість відбудови з врахуванням історико-культурних мистецьких традицій, що століттями формували неповторний колорит українського села. Гармонійне включення мистецтва в архітектурний простір нового села України актуальне не лише з естетичного погляду, а й задля збереження історичної, культурної ідентичності, що є одним із стратегічних завдань держави.

Висновки. Науковці у своїх дослідженнях переважно зосереджувалися на вивченні архітектурного простору та його специфіки в рамках містобудування. Тоді як тема вивчення ландшафтно-планувальної організації архітектурного простору сільських поселень загалом та ролі мистецтва у формуванні цього простору залишалася не такою залученою до академічного дискурсу. Попри процеси урбанізації, сільські поселення продовжували відігравати важливу роль у житті українського соціуму. По-перше, село було і є місцем зосередження й побутування традиційного народного мистецтва, що має як ужитковий, так і декоративний характер. По-друге, проблема виживання села як осердя української культурної ідентичності особливо актуалізувалася в роки нівелювання національних та культурних відмінностей, формування «радянської людини». Що, зрештою, призводило до уніфікації ландшафтно-планувальної організації архітектурного простору села, його стандартизації та втраті неповторного планування ландшафтного та мистецько-архітектурного обличчя. Крім того, технологічний розвиток, поява та поширення нових будівельних матеріалів та технологій з одного боку, покращували якість життя населення у сільській місцевості, з другого – прискорювали процеси занепаду культурно-мистецьких традицій, що століттями формували сакральномисловий соціопростір.

Необхідність збереження та популяризації історико-культурної спадщини є одним зі стратегічних завдань держави. Тому усвідомлення ролі мистецтва під

час ландшафтно-планувальної організації архітектурного простору села є важливою частиною гармонізації цього простору, його узгодженості з природним середовищем, актуалізації історичної пам'яті, дидактичних та виховних завдань.

Перспективи подальших досліджень вбачаємо у необхідності зосередженості на регіональних та локальних особливостях використання мистецьких традицій у формуванні ландшафтно-планувальної організації архітектурного простору сільських поселень.

Список використаної літератури

1. Бекетова І. Традиція косівської мальованої кераміки / *Автентична Україна*. <https://authenticukraine.com.ua/blog/tradicii-kosivskoi-malovanoi-keramiki>
2. Гнесь Л. (2014). Пошук національної ідентичності у забудові українського села // *Сучасні проблеми архітектури та містобудування*, випуск 36. С. 271-279.
3. Гнесь Л. (2017). Природно-ландшафтні чинники у розплануванні українського села // *Вісник Львівського національного аграрного університету: архітектура і сільськогосподарське будівництво*. № 18. С. 127-131.
4. Гончарні візії країни: другий національний фотоконкурс у Опішному (30 червня – 30 жовтня 2011 року). Альбом-каталог. (2012). Упорядник Пошивайло О. Опішне: Національний музей-заповідник українського гончарства в Опішному. 192 с., іл.
5. Гудченко З. (2010). Архітектурне обличчя українського села за сучасних умов // *Народна творчість та етнографія*, № 6. С. 56-62. <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/38001/08-Nudchenko.pdf?sequence=1> ; <https://zenodo.org/records/207354>
6. Дерменжі І. (2023). У селі Ізмаїльського району досліджують розмаїття місцевих криниць / *Юг.Today*, 21 грудня. <https://yug.today/u-seli-izmailskoho-rayonu-zaumaiutsia-doslidzhenniam-mistsevykh-krynyts/>
7. Дударець (2013). Формування малих архітектурних форм в дизайні ландшафту // *Народознавчі зошити*, № 1 (109). С. 179-183. <https://nz.lviv.ua/archiv/2013-1/24.pdf>
8. Ковальська Г., Смілка В., Гомон О. (2023). Особливості архітектурно-планувальної організації та землекористування культурно-просвітницьких центрів у малих містах // *Містобудування та територіальне планування*, № 84 С. 161-170. DOI: 10.32347/2076-815x.2023.84.161-170 URL: <http://mtp.knuba.edu.ua/article/view/289069/282672>

9. Кюнцлі Р. (2016). Громадський центр як культурно-духовний осередок українського села // *Вісник ЛНАМ. Серія: Культурологія*. Вип. 29. С. 122-128. DOI: <http://doi.org/10.5281/zenodo.207354>
10. Лозинський Р. (2021). Культурні ландшафти як основа розвитку сільських територіальних громад // *Вісник УЦКД. Реформа децентралізації в культурі: зміна культурної парадигми. Український центр культурних досліджень*. <https://uccs.org.ua/arkhiv-novyn/kulturni-landshafty-iak-osnova-rozvytku-silskykh-terytorialnykh-hromad/>
11. Масненко В., Ракшанов В. (2012). *Українська хата*. Черкаси: Брама–Україна. 190 с., іл.
12. Мацьоха А. (2023). Емоційно позитивний контекст у ландшафтній організації буферних зон об'єктів культурної спадщини // *Містобудування та територіальне планування*, № 83. С. 227-239. DOI: 10.32347/2076-815x.2023.84.227-239 <http://mtp.knuba.edu.ua/article/view/289084/282686>
13. Михіденко М. (2022). Роль сільських територіальних громад в умовах трансформації світового устрою // *Містобудування: проблеми і перспективи розвитку. Тези доповідей четвертої науково-практичної конференції 19 квітня 2022 року, м. Київ*. К.: КНУБА. С. 17-18. https://www.knuba.edu.ua/wpcontent/uploads/2022/09/%D0%97%D0%B1%D1%96%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA-%D0%A2%D0%B5%D0%B7_2022.pdf
14. Морозов О. (2023). Дивіться фотопроєкт «Бабин бучок» про розмаїття криниць на Буковині / *The Village*, 8 квітня <https://www.village.com.ua/village/city/city-news/337835-divitsya-fotoproekt-babin-buchok-pro-rozmayittya-krinits-na-bukovini>
15. На Херсонщині у Посад-Покровському презентували перший етап проєкту відновлення села (2023) / *Суспільне. Херсон*, 5 травня. <https://suspilne.media/kherson/467255-na-hersonsini-u-posad-pokrovskomu-prezentovali-persij-etap-proektu-vidnovlenna-sela/>
16. Національний перелік елементів нематеріальної культурної спадщини України. 23.02.2024 / *Культурна спадщина. Нематеріальна культурна спадщина*. Міністерство культури та інформаційної політики України. <https://mcip.gov.ua/kulturna-spadshchyna/natsionalnyu-perelik-elementiv-nematerialnoi-kulturnoi-spadshchynu-ukrainy/>
17. Нора П. (2014). *Теперішнє, нація, пам'ять*. Київ: Кліо. 272 с.
18. *Петриківка: мальовничий дивосвіт* (2017). Серія: Скарби нації, випуск 1. Укладач Скаченко О. Київ: Видавничий центр КНУКіМ. 96 с., іл.
19. Полушок А. (2019). Узагальнення художньо-пластичного образу як один із основних прийомів застосування скульптурної пластики в архітектурному середовищі // *Технічна естетика і дизайн*, випуск 16. Київ:

КНУБА. С. 72-81. DOI: <https://doi.org/10.32347/2221-9293.2019.16.72-81> ;
<http://ted.knuba.edu.ua/article/view/194011>

20. Степанюк А., Кюнцлі Р. (2013). Традиції та нові тенденції проектування громадських центрів сільських поселень у сучасних умовах // *Вісник Львівського національного аграрного університету. Архітектура і сільськогосподарське будівництво*, випуск 14. С. 135-141.

21. Чепелик В. (2013). *Бесіди про українську архітектуру*. За науковою редакцією доктора мистецтвознавства А.О. Пучкова. Київ: Фенікс. 224 с., іл.

22. Чуднівєць А. (2019). *Петриківський розпис як феномен української художньої культури*. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата мистецтвознавства: 26.00.01 - теорія та історія культури. Національна академія мистецтв України, Інститут проблем сучасного мистецтва. 280 с.

Senior Teacher **Pisyo Stepan**,
Candidate of Architecture, Associate Professor **Berezovetska Iryna**,
PhD in Economics, Acting Associate Professor **Stanko Svitlana**,
Lviv National Environmental University

THE ROLE OF THE ARTS IN THE FORMATION OF LANDSCAPE PLANNING ORGANIZATION OF ARCHITECTURAL SPACE RURAL SETTLEMENTS OF UKRAINE

A historical and cultural descriptive overview of the artistic experience and landscape planning organization of organizing the architectural space of rural settlements of Ukraine with an emphasis on the current stage of development is presented. It is emphasized that the academic discourse is dominated by studies devoted to the study of this issue for urban space. While rural settlements in the corpus of art studies are presented much more modestly, which once again actualizes the chosen topic. After all, the rural settlements of Ukraine, despite the urbanization processes, remain an important component of the architectural space of Ukraine, and also manifest long-standing artistic folk traditions that give rural landscapes a unique and unique architectural face and create a harmonious combination of the natural environment and anthropogenic influence. The importance of preserving the traditions of the landscape and planning organization of the architectural space of the village, taking into account the long-standing traditions of construction and the artistic expression of aesthetic preferences and worldview beliefs formed in Ukrainian culture, is emphasized. Historical and cultural heritage, its preservation and popularization, is one of the strategic tasks of the state and an example of Ukraine's European integration aspirations. Careful nurturing of one's own traditions, including

artistic, landscape planning, and architectural ones, is a demonstration of the maturity of society and awareness of the importance of cultural identity. The village itself, despite the Soviet policy of standardization and unification, was able to preserve unique artistic traditions that complement the socio-humanitarian space and emphasize the regional and local features of one or another settlement. Research attention is focused on such examples as wells, which are an important part of rural communication and village landmarks. The importance of plastic arts in the architectural space of the village is also emphasized. With the help of sculpture, historical memory, commemoration is formed, and society gathers around significant and symbolic events, symbols and meanings for the community. In the conditions of the Russian-Ukrainian war, the problem of destroyed villages became particularly acute, because it is necessary not only to restore the housing stock, socially significant objects, establish communications and restore the infrastructure, but also to preserve the history of the village, its socio-cultural accents. That is, the role of art in these processes is extremely important. Artistic means can embody both the historical and cultural aspects of the development of the village, as well as immortalize the modern tragedy of the war.

Keywords: architectural space; reconstruction of destroyed villages; painting; landscape; planning; drawing; sculpture; tradition.

REFERENCES

1. Beketova I. Tradytisia kosivskoi malovanoi keramiky / Avtentychna Ukraina. <https://authenticukraine.com.ua/blog/tradicii-kosivskoi-malovanoi-keramiki>. {in Ukrainian}
2. Hnes L. (2014). Poshuk natsionalnoi identychnosti u zabudovi ukrainskoho sela // Suchasni problemy arkhitektury ta mistobuduvannia, vypusk 36. S. 271-279. {in Ukrainian}
3. Hnes L. (2017). Pryrodno-landshaftni chynnyky u rozplanuvanni ukrainskoho sela // Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu: arkhitektura i silskohospodarske budivnytstvo. № 18. S. 127-131. {in Ukrainian}
4. Honcharni vizii krainy: druhyi natsionalnyi fotokonkurs u Opishnomu (30 chervnia – 30 zhovtnia 2011 roku). Albom-kataloh. (2012). Uporiadnyk Poshyvailo O. Opishne: Natsionalnyi muzei-zapovidnyk ukrainskoho honcharstva v Opishnomu. 192 s., il. {in Ukrainian}
5. Hudchenko Z. (2010). Arkhitekturne oblychchia ukrainskoho sela za suchasnykh umov // Narodna tvorchist ta etnografia, № 6. S. 56-62. <http://dspace.nbu.gov.ua/bitstream/handle/123456789/38001/08-Hudchenko.pdf?sequence=1>; <https://zenodo.org/records/207354>. {in Ukrainian}

6. Dermenzhi I. (2023). U seli Izmailskoho raionu doslidzhuiut rozmaittia mistsevykh krynyts / Yuh.Today, 21 hrudnia. <https://yug.today/u-seli-izmailskoho-rayonu-zaymaiutsia-doslidzhenniam-mistsevykh-krynyts/>. {in Ukrainian}
7. Dudarets (2013). Formuvannia malykh arkhitekturnykh form v dyzaini landshaftu // Narodoznavchi zoshyty, № 1 (109). S. 179-183. <https://nz.lviv.ua/archiv/2013-1/24.pdf>. {in Ukrainian}
8. Kovalska H., Smilka V., Homon O. (2023). Osoblyvosti arkhitekturno-planuvanoi orhanizatsii ta zemlekorystuvannia kulturno-prosvitnytskykh tsestriv u malykh mistakh // Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia, № 84 S. 161-170. DOI: 10.32347/2076-815x.2023.84.161-170. URL: <http://mtp.knuba.edu.ua/article/view/289069/282672>. {in Ukrainian}
9. Kiuntsli R. (2016). Hromadskiyi tsentr yak kulturno-dukhovnyi osередok ukrainskoho sela // Visnyk LNAM. Seria: Kulturolohiia. Vyp. 29. S. 122-128. DOI: <http://doi.org/10.5281/zenodo.207354>. {in Ukrainian}
10. Lozynskiyi R. (2021). Kulturni landshafty yak osnova rozvytku silskykh terytorialnykh hromad // Visnyk UTsKD. Reforma detsentralizatsii v kulturi: zmina kulturnoi paradyhmy. Ukrainskyi tsentr kulturnykh doslidzhen. <https://uccs.org.ua/arkhiv-novyn/kulturni-landshafty-iak-osnova-rozvytku-silskykh-terytorialnykh-hromad/>. {in Ukrainian}
11. Masnenko V., Rakshanov V. (2012). Ukrainska khata. Cherkasy: Brama–Ukraina. 190 s., il. {in Ukrainian}
12. Matsokha A. (2023). Emotsiino pozytyvnyi kontekst u landshaftnii orhanizatsii bufernykh zon obektiv kulturnoi spadshchyny // Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia, № 83. S. 227-239. DOI: 10.32347/2076-815x.2023.84.227-239 <http://mtp.knuba.edu.ua/article/view/289084/282686> {in Ukrainian}
13. Mykhidenko M. (2022). Rol silskykh terytorialnykh hromad v umovakh transformatsii svitovoho ustroiu // Mistobuduvannia: problemy i perspektyvy rozvytku. Tezy dopovidei chetvertoi naukovo-praktychnoi konferentsii 19 kvitnia 2022 roku, m. Kyiv. K.: KNUBA. S. 17-18. https://www.knuba.edu.ua/wpcontent/uploads/2022/09/%D0%97%D0%B1%D1%96%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA-%D0%A2%D0%B5%D0%B7_2022.pdf. {in Ukrainian}
14. Morozov O. (2023). Dyvitsia fotoproiekt «Babyn buchok» pro rozmaittia krynyts na Bukovyni / The Village, 8 kvitnia <https://www.village.com.ua/village/city/city-news/337835-divitsya-fotoproekt-babin-buchok-pro-rozmayittya-krinits-na-bukovini>. {in Ukrainian}
15. Na Khersonshchyni u Posad-Pokrovskomu prezentuvaly pershyi etap proiektu vidnovlennia sela (2023) / Suspilne. Kherson, 5 travnia.

<https://suspilne.media/kherson/467255-na-hersonsini-u-posad-pokrovskomu-prezentovali-persij-etap-proektu-vidnovlenna-sela/>. {in Ukrainian}

16. Natsionalnyi perelik elementiv nematerialnoi kulturnoi spadshchyny Ukrainy. 23.02.2024 / Kulturna spadshchyna. Nematerialna kulturna spadshchyna. Ministerstvo kultury ta informatsiinoi polityky Ukrainy. <https://mcip.gov.ua/kulturna-spadshchyna/natsionalnyy-perelik-elementiv-nematerialnoi-kulturnoi-spadshchyny-ukrainy/>. {in Ukrainian}

17. Nora P. (2014). Teperishnie, natsiia, pamiat. Kyiv: Klio. 272 s. {in Ukrainian}

18. Petrykivka: malovnychi dyvosvit (2017). Seriia: Skarby natsii, vypusk 1. Ukladach Skachenko O. Kyiv: Vydavnychi tsestr KNUKiM. 96 s., il. {in Ukrainian}

19. Polubok A. (2019). Uzahalnennia khudozhno-plastychnoho obrazu yak odyz iz osnovnykh pryiomiv zastosuvannia skulpturnoi plastyky v arkhitektornomu seredovyshchi // Tekhnichna estetyka i dyzain, vypusk 16. Kyiv: KNUBA. S. 72-81. DOI: <https://doi.org/10.32347/2221-9293.2019.16.72-81>; <http://ted.knuba.edu.ua/article/view/194011>. {in Ukrainian}

20. Stepaniuk A., Kiuntsli R. (2013). Tradytsii ta novi tendentsii proektuvannia hromadskykh tsentriv silskykh poselen u suchasnykh umovakh // Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Arkhitektura i silskohospodarske budivnytstvo, vypusk 14. S. 135-141. {in Ukrainian}

21. Chepelyk V. (2013). Besidy pro ukrainsku arkhitekturu. Za naukovoii redaktsiieiu doktora mystetstvoznavstva A.O. Puchkova. Kyiv: Feniks. 224 s., il. {in Ukrainian}

22. Chudnivets A. (2019). Petrykivskyi rozpys yak fenomen ukrainskoi khudozhnoi kultury. Dysertatsiia na zdobuttia naukovooho stupenia kandydata mystetstvoznavstva: 26.00.01 - teoriia ta istoriia kultury. Natsionalna akademiia mystetstv Ukrainy, Instytut problem suchasnoho mystetstva. 280 s. {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2076-815x.2024.86.168-177

УДК 725

Савчук О.М.,

oksana_d19@i.ua, ORCID: 0000-0003-0706-0754,

Семчук А.С.,

semchuk.andrii@ukd.edu.ua, ORCID: 0009-0009-4513-3345

Університет Короля Данила, Івано-Франківськ

РЕВІТАЛІЗАЦІЯ ПОКИНУТОЇ ТЕРИТОРІЇ НАДВІРНЯНСЬКОГО НАФТОПЕРЕГІННОГО ЗАВОДУ

Питання ревіталізації покинутих територій колишніх потужних комплексів нафтогазової галузі кін. ХІХ – поч. ХХ ст. стає все більш актуальним. Адже такі об'єкти в сучасних умовах визначаються як депресивні точки того чи іншого середовища та потребують упорядкування й розвитку. У статті досліджено територію нафтоперегінного заводу «Надвірнянська фабрика нафти і парафіну», що знаходиться в м. Надвірна Івано-Франківської області. Вивчено історико-архітектурний розвиток та головні чинники формування підприємства. Виявлено містобудівні, архітектурно-планувальні та ландшафтно-композиційні особливості; цінну історичну забудову. За допомогою архівних матеріалів та технічних описів проаналізовано первісне функціональне зонування території, об'ємну та планувальну структуру будівель та споруд.

Авторами запропоновано концептуальний проект ревіталізації Надвірнянського нафтоперегінного заводу – «Будівельний хаб». Проектом передбачається збереження архітектурної спадщини, яка гармонійно поєднуватиметься з сучасними технологічними рішеннями. На території розміщуватимуться офісні приміщення, музейний комплекс, торговельна та харчова зони, місця для паркування. Реорганізація цього об'єкту суттєво вплине на архітектурний розвиток міста, сприятиме покращенню якості життя місцевого населення.

Ключові слова: ревіталізація; покинуті території; промислове підприємство; планувальна організація; історико-архітектурна спадщина.

Постановка проблеми. У кінці ХІХ ст. на території м. Надвірна був заснований нафтоперегінний завод «Надвірнянська фабрика нафти і парафіну». На той час це було одне з найприбутковіших та найпотужніших підприємств регіону. У зв'язку з різними історичними подіями на теперішній час об'єкт нефункціонуючий, територія частково поросла чагарниками. Частково на місці

колишніх будівель та споруд у середині ХХ ст. збудовані нові. Цінним залишається історичний будинок, що виконував житлову функцію, тепер використовується як складський. Покинута територія потребує детального дослідження та ревіталізації.

Формулювання мети статті. Детальне вивчення та розробка концепт-проекту ревіталізації покинутої території Надвірнянського нафтоперегінного заводу.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Питання ревіталізації промислових територій у своїх працях висвітлюють такі науковці як Д.В. Гулей [2], Я.Т. Сеньковська [5], С.В. Ганець [1], І.О. Мерилова [4], С.О. Івано-Костецький [3] та ін. Історію розвитку та становлення Надвірнянського НПЗ описують І.Л. Александрович, В.М. Дутчак, Л.С. Бойчук, І.І. Стельмах, Ю.В. Голич, Р.Д. Гончарук. Однак останні публікації свідчать про недостатню вивченість проблематики ревіталізації покинутої території Надвірнянського нафтоперегінного заводу, яка потребує детальнішого дослідження.

Виклад основного матеріалу. Нафтоперегінний завод «Надвірнянська фабрика нафти і парафіну» належить до найдавніших підприємств нафтопереробної промисловості не лише України, а й Європи. Завод засновано в кінці ХІХ ст. Був призначений для перегонки нафти місцевих родовищ, які знаходились в с. Битків, с. Пасічна, с. Космач. Постачалась нафта на завод в дерев'яних бочках, а також в цистернах із Борислава Львівської області. У 1930-х рр. його декілька разів купували та продавали закордонним фірмам. У 1936 р. власник заводу купив нафтопереробний завод в с. Печеніжин Коломийського району. Все обладнання було перевезено в Надвірну. В 1954–1955 рр. завод був реконструйований. Під час окупації Німеччиною західних областей України підприємство було частково виведене з ладу і відновило свою роботу вже після війни. В зв'язку з тим, що завод був нерентабельний, декілька разів виносились рішення про закриття підприємства. Однак 23 лютого 1960 р. затверджено проектне завдання на розширення Надвірнянського нафтопереробного заводу. Так розпочалось будівництво теперішнього підприємства ПАТ «Нафтохімік Прикарпаття» [6].

Архівні дані свідчать про те, що первісно завод розташовувався на відстані близько 500 м на південний захід від теперішнього (ПАТ «Нафтохімік Прикарпаття»), поруч із залізничним вокзалом. Ділянка багатокутної форми у плані, площею 30 422 м². Обнесений дерев'яною огорожею, висотою 2 м. З північно-західного боку знаходилась в'їзна брама, над якою виднівся напис фірми «Надвірнянська фабрика нафти і парафіну» (рис. 1) [7].

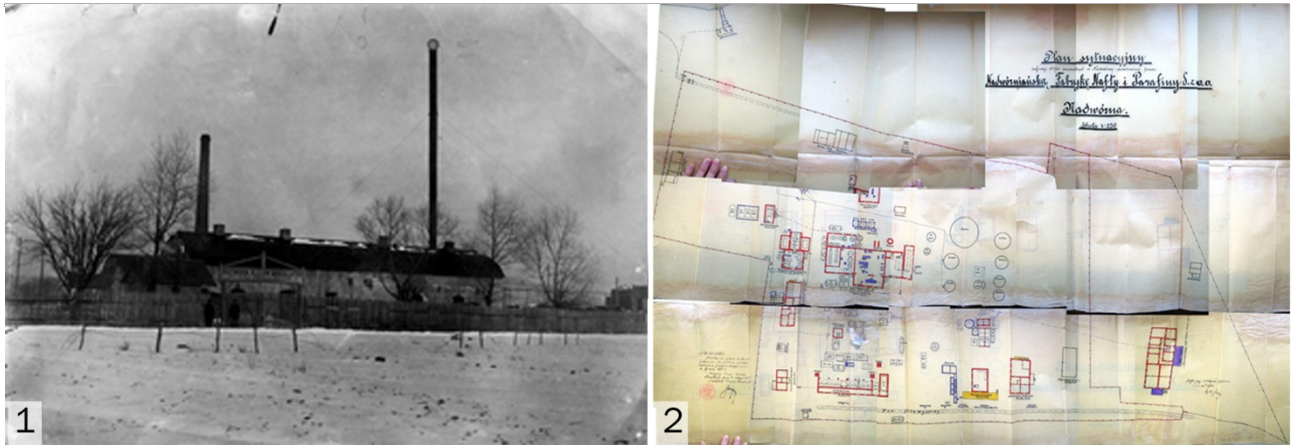


Рис. 1. Нафтоперегінний завод «Надвірнянська фабрика нафти і парафіну»: 1. Архівне фото, 1934 р. [8] 2. Ситуаційний план, 1935 р. [7]

Аналіз первісного функціонального зонування, проведений на основі архівних матеріалів та польових досліджень, включає в себе такі функціональні зони (рис. 2):

- вхідна – складається з пропускного пункту для пішоходів та в'їзної брами для транспортних засобів з північно-східного боку ділянки;

- адміністративно-житлова зона складається з двох будівель, які розміщувались в північно-східній частині ділянки, неподалік від головного входу на територію. Одна з них поєднує канцелярію та житло інша включає в себе житло, лабораторію, приміщення для управління транспортом і цех розливу парафіну;

- житлова – представлена трьома окремо розташованими будинками: двома в східній та одним у південно-східній частині ділянки;

- виробнича – займає найбільшу площу території, тут розміщені виробничі будівлі та споруди: будівля дистиляції, відбиральня, будівля, в якій знаходиться котельня, машинний зал 1 насоса, кристалізація парафіну, камера для його та перекристалізації, будівля ректифікації нафти, бондарня з житловими кімнатами та столярною майстернею, механічні майстерні, кузня та ін.;

- складська – будівлі складів нафтопродуктів, технічних виробів, підручних матеріалів;

- підсобна – котельня розміщена в центральній частині ділянки в одній будівлі з виробничими приміщеннями;

- господарська – включає в себе сарай, гараж та возівню;

- резервуарного зберігання – знаходилась у центральній частині ділянки;

- залізничного прийому і відпуску: залізничні зливно-наливні пристрої, зливні резервуари та приміщення, пов'язані зі зливно-наливними операціями;

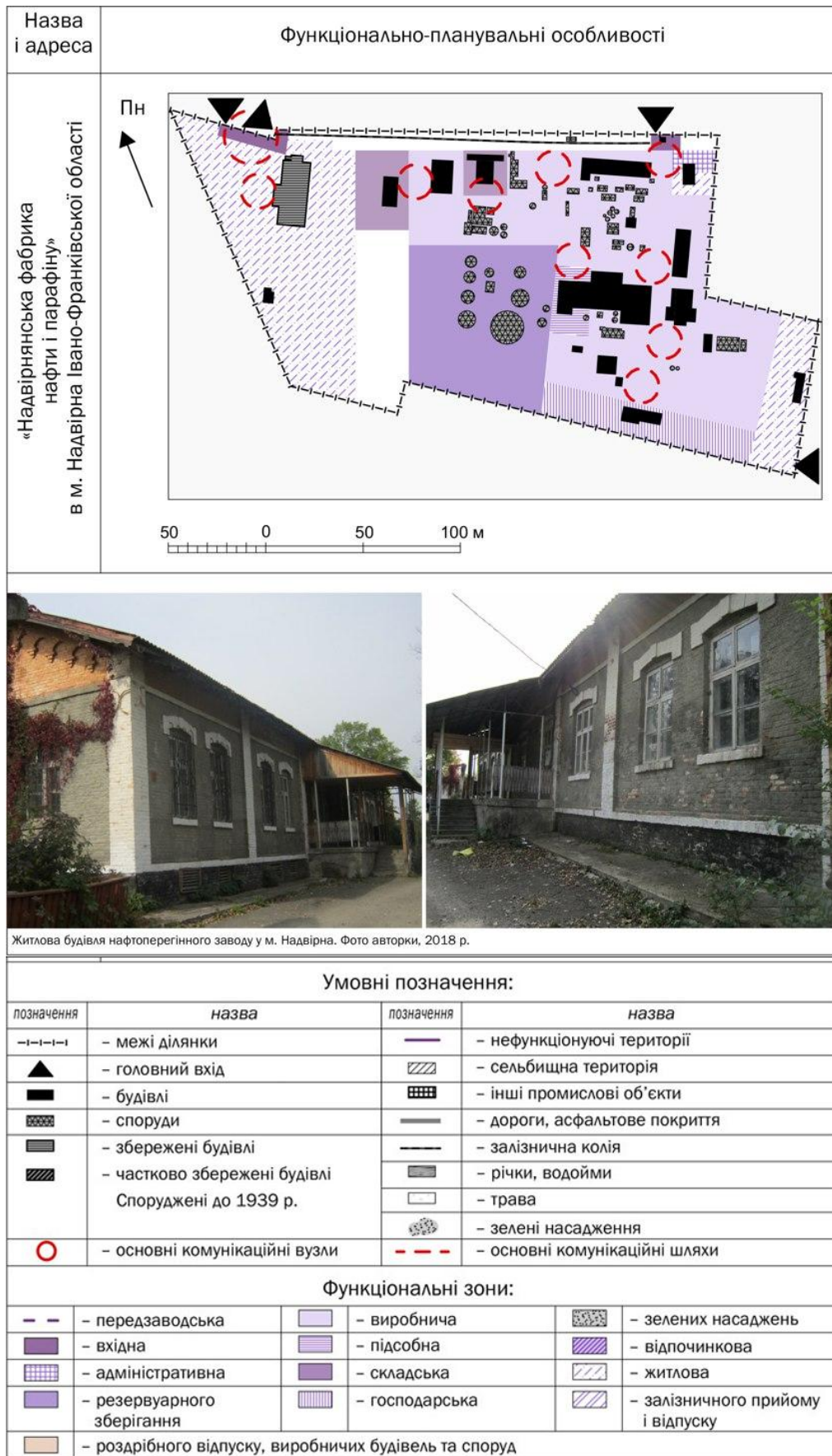


Рис. 2. Функціональне зонування території та фото збереженої історичної будівлі поч. ХХ ст. Авторське опрацювання.

- зелених насаджень – територія хаотично поросла деревами та кущами. Первинний благоустрій не збережений.

Головний вхід влаштований в північно-східній частині ділянки, два входи – з північно-західного боку, один з них призначався для залізничного транспорту. Основними комунікаційними зв'язками була дорожньо-транспортна мережа з комунікаційними вузлами.

Завод знаходиться на теперішній вул. Панаса Мирного, неподалік Надвірнянського залізничного вокзалу та автостанції № 1. З інших боків територія оточена приватною та громадською забудовою.

Станом на сьогодні територія заводу покинута та не несе ніякої користі регіону. Збережені споруди на ділянці переважно датуються радянським періодом (1960–1970-ті рр.) та є одна будівля, яка збереглася з початку ХХ ст. Значна частина цих споруд пошкодженні, а деякі зруйновані. Площа сучасної території заводу становить 44 267,14 кв м (4,42 га) у порівнянні з 30 422 кв м (3.02 га) первісної (рис. 3).

Територія колишнього нафтоперегінного заводу потребує комплексного дослідження та ревіталізації із створенням економічно-вигідного об'єкту. Авторами проаналізовано архівні документи, вивчено історичний розвиток, зроблено фотофіксацію та розроблено концепт-проект «Будівельного хабу». Цінна історична забудова буде адаптована та перетворена на нові об'єкти відповідно до цілей та специфікацій концепції. Для створення безпеки та комфорту для освітлення території встановлять вуличні ліхтарі.



Рис. 4. Візуалізація концептуального рішення.

Концептуально територія поділена на декілька функціональних зон:

- **Зона музейного комплексу.** Складатиметься з трьох будівель. У першій (збережена історична будівля поч. ХХ ст.) буде представлена історія нафтоперегінного заводу через різні експозиції, виставки, інтерактивні дисплеї. Будівля одноповерхова, мурована, цегляна, у плані прямокутної форми. Архітектурному оформленню фасадів притаманні риси сецесії. Будівля в доброму стані. Проектом передбачається реставрація та підпорядкування музейній функції. Другий будинок зведений у другій пол. ХХ ст. Одноповерховий, цегляний, у плані прямокутної форми. Призначений для складів та приміщення для персоналу комплексу. Третя – побудована в другій пол. ХХ ст., Одноповерхова, каркасної конструкції, у плані прямокутної форми. В ній знаходитимуться моделі та макети обладнання, первісних будівель і споруд.

- **Виставкова зона** представлена існуючою будівлею другої пол. 20 ст. Складається з трьох різновисоких об'ємів: двоповерхового та двох одноповерхових. Кожен з них має прямокутну форму в плані. Проектом передбачається виконання ремонтно-реставраційних робіт фасадів будівлі та внутрішнього простору.

- **Офісні приміщення** зосереджені в шести існуючих будівлях, зведених в сер. ХХ ст. Частина з них у напівзруйнованому стані, решта – не втратили свого первісного вигляду.

- **Зона кафе.** Одноповерхова існуюча будівля другої пол. 20 ст., складної форми у плані. Тепер у напів зруйнованому вигляді.

- **Зона парковки** розташована в південно-східній центральній частині території. Забезпечує 108 паркомісць, 5 з них – для людей з обмеженими можливостями.

- **Будівельний хаб.** Будівля ступінчастої об'ємної форми з плоскими дахами, у плані прямокутної конфігурації. Триповерхова, каркасно-монолітної конструкції. На першому поверсі розташований великий склад, дворівневий магазин та приміщення для персоналу. На другому та третьому поверсі розміщуватимуться офісні приміщення призначені для оренди. Також на другому поверсі знаходиться дахова котельня. Будівельний хаб є важливим об'єктом, який поєднує у собі функцію складу, магазину та офісних приміщень (рис. 4).

- **Зона для паркування вантажного транспорту** розміщується на відстані 92 м від будівельного хабу. Вона включатиме сім постійних паркомісць для габаритного транспорту та шість місць для розвантаження.

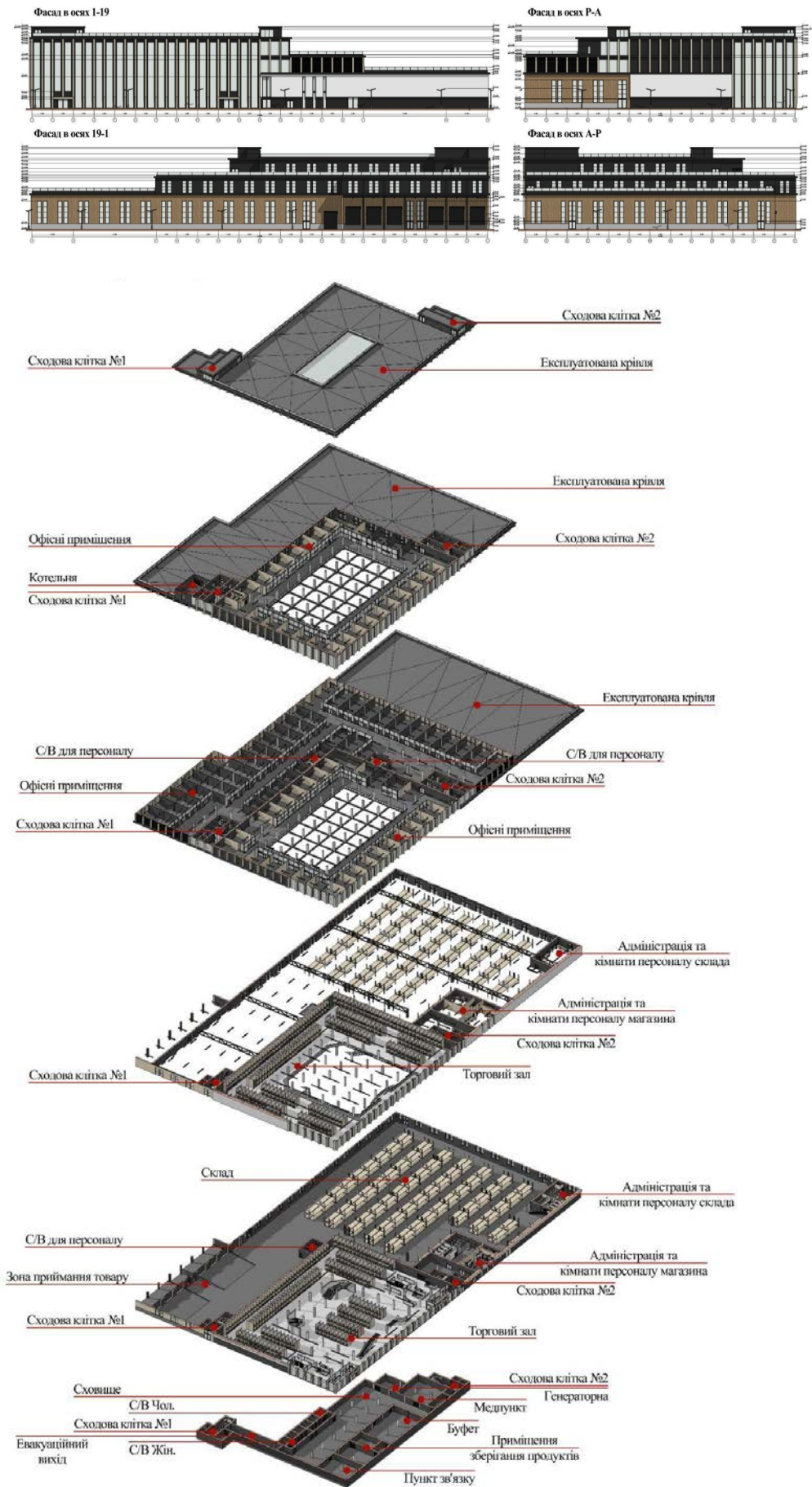


Рис.3. Креслення фасадів та планувальна схема будівельного хабу.
Авторське опрацювання

Висновки

1. На основі архівних матеріалів визначено, що первісно територія була поділена на такі зони: вхідна, адміністративно-житлова, житлова, виробнича, складська, підсобна, господарська, резервуарного зберігання, залізничного прийому й відпуску, зелених насаджень

2. Авторами проведено аналіз архівних документів та історії розвитку підприємства, візуальне обстеження та фотофіксація. Зроблено ряд висновків та виявлено цінну історичну забудову поч. ХХ ст. – колишній житловий будинок у стилі сецесії. Проектом передбачається його збереження та переведення під музейну функцію. Решта збережених об'єктів датуються 1960–1970 рр.

3. Розроблений концептуальний проект включає такі функціональні зони: музейного комплексу, виставкову, адміністративну з офісними приміщеннями, харчову та торговельну, паркування автотранспорту.

4. Домінантою майбутнього комплексу стане будівля, що виконуватиме функцію будівельного хабу. Включатиме в себе дворівневу торговельну зону, офісні та складські приміщення.

5. Проектне рішення покликане відновити територію колишнього промислового підприємства з урахуванням містобудівних, архітектурних та економічних потреб.

Література

1. Ганець С.В. Принципи формування житлових утворень на промислових територіях: дис. ... канд. архіт.: 18.00.01. Львів, 2018. 233 с.

2. Гулей Д.В. Принципи та методи трансформації деградуючих промислових будівель і територій: дис. ... док. філ. Київ, 2023. 243 с.

3. Іванов-Костецький С.О. Архітектурно-функціональна реабілітація історичної індустріальної архітектури. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»*. 2013. № 757. С. 189–193.

URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VNULPARX_2013_757_32 (дата звернення: 20.03.2024).

4. Мерилова І., Невгомонний Г., Речиц О., Турган І. Еколого-містобудівні форми реновації депресивних територій великого міста. *Містобудування та територіальне планування*. 2022. Вип. 80. С. 283–294. DOI: <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2022.80.283-294> (дата звернення: 15.04.2024).

5. Сеньковська Я.Т. Функціонально-планувальна реструктуризація територій промислових об'єктів міста (на прикладі м. Львова): дис. ... канд. архіт.: 18.00.01. Львів, 2017. 276 с.

6. Сторінками історії становлення. ПАТ «Нафтохімік Прикарпаття». URL: <https://nnpz.com.ua/index.php/pro-kompaniiu>

7. Технічний опис нафтоперегінного заводу в м. Надвірна і акти комісії огляду обладнання. ДАІФО (Державний архів Івано-Франківської області). Ф. 47. Оп. 1. Спр. 504. 45 арк.

8. Rafineria olejów mineralnych doktora Szymona Segila w Nadwornej. *Fotopolska.Eu*. URL: https://fotopolska.eu/nowe_zdjecia/m56261,Jaremcze_%D0%AF%D1%80%D0%B5%D0%BC%D1%87%D0%B5.html?galeria_zdjec=&m=56882&f=1592251-foto (дата звернення: 23.04.2024).

Savchuk Oksana, Semchuk Andrii,
King Danylo University, Ivano-Frankivsk, Ukraine

REVITALIZATION OF THE ABANDONED TERRITORY OF THE NADVIRNYA REFINERY PLANT

The issue of revitalization of abandoned territories of former powerful complexes of the oil and gas industry. XIX - beginning 20th century is becoming more and more relevant. These objects in modern conditions are defined as depressed points of one or another environment and need to be organized and developed. The article examines the territory of the oil refinery "Nadvirna Oil and Paraffin Factory", located in the city of Nadvirna, Ivano-Frankivsk region. The historical and architectural development and the main factors of the formation of the enterprise are studied. Urban-planning, architectural-planning and landscape-compositional features have been identified; a valuable historical building. The original functional zoning of the territory, volumetric and planning structure of buildings and structures were analyzed with the help of archival materials and technical descriptions.

The authors proposed a conceptual project for the revitalization of the Nadvirnya Oil Refinery - "Building Hub". The project envisages the preservation of the architectural heritage, which will be harmoniously combined with modern technological solutions. Office premises, a museum complex, shopping and food areas, and parking spaces will be located on the territory. The reorganization of this object will significantly affect the architectural development of the city, will contribute to the improvement of the quality of life of the local population.

Key words: revitalization; abandoned territories; industrial enterprise; planning organization; historical and architectural heritage.

REFERENCES

1. Hanets S.V. Pryntsypy formuvannia zhytlovykh utvoren na promyslovykh terytoriiakh: dys. ... kand. arkhит.: 18.00.01. Lviv, 2018. 233 s. {in Ukrainian}
2. Hulei D.V. Pryntsypy ta metody transformatsii dehraduiuchykh promyslovykh budivel i terytorii: dys. ... dok. fil. Kyiv, 2023. 243 s. {in Ukrainian}
3. Ivanov-Kostetskyi S.O. Arkhitekturno-funktsionalna reabilitatsiia istorychnoi industrialnoi arkhitektury. Visnyk Natsionalnoho universytetu «Lvivska politehnika». 2013. № 757. S. 189–193. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VNULPARX_2013_757_32 (data zvernennia: 20.03.2024). {in Ukrainian}
4. Merylova I., Nevhomonnyi H., Rechyts O., Turhan I. Ekoloho-mistobudivni formy renovatsii depresyvnnykh terytorii velykoho mista. Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia. 2022. Vyp. 80. S. 283–294. DOI: <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2022.80.283-294> (data zvernennia: 15.04.2024). {in Ukrainian}
5. Senkovska Ya.T. Funktsionalno-planovalna restrukturyzatsiia terytorii promyslovykh ob'ektiv mista (na prykladi m. Lvova): dys. ... kand. arkhит.: 18.00.01. Lviv, 2017. 276 s. {in Ukrainian}
6. Storinkamy istorii stanovlennia. PAT «Naftokhimik Prykarpattia». URL: <https://nnpz.com.ua/index.php/pro-kompaniiu> {in Ukrainian}
7. Tekhnichniy opys naftoperehinnoho zavodu v m. Nadvirna i akty komisii ohliadu obladnannia. DAIFO (Derzhavnyi arkhiv Ivano-Frankivskoi oblasti). F. 47. Op. 1. Spr. 504. 45 ark. {in Polish}
8. Rafineria olejów mineralnych doktora Szymona Segila w Nadwornej. Fotopolska.Eu. URL: https://fotopolska.eu/nowe_zdjecia/m56261,Jaremcze_%D0%AF%D1%80%D0%B5%D0%BC%D1%87%D0%B5.html?galeria_zdjec=&m=56882&f=1592251-foto (data zvernennia: 23.04.2024). {in Polish}

DOI: 10.32347/2076-815x.2024.86.178-187

УДК: 72.03

д.арх., професор **Слепцов О.С.**,
sliptsov.os@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0001-5441-5453,
Київський національний університет будівництва і архітектури

СИНТЕЗ НАЦІОНАЛЬНОЇ І ЗАХІДНОЇ ТРАДИЦІЇ У РАННІХ ЗРАЗКАХ ЯПОНСЬКОГО МОДЕРНІЗМУ (НА ПРИКЛАДІ МЕМОРІАЛЬНОГО СОБОРУ МИРУ В ХІРОШІМІ)

Робота присвячена аналізу впливів традиційної японської архітектури в меморіальному соборі Миру у Хірошімі, збудованому за проектом Того Мурано (з використанням деяких ідей Кендзо Танге). Виявлено, що архітектура собору Миру являє синтез традицій європейської романіки, японської традиції, та стилю модернізм, трансформованого крізь призму творчої манери Того Мурано. Планування та композиція собору є наближеною до романських базилікальних церков, з урахуванням спрощених форм модернізму. Одночасно, проявленість на фасаді собору його каркасної структури та цілий ряд елементів оздоблення відсилає до традиції старовинної японської архітектури. З результатів роботи зрозуміло, що японський модернізм в Японії докорінно різнився від європейських зразків, оскільки не сприймав маніфестовану європейським модернізмом ідею про повну відмову від традиційного формотворення і навпаки, активно використовував національну традицію в якості бази для проектних ідей.

Ключові слова: архітектура Японії; національна традиція; романіка; модернізм; сакральна архітектура; Того Мурано; Кендзо Танге; трансформація традиції.

Постановка проблеми. Меморіальний собор Миру у всьому світі (він же – Успіння Марії) в Хірошімі є надзвичайно цікавою пам'яткою раннього японського модернізму. Його будівництво безпосередньо пов'язане з трагедією атомного бомбардування Хірошімі, що сталося влітку 1945 року, наприкінці Другої світової війни. Але на відміну від іншої, надзвичайно відомої пам'ятки цього бомбардування – меморіалу Миру в Хірошімі роботи архітектура Кендзо Танге, собор Миру практично невідомий широкому загалу. Між тим, в його архітектурі, окрім того, що вона є надзвичайно вивершеною, можна також спостерігати синтез декількох, здавалося б, зовсім несумісних архітектурних традицій: це, власне кажучи, яскраві риси модернізму, ремінісценції європейського стилю романіка, та істотні впливи місцевої японської

архітектурної традиції. Аналізу цього надзвичайно цікавого поєднання і присвячена дана стаття.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В роботі над статтею використовувалася низка японських досліджень [1-5] та інтернатних джерел [6-8], присвячених архітектурі та конкурсному проектуванню собору Миру в Хірошімі, серед яких найбільше значення мають роботи N. Ishimaru [1], N. Kojima [2], Y. Tomioka та S. Tabata [3-5], та ін. Окрім цього, було використано низку наукових видань з тематики філософії традиційної архітектури у її взаємодії із архітектурою сучасності. В галузі національної ідентичності архітектури православної церкви в Україні та прийомів адаптації цих форм в архітектуру сучасних храмів, було використано роботи О. Слепцова [9-11], Г. Шевцової [12, 13] та ін. У галузі дослідження схожих процесів у японській архітектурі, до аналізу було залучено роботи К. Tange [14, 15], А. Isozaki [16], Г. Шевцової [17, 18]. Загальні питання історії японської архітектури загалом, та її сакрального сегменту (святилища синто і храми буддизму) зокрема, висвітлені в працях D. Yong та M. Kimura [19], Г. Шевцової [20], Y. Watanabe [21], S. Mizuno [22], було використано при аналітичному визначенні архітектурних рис японської національної традиції, притаманних собору в Хірошімі.

Мета і методи досліджень. Метою роботи є виявлення складових впливу місцевої і західної традиції у ранніх зразках японського модернізму на прикладі меморіального Собору Миру у всьому світі в Хірошімі. При цьому, поняття впливу західної традиції розуміється як дуальне, тобто таке, що одночасно включає в себе вплив історичного європейського стилю романіка, характерного для церков західної Європи 9-11 ст., який сформував сталу архітектурно-просторову модель католицького храму, та власне самого модернізму, характерного для світового будівництва середини 20 ст. Методи дослідження загально-аналітичні, зокрема центральним з них став порівняльний аналіз просторової структури, планування та елементів декору собору в Хірошімі із традиційною структурою та оздобленням буддійських храмів Японії, європейської романіки, та палітри архітектурних засобів модернізму.

Актуальність і новизна. Тема синтезу місцевих і запозичених традицій в сакральній архітектурі, тим більше в їх поєднанні з сучасними архітектурно-будівельними трендами, є надзвичайно актуальною для України, де зараз, за гострої потреби маніфестації національної ідентичності, практично проходить становлення сучасних національних характеристик архітектури Православної церкви [9, 10, 11]. Генеза архітектурної форми Православної церкви в Україні, так само як і собор в Хірошімі, включає в себе синтез місцевих та запозичених впливів, а саме: національні традиції українського храмовбудування, візантійські

впливи та сучасні архітектурні тенденції [12, 13]. В роботі, на прикладі архітектури модерністського католицького собору в Хірошімі, аналізується один з можливих успішних шляхів подібного поєднання з огляду на те, що цей унікальний досвід цілком можливо екстраполювати на українське підґрунтя та використати в практичному проектуванні Православних церков.

Історія собору в Миру Хірошімі. Собор Миру в Хірошімі, що зараз має статус важливого культурного надбання Японії, відбудували на місці старої католицької церкви Ноборічьо, яка повністю згоріла під час атомного бомбардування Хірошімі, оскільки була розташована неподалік від епіцентру вибуху. Проект позиціонувався як створення місця для молитви за мир у всьому світі.

Ключову роль у відбудові собору зіграв настоятель церкви Ноборічьо, німецький місіонер священник Гуго Лассаль (японське ім'я Еноміуа Макібі), що теж постраждав від ядерного вибуху в Хірошімі [6-7]. Його ентузіазм та закордонні зв'язки допомогли перетворити невеликий план реставрації церкви Ноборічьо у масштабний міжнародний проект будівництва великого собору [7]. Проблеми фінансування проекту було вирішено завдяки великій кількості закордонних та внутрішньо японських пожертв, до того ж, Того Мурано, архітектор проекту, виконав його безкоштовно [7].

Того Мурано (1891-1984 рр.) був одним із найвидатніших японських архітекторів епохи Шьова (1926-1989 рр.) та зазвичай працював з широким діапазоном архітектурних стилів. Його багаточисленні проекти представляють вражаючу палітру архітектурних ремінісценцій практично усіх часів та стилів, від різноманітних архітектурних напрямків старої Європи, до модернізму та традиційної японської архітектури [1].

Зведенню собору Миру в Хірошімі передувало оголошений у 1947 році відкритий архітектурний конкурс, участь в якому взяло 177 різних проектних пропозицій, в тому числі і концепції таких відомих митців свого часу, як Куніо Маекава, та ще дуже молодого тоді Кендзо Танге [8]. Втім, жодний з представлених на конкурс проектів не задовільнив замовників в повній мірі, тож переможця не було об'явлено [2]. Того Мурано, на той час вже досвідчений архітектор з ім'ям, був головою журі конкурсу і зрештою взяв на себе відповідальність довести до необхідного рівня фінальний проект собору, в тому числі і синтезуючи провідні ідеї, представлені в проектах деяких конкурсантів [3-5]. Будівництво було почато у 1950 і закінчено у 1954 році.

Архітектура собору Миру у Хірошімі: національні і західні риси. Планування і загальна композиція собору є близьким до базиліки романського стилю. Фасад собору простий, суворий і збалансований, з дуже скромним, але вишуканим оздобленням, що нагадує романську церкву (рис. 1).

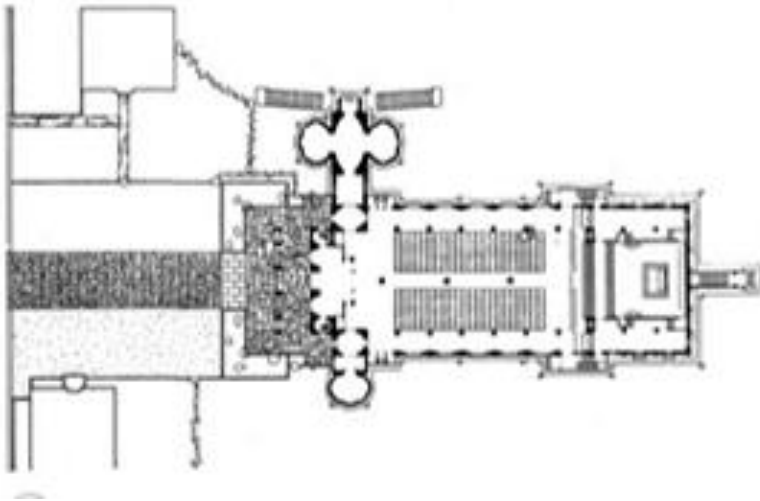


Рис. 1. Собор Миру в Хірошімі. План (за Н. Ішімару) і головний фасад (джерело – автор).

На прямий зв'язок з європейськими середньовічними архітектурними стилями (романіка, готика) вказує також спосіб організації фасаду собору, імітація контрфорсів на верхньому ярусі бокових фасадів, наявність пелюсткових у плані бокових капел, активне використання в інтер'єрі кольорових вітражів, та інше. (рис 2).



Рис. 2. Собор Миру в Хірошімі. Боковий фасад і інтер'єр (джерело – автор)

Наявність круглої форми куполу над олтарною частиною собору, так само як і тонко окреслені елементи оздоблення, зокрема віконні отвори у формі квадрифоліїв та трифоліїв, визивають також певні асоціації з архітектурою раннього флорентійського ренесансу. Начиння собору, зокрема дзвін, двері, вітражі, вівтар, орган, купіль для хрещення, тощо, були подаровані з усього світу, особливо привертають увагу вхідні двері з Німеччини із стилізованими скульптурно-кованими сюжетами, що також відсилають до стилістики романської архітектури.

Одночасно, архітектура собору має і багато відсилок до традиційної архітектури Японії. Зокрема, проявлений на фасадах собору стійково-балковий

каркас із внутрішнім заповненням, точно повторює структурний принцип традиційного японського храму [21]. У вузькому горизонтальному прорізі над входом головного фасаду вміщені тематичні бетонні скульптури роботи Кенджі Імаї [8]. Характер їх розміщення і форма вельми нагадує японську традиційну декоровану різну перетинку *ранма*, що зазвичай вміщується на фасаді як буддійського, так і стиноїстьського храму [19, 21, 22]. Верхівку олтарного куполу увінчує фігура Фенікса – символу відродження з попелу, що дуже близька за своєю формою і сенсом до фігури Фенікса с храму Бьодо-їн (10-11 ст.) в Кіото (рис. 3).



Рис. 3. Японські впливи в архітектурі собору Миру: проявлений каркас і різна перетинка на фасаді та фігура фенікса над олтарним куполом (джерело – автор)

Подібні ремінісценції є тим більш актуальними в плані того, що багато в чому японська будівельна традиція сама по собі була близька модерністським способам формотворення[16]. Зокрема, заповнення проміжків бетонного каркасу собору виконано з виготовленої на місці цегли, зробленої з землі, що містить попіл від атомної бомби (семантичний аспект). Навмисно неправильно покладена цегла, грубі шви та бетонні віконні рами, з одного боку підкреслюють ідеї модернізму, використовуючи звичні для нього матеріали (необроблений бетон) та важку образну мову, з іншого, світлотіньова моделювання швів створює тонкі відтінки на стінах і додає образу собору вишуканості та людського тепла. Саме в цьому, вочевидь, і проявився талант архітектора собору, Того Мурано, який вільно і творчо використовував як історичні західні, так і японські, так і модерністські традиції, мав їх лише за засіб для створення бажаного архітектурного образу. Тобто, будь які архітектурні традиції та тенденції він сміливо модифікував згідно зі своїми власними естетичними ідеалами, місцем, часом і необхідним смисловим наповненням будівлі, яку проектував.

Висновки. На відміну від програмних зразків європейського модернізму, що повністю відмовлявся від схожості з архітектурною традицією, модернізм

собору в Хірошімі є істотно пов'язаним з нею, при чому, як в західноєвропейському (романська базиліка) так і в японському її аспектах (архітектура японського храму). Таким чином, можна констатувати наявність значної специфіку місцевого розуміння суті модернізму на ранніх етапах його застосування в Японії, де його обирали як основу проектування скоріше за зовнішньою ознакою певних естетичних засобів формотворення (у його зв'язку з традицією), ніж за ідейною суттю (відмова від традиції). Надзвичайно важливу роль у створенні подібного синтезу зіграла особистість архітектора собору Миру, Того Мурано, що мав великий довід проектування з ремінісценціями найрізноманітніших архітектурних стилів, як традиційних, так і сучасних, всюди зберігаючи гармонію та оригінальність архітектурних рішень. Це дає підстави судити про особистий архітектурний почерк Того Мурано, який використовував будь які стилістики світової архітектури лише як підґрунтя для своїх творчих ідей. Звідси випливає твердження про непересічне значення особистості архітектора, його таланту, такту та досвіду при зведенні сучасних храмів будь якої конфесії із використанням будь яких національних рис.

Список джерел

1. Ishimaru N. The Cathedral for World Peace—Architecture of Togo Murano in Hiroshima. Tokyo: Sagami-Shobo, 1988. 259 p.
2. Kojima H., ed. The Prolific World of Togo Murano: from the Memorial Cathedral for World Peace. Hiroshima City Museum of Contemporary Art, 2017
3. Tomioka Y., Tabata C. and Uchikawa I. Design process of the Memorial Cathedral for World Peace (1954), Hiroshima, by Togo Murano (Part 1): A chronological overview of graphic materials and formal manipulations observed in early design schemes // *Japan Architectural Review*. 2023. Jan.–Decem. Vol. 6. Issue 1: e12352. DOI: <https://doi.org/10.1002/2475-8876.12352>.
4. Tomioka Y. and Tabata C. Design Process of Memorial Cathedral for World Peace (1954), Hiroshima by Togo Murano (Part 2): Formal manipulations observed in the design of Xavier Hall (1949) // *Journal of Architecture and Planning, AIJ*. 2023. Mar. Vol. 88 (No. 805). PP. 1125-1135, DOI: <https://doi.org/10.3130/aija.88.1125>.
5. Tomioka Y. and Tabata C. Design Process of Memorial Cathedral for World Peace (1954), Hiroshima by Togo Murano (Part 3): Formal manipulations observed in the process of schematic design of the cathedral (1948) // *Journal of Architecture and Planning, AIJ*. 2023. Nov. Vol. 88 (No. 813). PP. 3146-3157. DOI: <https://doi.org/10.3130/aija.88.3146>.
6. Noboricho Catholic Church Website. URL: <http://nboricho.catholic.hiroshima.jp/>. (Accessed: 03.05.2024)
7. Takata M. Buildings Column ② “Memorial Cathedral of World Peace (Noboricho Catholic Church)”. Hiroshima for global peace. URL: <https://hiroshimaforpeace.com/en/buildings-column-2-memorial-cathedral-of-world-peace-noboricho-catholic-church/>. (Accessed: 03.05.2024)
8. World Peace Memorial Cathedral in Hiroshima / Togo Murano. ArchEyes | Timeless Architecture. 2016. Mar. 26. URL: <https://archeyes.com/world-peace-memorial-cathedral-togo-murano/>. (Accessed: 03.05.2024)
9. Sleptsov O.S. and Dunaevskiy Y.U. Creation of modern Orthodox churches in Ukraine - "as languages of Ukrainian autochthony" in the context of urban development" // *Innovative*

Technology in Architecture and Design (ITAD 2020): IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 907 012079, Kharkiv 21-22 May 2020, Kharkiv 2020.

DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/907/1/012079>.

10. Sleptsov O., Ivashko Y., Dmytrenko A. and Krupa M. P. The contemporary churches in the natural environment: modernization of landscape traditions // *Landscape architecture and art*. 2021. Vol 19 (№19). PP. 121-130.

DOI: <https://doi.org/10.22616/j.landarchart.2021.19.12>.

11. Слепцов О.С. Архитектура православного храма: от замысла к воплощению. Киев.: А+ С. 2012. 551 с.

12. Шевцова Г., Пономаренко Г. Романтичні твори дерев'яного сакрального зодчества архітектора Олега Слепцова: світові та національні ідеї формотворення // *Архітектурний вісник КНУБА*. 2020. №20. С. 73-106.

DOI: <https://doi.org/10.32347/2519-8661.2019.20.73-106>

13. Shevtsova G. et al. The Architecture of the Cathedral of Saint Sophia in Kyiv: Uniqueness and Universality in Historical Cultural Spaces // *World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planning Symposium (WMCAUS 2020)*: IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 960, 022105, Prague, 1-5 September 2020, Prague, P. 153 DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/960/2/022105>.

14. Tange K., Kawazoe N. *Ise – Origin of Japanese Architecture*. Cambridge: MIT Press, 1965.

15. Tange K., Gropius W., Ishimoto Y. *Tradition and Creation in Japanese Architecture*. New Haven: Yale University Press, Tokyo: Zokeisha Publication Ltd, 1960. 140 p.

16. Isozaki A. *Japan-ness in Architecture*. / Translated by Sabu Kohso; edited by David B. Stewart. Cambridge and London: MIT Press, 2006. 349 p.

17. Шевцова Г. В. Архитектурная традиция как вектор развития японских мегаполисов // *Современная архитектура мира*. 2011. Вып. I, С. 291-300.

18. Shevtsova G.V., Gorbyk O.O. and Kubko A.Y. Modern specific of Japanese urbanism as a result of the country's cultural mentality distinctiveness // *Innovative Technology in Architecture and Design (ITAD 2020)*: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 907, 012001, Kharkiv, 21-22 May 2020, Kharkiv, 2020 DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/907/1/012001>

19. Yong D., Kimura M. *Introduction to Japanese Architecture*. Singapore: PERIPLUS, 2004. 128 p.

20. Шевцова Г.В. *Історія японської архітектури і мистецтва*. Київ: Грані-Т, 2011. 232 с.

21. Watanabe, Y. *Shinto art: Ise and Izumo shrines*. New-York: Weatherhill, Tokyo: Heibonsha. 1964. 191 p.

22. Mizuno, S. *Asuka Buddhist art: Horyu-ji*. New-York: Weatherhill, Tokyo: Heibonsha. 1974. 174 p.

Doctor of architecture, Professor **Sleptsov Oleh**,
Department of Architecture Fundamentals and Architectural Design,
Kyiv National University of Construction and Architecture.

SYNTHESIS OF NATIONAL AND WESTERN TRADITION IN EARLY EXAMPLES OF JAPANESE MODERNISM (THE CASE OF WORLD PEACE MEMORIAL CATHEDRAL IN HIROSHIMA)

The paper is devoted to the analysis of the existing influences of traditional Japanese architecture in the modernist World Peace Memorial Cathedral in

Hiroshima built after the atomic bombing in Hiroshima on the site of the Noboricho Catholic Church destroyed by the explosion, designed by the architect Togo Murano (using some of the competition ideas of the Kenzo Tange project). According to the results of the study, it was found that the architecture of the World Peace Memorial Cathedral in Hiroshima in Hiroshima represents a synthesis of the traditions of European Romanesque, the Japanese tradition of temple building, and the actual style of modernism, transformed through the prism of the creative manner of the talented architect of Japan of his time, Togo Murano, who had a huge experience in creating architecture with reminiscences of various, both Japanese and European styles of the past and present. In particular, it was established that the general planning and composition of the cathedral is close to the style of basilica churches of European Romanesque, taking into account the simplified global forms of modernism. At the same time, the appearance on the facade of the cathedral of its frame structure and a number of decoration elements refers to the tradition of ancient Japanese architecture, which is especially noticeable in the decoration of the main facade in the form of Japanese carved partitions, which, however, in accordance with the ideas of modernism, are made of concrete. From the results of the work, it is generally clear that Japanese modernism, from the very beginning of its spread in Japan, fundamentally differed from Europe, as it did not accept the idea manifested by European modernism of a complete rejection of traditional form-making. On the contrary, modernism in Japan actively used the national tradition as a basis for ideas.

Keywords: architecture of Japan; national tradition; Romanesque; modernism; religious architecture; Togo Murano; Kenzo Tange; transformation of tradition.

REFERENCES

1. Ishimaru N. The Cathedral for World Peace—Architecture of Togo Murano in Hiroshima. Tokyo: Sagami-Shobo, 1988. 259 p. {in Japanese}
2. Kojima H., ed. The Prolific World of Togo Murano: from the Memorial Cathedral for World Peace. Hiroshima City Museum of Contemporary Art, 2017 {in Japanese}
3. Tomioka Y., Tabata C. and Uchikawa I. Design process of the Memorial Cathedral for World Peace (1954), Hiroshima, by Togo Murano (Part 1): A chronological overview of graphic materials and formal manipulations observed in early design schemes // *Japan Architectural Review*. 2023. Jan.–Decem. Vol. 6. Issue 1: e12352. DOI: <https://doi.org/10.1002/2475-8876.12352> {in English / Japanese}
4. Tomioka Y. and Tabata C. Design Process of Memorial Cathedral for World Peace (1954), Hiroshima by Togo Murano (Part 2): Formal manipulations observed in the design of Xavier Hall (1949) // *Journal of Architecture and Planning, AIJ*. 2023.

Mar. Vol. 88 (No. 805). PP. 1125-1135, DOI: <https://doi.org/10.3130/aija.88.1125> {in English / Japanese}

5. Tomioka Y. and Tabata C. Design Process of Memorial Cathedral for World Peace (1954), Hiroshima by Togo Murano (Part 3): Formal manipulations observed in the process of schematic design of the cathedral (1948) // *Journal of Architecture and Planning, AIJ*. 2023. Nov. Vol. 88 (No. 813). PP. 3146-3157 DOI: <https://doi.org/10.3130/aija.88.3146> {in English / Japanese}

6. Noboricho Catholic Church Website. URL: <http://naboricho.catholic.hiroshima.jp/> (Accessed: 03.05.2024) {in Japanese}

7. Takata M. Buildings Column ② “Memorial Cathedral of World Peace (Noboricho Catholic Church)”. Hiroshima for global peace. URL: <https://hiroshimaforpeace.com/en/buildings-column-2-memorial-cathedral-of-world-peace-naboricho-catholic-church/> (Accessed: 03.05.2024) {in English}

8. World Peace Memorial Cathedral in Hiroshima / Togo Murano. ArchEyes | Timeless Architecture. 2016 Mar. 26. URL: <https://archeyes.com/world-peace-memorial-cathedral-togo-murano/> (Accessed: 03.05.2024) {in English}

9. Sleptsov O. S. and Dunaevskiy Y. U. Creation of modern Orthodox churches in Ukraine - "as languages of Ukrainian autochthony" in the context of urban development" // *Innovative Technology in Architecture and Design (ITAD 2020)*: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 907 012079, Kharkiv 21-22 May 2020, Kharkiv 2020 DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/907/1/012079> {in English}

10. Sleptsov O., Ivashko Y., Dmytrenko A. and Krupa M. P. The contemporary churches in the natural environment: modernization of landscape traditions // *Landscape architecture and art*. 2021. Vol 19 (№19). PP. 121-130 DOI: <https://doi.org/10.22616/j.landarchart.2021.19.12> {in English}

11. Sleptsov O. S. The architecture of Orthodox church [Архитектура православного храма: от замысла к воплощению]. Kyev.: A+ S. 2012. 551 s. {in Russian}

12. Shevtsova H., Ponomarenko H. Romantic wooden sacral architecture by Oleg Sleptsov: global and national creative ideas [Romantichni tvory derevianoho sakralnoho zodchestva arkhitekтора Oleha Slietsova: svitovi ta natsionalni idei formotvorennia] // *Arkhitekturnyi visnyk KNUBA*. 2020. №20. S. 73-106. DOI: <https://doi.org/10.32347/2519-8661.2019.20.73-106> {in Ukrainian}

13. Shevtsova G. et al. The Architecture of the Cathedral of Saint Sophia in Kyiv: Uniqueness and Universality in Historical Cultural Spaces // *World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planning Symposium (WMCAUS 2020)*: IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 960, 022105,

Prague, 1-5 September 2020, Prague, P. 153 DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/960/2/022105> {in English}

14. Tange K., Kawazoe N. *Ise – Origin of Japanese Architecture*. Cambridge: MIT Press, 1965. {in English}

15. Tange K., Gropius W., Ishimoto Y. *Tradition and Creation in Japanese Architecture*. New Haven: Yale University Press, Tokyo: Zokeisha Publication Ltd, 1960. 140 p. {in English / Japanese}

16. Isozaki A. *Japan-ness in Architecture*. / Translated by Sabu Kohso; edited by David B. Stewart. Cambridge and London: MIT Press, 2006. 349 p. {in English}

17. Shevtsova G.V. *Architectural Tradition as a Vector of Japanese Megacities' Development* [Arkhytekturnaia tradytsyia kak vektor razvytyia yaponskykh mehapolysov] // *Sovremennaia arkhytektura myra*. 2011. Vyp. I, S.291-300. {in Russian}

18. Shevtsova G.V., Gorbyk O.O. and Kubko A.Y. *Modern specific of Japanese urbanism as a result of the country's cultural mentality distinctiveness // Innovative Technology in Architecture and Design (ITAD 2020)*: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 907, 012001, Kharkiv, 21-22 May 2020, Kharkiv, 2020 DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/907/1/012001> {in English}

19. Yong D., Kimura M. *Introduction to Japanese Architecture*. Singapore: PERIPLUS, 2004. 128 p. {in English}

20. Shevtsova G.V. *History of Japanese Architecture and Art* [Istoriia yaponskoi arkhytektury i mystetstva]. Kyiv: Hrani-T, 2011. 232 s. {in Ukrainian}

21. Watanabe, Y. *Shinto art: Ise and Izumo shrines*. New-York: Weatherhill, Tokyo: Heibonsha. 1964. 191 p. {in English}

22. Mizuno, S. *Asuka Buddhist art: Horyu-ji*. New-York: Weatherhill, Tokyo: Heibonsha. 1974. 174 p. {in English}

DOI: 10.32347/2076-815x.2024.86.188-196

УДК 712.257:725.85

д. арх., доцент **Соснова Н.С.**,
nadiia.s.sosnova@lpnu.ua, ORCID: 0000-0003-2570-1236,
НУ «Львівська політехніка»

АНТРОПОГЕННИЙ ВПЛИВ СПОРТИВНО-ТУРИСТИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ НА ПРИРОДНІ ЛАНДШАФТИ

У роботі охоплено питання проблематики впливу спортивно-відпочинкових комплексів на природні ландшафти. Туризм та гірськолижний спорт є основним внеском в економіку гірських районів, і одночасно, осередком впливу, що спричиняє зміни ландшафту. В питанні збереження Карпатської природної системи та традиційного усталеного способу використання земель, спортивно-відпочинкові кластери зі значною площею охоплення територій є бар'єром у природному обігу. У роботі класифіковано діючі спортивно-туристичні об'єкти, базуючись на величині їх прямого (площа ділянки) та опосередкованого (радіус дії на довкілля) антропогенного впливу.

Ключові слова: природні ландшафти; фрагментація ландшафту; спортивні комплекси; туристичні об'єкти; лижний спуск; Карпатський регіон.

Постановка проблеми.

Проблема антропогенного тиску на природні ландшафти балансує між необхідністю господарського освоєння територій і завданням збереження природних ландшафтів. Для України територіями, що вимагають зрівноваженого підходу у розвитку є, передусім, найбільший природний комплекс - гірський масив Карпат, а також території Прикарпаття. Прикарпатські території характеризуються нижчою щільністю населення¹ та забудови [1; 2], і є інвестиційно привабливими, відповідно, актуальним є завдання збереження природних та культурних особливостей регіону за умов його прогнозованого розвитку.

Завданням даної роботи є окреслення співвідношення величини спортивно-туристичного об'єкту і його впливу на природний ландшафт з метою пошуку підходів у плануванні природних територій.

¹ Косівський район згідно даних Статуправління України мав станом на 1 лютого 2022 року 83491 осіб постійного населення, Надвірнянський район – 128617, Верховинський район – 30274 осіб, що у порівнянні з Коломийським районом з людністю 272333 осіб та Калушським районом з 280184 особами, характеризує низьку щільність населення.

Аналіз досліджень і публікацій.

Останні дослідження в завданнях охорони природи зосереджені на аспектах кумулятивного впливу туристичних дестинацій на території з цінними природними властивостями, як гірські регіони чи долинний простір річок [3; 4].

Одним з напрямів наукових досліджень є вивчення чинників фрагментації природного середовища в результаті розбудови інфраструктури активних видів туризму [5; 6; 7; 8]. Процеси поділу природних ландшафтів є загрозливими, оскільки функціонування цілісних природних територій визначається природними закономірностями, натомість, природні анклавні частини часто є антропогенними за своєю суттю, оскільки їх розвиток є під впливом межових територій.

Для узгодженого розвитку туристичної діяльності та охорони ландшафтів питання оцінки антропогенного навантаження стало предметом міжгалузевих досліджень з екології, просторового планування та географії [9; 10], проте однозначних кількісних показників в питанні екологічної ємності території важко досягнути. Так, в біології підхід врахування популяційного ареалу певного виду тварин враховує місце проживання та міграційну віддаль тварин і може вимірюватися від кількох сотень метрів до десятків гектарів, в залежності від біологічного виду [11]. Розмір ареалу популяції рослин залежить від відстані на яку можуть поширюватися їх вегетативні частини, і, відповідно теж є різновеликими [12].

Виклад основного матеріалу.

В регіоні Карпат та Прикарпаття спостерігається процес фрагментації природно-територіальних комплексів об'єктами рекреації з їх значними територіями, які мають ознаки природних – залісненість, трав'яний покрив, але не мають природної циркуляції живих організмів.

Ґрунтуючись на попередніх дослідженнях науковців, а також на експертній думці, припускаємо, що найбільш відчутний вплив на природні території мають спортивно-рекреаційні об'єкти, в межах яких є найбільші зміни ландшафту, як гірськолижні комплекси з готельно-побутовою зоною та об'єктами інфраструктури - лижними спусками, транспортними під'їздами, наземними паркінгами

Відповідно, у питанні збереження природних особливостей територій актуальним є пошук підходів у розміщенні об'єктів спорту, рекреації та обґрунтуванні їх величини і радіусів поширення антропогенного впливу.

Для встановлення кількісних показників допустимої величини спортивно-відпочинкових кластерів необхідно було б систематизувати інформацію стосовно локалізації ареалів ендеміків та популяційних ареалів. Проте звести усю наявну інформацію в єдину картосхему планувальних

обмежень є надто складно. До прикладу, рід півкущів Тирліч (*Gentiana*), які як і більшість рослин Карпат мають лікувальні властивості і використовуються населенням для покращення кровообігу мають кілька локацій. Найменшу площу займають популяції з двох локалітетів: г. Ворожеска, хребет Свидовець (0,25–0,3 га) і г. Гутин Томнатик, хребет Черногора (0,3 га). Площа інших популяцій коливається в межах 3–6 га [13]. Розбіжності в розмірах ареалу ендеміків є великі - від 0,001 до сотень га. Гіпотетично, будь який невеликий об'єкт будівництва здатен знищити малі ареали унікальних рослин. І тут важливим є передпроектний етап аналізу конкретної території. Натомість, значні за площею спортивні кластери, зокрема гірськолижні комплекси, необхідно розглянути на макрорівні.

Найбільше зосереджено комплексів з лижними спусками в серединній зоні Карпат, яка має виражені ландшафтні особливості вздовж умовної осі між містами Дрогобич в Передкарпатті та Мукачево в Закарпатті. Площа, на якій зосереджені спортивні комплекси становить 263 000 га². Сумарно площа під об'єктами високого антропогенного навантаження гірськолижних курортів та спортивних комплексів становить біля 1 653 га., що становить 0,63% від вказаної вище площі їх ареалу розміщення. В сумі, кількісні показники площі спортивно-туристичних відпочинкових комплексів, збудованих у природних ландшафтах є низькою, проте необхідно враховувати площу охоплення кожного окремого.

В основі дослідження є аналіз площ, зайнятих діючими спортивно-відпочинковими комплексами Карпат і величини їх впливу на природні ландшафти. Для аналізу у роботі обрано десять комплексів з функціонуючими лижними спусками: два на околицях м. Борислав та вісім в селах: Плав'я, Волосянка, Славське, Сянки, Тисовець Львівської області, Пилипець, Вишка Закарпатської області, Поляниця Івано-Франківської області (рис. 1). Дані об'єкти можна поділити на три групи за площею території. Перша група об'єктів площею 7 – 50 га, друга група об'єктів площею 70 – 130 га, до третьої групи об'єктів, площею біля 1000 га увійшов лише один об'єкт - гірськолижний комплекс «Буковель», забудова якого разом зі станціями витягів та трасами лижних спусків займає 9 894 100 м.кв. території³(рис. 1, л).

² площа обрахована за відкритими даними Goole Earth [16]

³ площі гірськолижних курортів обраховані на основі відкритих даних Goole Earth за візуальними ознаками використання території, оскільки за даними Кадастрової карти лише частина земель ГК комплексів є облікована; до прикладу комплекс «Крутогір 365» має виділені ділянки комунальної власності під бугель площею 1.7322 га і під паркування - 0.0361 га, решта території - під будівлями, мультиліфтом не виділена під обслуговування комплексу; у ГК «Буковель» землями рекреаційного призначення є смуги під спусками, натомість поміж ними землі не облікуються.

До спеціалізованих спортивних комплексів належить навчально-спортивна база зимових видів спорту «Тисовець», площею території 823 711 м.кв. у с. Тисовець. Інфраструктура бази включає в себе крісельний і 3 бугельні витяги, гірськолижні траси різного рівня складності, траси для біатлону та бігових лиж, стрибків з трампліну, спортивний та тренажерний зали, 500-метрову трасу для могулу, одного з видів фрістайлу. До спеціалізованих також належить реабілітаційно-спортивний комплекс з біатлонною трасою у с. Сянки, площею території 811 437 м.кв.

Опираючись на типологію поділу ландшафту на три групи за критерієм кореляції між дальністю поширення антропогенного тиску та показниками змін природних елементів [14], для трьох типів антропогенно видозмінених ландшафтів гірськолижних комплексів обґрунтовано показник радіусу впливу. Так, на відстані до 500 від будівництва готелю та дороги до нього, зміни природи є відносно високими – від перепланування рельєфу та зняття верхнього шару ґрунту до «розтинання» природних зв'язків в малих природних територіальних комплексах. На віддалі 500 - 3 000 м від об'єкту спостерігається повільне зменшення змін природних елементів. Коли буферна відстань об'єкту досягає 3 000 - 8 000 м антропогенне навантаження перестав суттєво зменшуватися, що свідчить про досягнення умовної межі антропогенного тиску об'єкту. Ландшафт за показниками типу рослинності та біорізноманіття поступово наближається до характеристик природного ландшафту в даному регіоні. Коли відстань від збудованого об'єкту досягає приблизно 11 000 м, антропогенне навантаження, згідно даних порівняння показників з первинним природним ландшафтом даної території, можна трактувати як таке, що не має сили принципових змін природних елементів.

Виходячи з положення, що вплив спортивно-рекреаційного комплексу на ландшафт не може бути меншим ніж його дія у зоні найвищого антропогенного тиску - 500 м [14] з розглянутих гірськолижних комплексів об'єкти, площею 7 – 50 га - «Крутогір 365», «Буковиця», «Плай» є об'єктами, що не спричиняють незворотніх трансформацій природних ландшафтів шляхом фрагментації природно-територіальних комплексів (рис. 1, а-в).

Гірськолижні комплекси площею 70 – 130 га - «Динамо-Тростян», «Захар Беркут», «Сянки», «Тисовець», «Пилипець», «Красія», охоплюють територію, що виходить за межі радіусу зони високого антропогенного тиску в 500 м, проте не перевищують вплив на довкілля в радіусі 3000 м, що трактується як помірний тиск з ймовірною фрагментацією малих природно-територіальних комплексів (рис. 1, г-к).

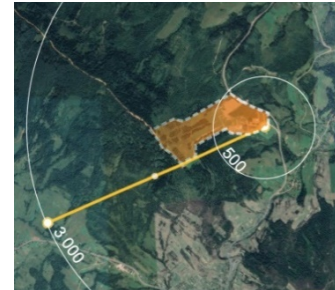
ГК площею 7 – 50 га



а) м. Борислав, Львівська обл., ГК «Крутогір 365», 75 111 м.кв.



б) м. Борислав, Львівська обл., ГК «Буковиця», 150 157 м.кв.

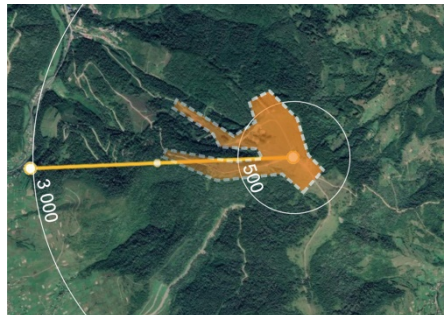


в) с. Плав'я, Львівська обл., ГК «Плай», 499 203 м.кв

ГК площею 70 – 130 га



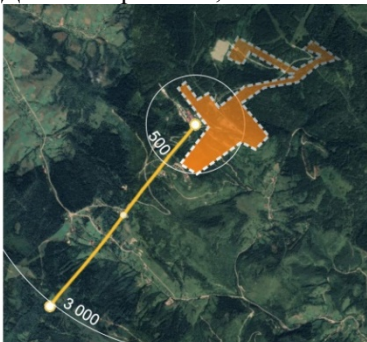
г) с. Славське, Львівська обл., ГК «Динамо-Тростян», 717 728 м.кв.



д) с. Волосянка, Львівська обл., ГК «Захар Беркут», 723 570 м.кв.



е) с. Сянки, Львівська обл., 811 437 м.кв.



є) с. Тисовець Львівська обл., ГК «Тисовець», 823 711 м.кв



ж) с. Пилипець, Закарпатська обл., ГК «Пилипець», 955 550 м.кв.

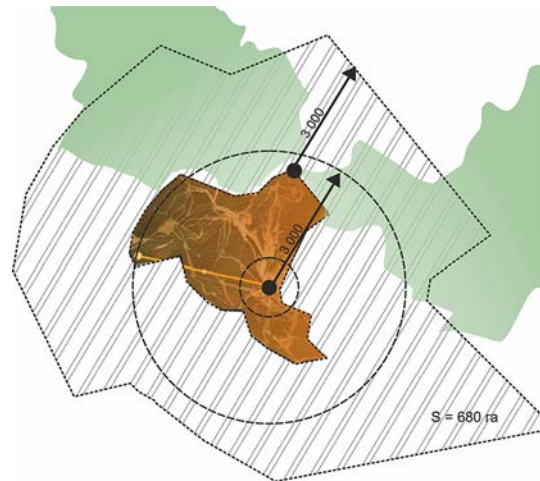


к) с. Вишка, Закарпатська обл., ГК «Красія» 1 300 598 м.кв.

ГК площею 1 000 га



л) с. Поляниця, Івано-Франківська обл., ГК «Буковель», 9 894 100 м.кв.



м) ГК «Буковель» разом з зоною антропогенного впливу, 680 га

Рис. 1. Гірськолижні комплекси та зона їх впливу на природні ландшафти.

Рекреаційні комплекси значної потужності площею у 1000 га у своїх межах формують зону високого антропогенного тиску радіусом 3000 м. Так, гірськолижний комплекс «Буковель», що займає разом з маршрутами активного відпочинку та лижними спусками 989 га, разом із зоною часткового антропогенного впливу у 3000 м формує значну за площею «пляму» (рис. 1,м), вплив якої полягає не лише у зміні ґрунтопокриву, а у розтинанні сталих природних зв'язків. З огляду на те, що у північній частині ГК «Буковель» межує з природним заповідником «Горгани» та з Національним природним парком загальнодержавного значення «Карпатський», у зону антропогенного тиску відпочинкового комплексу попадають землі природоохоронного призначення [15].

Висновки. Спортивно-туристичні об'єкти в природному середовищі, площею території до 50 га можна класифікувати як об'єкти, антропогенний тиск яких на природний ландшафт локалізований в межах 500 метрів від осередку забудови. Об'єкти, від 50 до 1000 га можуть впливати на природні ландшафти в межах до 3000 м. Комплекси, площею від 1000 га і більші класифікуються як такі, що мають силу впливу на довкілля на віддалі понад 3000 м, що передбачає вагомі негативні наслідки. Великі за площею комплекси розділяють не лише природні геобіоценози, а і усталені комунікації між гірськими селами та полонинами, що є важливими у традиційному господарюванні місцевого населення.

Література

1. Головне управління статистики у Львівській області. - 2022. <https://ifstat.gov.ua/>
2. Бардин Ю., Просторово-функціональний розвиток Дрогобицької агломерації. Дис. на зд. наук. ступеня д. філософії. - 2024.
3. Дідух Я.П., Чорней І.І., Буджак В.В. та ін; Ред. Я.П. Дідух, І.І. Чорней. Кліматогенні зміни рослинного світу Українських Карпат: монографія. 2016. – Чернівці : – 280 с. - 61 с.
4. Petryshyn H. Kształtowanie terenów nadwodnych Kopenhagi w kontekście rozwoju metropolitalnego. *Przestrzeń i forma*. - 2006. Nr 25, ss. 223–240.
5. Corneloup J., Bourdeau P., Mao P. Adventure sports and tourism in the French mountains: dynamics of change and challenges for sustainable development. *Journal of Sport & Tourism* 2001; 6(2), pp. 19–20.
6. Jaeger, J. A. Landscape division, splitting index, and effective mesh size: New measures of landscape fragmentation. *Landscape Ecology*, 2002; 15(2), 115–130.

7. Said M.Y., Ogutu, J.O., Kifugo, S.C., Makui, O., Reid, R.S., & de Leeuw, J. Effects of extreme land fragmentation on wildlife and livestock population abundance and distribution. *Journal for Nature Conservation*, 2016; 34, 151–164.
8. McGarigal, K., & Cushman, S. A. Comparative evaluation of experimental approaches to the study of habitat fragmentation effects. *Ecological Applications*, - 2002. 12 (2), 335–345.
9. Haila, Y. A conceptual genealogy of fragmentation research: From island biogeography to landscape ecology. *Ecological Applications*, 2002. 12 (2), 321–334.
10. Baden A.L., Mancini A.N., Federman S., Holmes S.M., Johnson S.E., Kamilar J., Louis E.E., Jr., and B.J. Bradley. Anthropogenic pressures drive population genetic structuring across a Critically Endangered lemur species range. *Sci Rep.* - 2019; 9: 16276.
11. Царик Й.В. Популяційна екологія. Керування популяціями. - Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. І. Франка, - 2004. - 101 с.
12. Gordon I., Goodall B. Localities and Tourism. *Tourism Geographies*, 2(3), - 2000, 290-311.
13. Грицак Л.Р, Майорова О.Ю., Прокоп'як М.З., Дробик Н.М. Сучасні причини фрагментації ареалів високогірних видів роду gentiana l. *Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол.*, - 2021, Т. 81, № 3.
14. Xiang Y, Meng J, You N, Chen P & Yang H. Spatio-temporal Analysis of Anthropogenic Disturbances on Landscape Pattern of Tourist Destinations: a case study in the Li River Basin, China. *Scientific Reports*. – 2019. volume 9, number: 19285.
15. Земельний кадастр України. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://kadastr.live/parcel/2624082100:01:017:0001>.
16. Goole Earth [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.google.com/intl/uk/earth/about/.

Doctor of Architecture, docent **Nadiya Sosnova**,
Lviv Polytechnic National University

ANTHROPOGENIC IMPACT OF SPORTS AND TOURIST FACILITIES ON NATURAL LANDSCAPES

The paper covers the issue of the impact of sports and recreational facilities on natural landscapes. Tourism and skiing are the main contributors to the economy of mountainous areas and at the same time the reason for landscape change. Large sports and recreational complexes are barriers to the spread of native flora and animal

migration, and their infrastructure (ski slopes, surface parking lots, etc.) changes the top layer of the relief. The ten most visited ski resorts in Lviv, Ivano-Frankivsk, and Zakarpattia regions were selected for analysis.

Based on the typology of dividing the landscape into three groups according to the criteria of correlation between the range of anthropogenic pressure and indicators of changes in natural elements, it can be claimed that of the ski resorts under analysis, only the facilities with an area of 7-50 hectares - Krutohir 365, Bukovytsia, and Plai - are facilities that do not cause irreversible transformations of natural landscapes. Ski resorts with an area of 70 - 130 hectares - Dynamo-Trostyan, Zakhar Berkut, Syanky, Tysoverts, Pylypets, Krasiya - cover the territory beyond the 500-meter radius of the zone of high anthropogenic pressure, but do not exceed the environmental impact within a radius of 3,000 meters, which is interpreted as moderate pressure with possible fragmentation of small natural areas.

Complexes with an area of 1000 hectares or more are classified as impacting the environment at a distance of more than 3000 meters, which implies significant negative consequences. These include the Bukovel complex, whose development, together with lift stations and ski slopes, was calculated based on open Google Earth data using visual signs of changes in vegetation cover and covers 9,894,100 square meters. Together with the 3000-meter zone of anthropogenic impact, a large "spot" is formed, whose environmental impact is the destruction of sustainable natural connections. Also, large recreation complexes affect the change of established communications between villages, meadows, and hayfields, which are important in the traditional economy of the local population.

Keywords: natural landscapes; landscape fragmentation; sports complexes; tourist facilities; ski slope; Carpathian region.

REFERENCES

1. Holovne upravlinnia statystryky u Lvivskii oblasti. - 2022. <https://ifstat.gov.ua/> {in Ukrainian}.
2. Bardyn Yu., Prostorovo-funktsionalnyi rozvytok Drohobytskoi ahlomeratsii. Dys. na zd. nauk. stupenia d. filosofii. - 2024 {in Ukrainian}.
3. Didukh Ya. P., Chornei I. I., Budzhak V. V. ta in ; Red. Ya. P. Didukh, I. I. Chornei. Klimatohenni zminy roslynnoho svitu Ukrainskykh Karpat : monohrafiia. 2016.. – Chernivtsi : – 280 c.- 61 c. {in Ukrainian}.
4. Petryshyn H. Kształowanie terenów nadwodnych Kopenhagi w kontekście rozwoju metropolitalnego. *Przestrzeń i forma*. 2006. Nr 25, ss. 223–240 {in Polish}.
5. Corneloup J., Bourdeau P., Mao P. Adventure sports and tourism in the French mountains: dynamics of change and challenges for sustainable development. *Journal of Sport & Tourism* 2001; 6(2), pp. 19–20 {from English}.

6. Jaeger, J.A. Landscape division, splitting index, and effective mesh size: New measures of landscape fragmentation. *Landscape Ecology*, 2002; 15(2), 115–130 {from English}.

7. Said M.Y., Ogutu, J.O., Kifugo, S.C., Makui, O., Reid, R.S., & de Leeuw, J. Effects of extreme land fragmentation on wildlife and livestock population abundance and distribution. *Journal for Nature Conservation*, 2016; 34, 151–164 {from English}.

8. McGarigal, K., & Cushman, S. A. Comparative evaluation of experimental approaches to the study of habitat fragmentation effects. *Ecological Applications*, 2002. 12(2), 335–345 {from English}.

9. Haila, Y.A conceptual genealogy of fragmentation research: From island biogeography to landscape ecology. *Ecological Applications*, 2002. 12(2), 321–334 {from English}.

10. Baden A.L., Mancini A.N., Federman S., Holmes S.M., Johnson S.E., Kamilar J., Louis E.E., Jr., and B.J. Bradley. Anthropogenic pressures drive population genetic structuring across a Critically Endangered lemur species range. *Sci Rep.* 2019; 9: 16276 {from English}.

11. Tsaryk Y.V. Populiatsiina ekolohiia. Keruvannia populiatsiiamy. - Lviv: Vydavnychiy tsentr LNU im. I. Franka, 2004.- 101 c. {in Ukrainian}.

12. Gordon I., Goodall B. Localities and Tourism. *Tourism Geographies*, 2(3), 2000, 290-311 {from English}.

13. Hrytsak L.R., Maiorova O.Yu., Prokopiak M.Z., Drobyk N.M. Suchasni prychny frahmentatsii arealiv vysokohirnykh vydiv rodu gentiana l. Nauk. zap. Ternop. nats. ped. un-tu. Ser. Biol., 2021, T. 81, № 3 {in Ukrainian}.

14. Xiang Y, Meng J, You N, Chen P & Yang H. Spatio-temporal Analysis of Anthropogenic Disturbances on Landscape Pattern of Tourist Destinations: a case study in the Li River Basin, China. *Scientific Reports*. – 2019. volume 9, number: 19285 {from English}.

15. Zemelnyi kadastr Ukrainy [Electronic resource]: <https://kadastr.live/parcel/2624082100:01:017:0001>. {in Ukrainian}

16. Goole Earth [Electronic resource]. www.google.com/intl/uk/earth/about/. {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2076-815x.2024.86.197-207

УДК: 72.02

Тараненко С.В.,
serhii.taranenko@snau.edu.ua, ORCID: 0009-0008-9553-7148,
к. арх., доцент **Бородай А.С.**,
artem.borodai@snau.edu.ua, ORCID: 0000-0003-4221-0332,
Бородай Я.О.,
yana.borodai@snau.edu.ua, ORCID: 0000-0003-0048-815X,
Сумський національний аграрний університет

ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ОБ'ЄКТАХ ПАМ'ЯТІ НА ПРИКЛАДІ ТЕРИТОРІЇ БАБИНОГО ЯРУ

Дослідженню можливість взаємодії сучасних інформаційно-комунікаційних технологій із об'єктами пам'яті, які у довготривалій перспективі залишатимуться основними зразками архітектурно-скульптурних засобів для увіковічнення певних постатей, подій, обставин в українському суспільстві, в першу чергу пов'язаних з військовою агресією РФ. Актуальність тематики полягає ще й у локальному ознайомленні з сучасними мультимедійними прийомами та інформаційними методами, за допомогою яких нині існує змога емоційно впливати на спостерігача та повніше і зрозуміліше доносити певний посил визначного місця чи побудови.

Проведено огляд наявних нині досліджень, що повноцінно чи дотично зачепують порушену проблематику. Сформульовано сутність поняття об'єкту дослідження та його базові положення. Детально описано визначні інсталяції та місця території Національного історико-меморіального заповідника «Бабин Яр», які слугують опорними точками, зразками, на основі яких сформовано висновки щодо якості та доцільності застосування інформаційних технологій. Проаналізовано та синтезовано матеріал про об'єкти пам'яті, який може стати поштовхом для подальших досліджень і підтримкам для створення меморіалів та пам'ятників різноманітних типів.

Ключові слова: інформаційні технології; об'єкт пам'яті; меморіал; емоційний вплив; ідея; символ; Бабин Яр; композиція; простір.

Постановка проблеми. Інформаційні технології - невід'ємна частина сучасного світу, що значною мірою визначає подальший економічний та суспільний розвиток людства. У таких умовах зазнає значних змін зокрема й галузь архітектури та містобудування в цілому. Нині завдяки цьому є можливим докорінно інше, якісніше, повніше донесення того чи іншого задуму

у категорії проектування об'єктів пам'яті - місць, що закарбовують спогади про подію, особистість тощо [4, 15].

Такими об'єктами є різноманітні скульптурні групи, комплекси, меморіали, монументи, пам'ятники, експозиції, інсталяції, інформаційні стенди, таблички. Найголовніша функція цих місць - усунути розрив між історією та справжньою пам'яттю, повернути людині відчуття зв'язку з минулим, тим самим подолавши віддаленість між нею і сьогоденням, увіковічнити певний спогад [3].

Сучасні реалії, а саме повномасштабне вторгнення РФ в Україну, нанесли нашому народу неоціненні фізичні, душевні та ментальні травми, які будуть проговорюватися не одне покоління. З метою увіковічнення пам'яті жертв, створення образів, які б достовірно, реалістично та цікаво передали цю історію та спогади нащадкам, варто звернути увагу на формування монументів сучасного типу із застосуванням інформаційно-комунікаційних технологій.

Мета статті. Проілюструвати, проаналізувати та зацентувати увагу на новітніх інформаційно-комунікаційних технологіях, методах, прийомах, що використовуються для підсилення впливу в сучасних об'єктах пам'яті, меморіалах та інших подібних місцях на прикладі облаштування території Національного історико-меморіального заповідника «Бабин Яр».

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблематика застосування інформаційних технологій в об'єктах пам'яті є мало дослідженою, а значить надактуальною, тим більше в умовах сьогодення та майбутнього поступу.

За спорідненим напрямком проведено дослідження Вотіновим М.А. в аспекті інноваційних прийомів, що можуть бути використані для організації інтерактивних будівель і споруд у міському середовищі, описано їх сутність та охарактеризовано [7]. В дослідженнях науковців Інституту історії України НАН України визначено концепцію архітектурно-середовищного і контекстуального розвитку Національного історико-меморіального заповідника «Бабин Яр», що представляє бачення істориків на необхідний поступ у питанні облаштування і формування території даного об'єкту [9].

У науковій роботі Асмана А. визначено принципи просторової трансформації культурної пам'яті [1]. В публікації Набок С.В. проаналізовано проблему наповнення певного простору сенсами у аспекті пам'яті та меморіалізації [12]. У дослідженні Топала С.С. та Сингаївської О.І. сформовано загальні історико-архітектурні аспекти організації міста та його частин [17].

Питання, що стосуються проблематики інтеграції в архітектуру як науку аудіовізуальних технологій та їх тісної взаємодії розкрито у зарубіжній публікації Слаатта Т. [20].

Вищезазначені дослідження ґрунтовно вивчають проблематику інтерактивної архітектури, описують інформаційні технології та їх застосування, проте питання їх інтеграції в об'єкти пам'яті потребує більш детального вивчення.

Виклад основного матеріалу. Розглянемо детальніше застосування сучасних інформаційних технологій в об'єктах пам'яті на прикладі території Національного історико-меморіального заповідника «Бабин Яр».

Основною проблемою, яку доводиться вирішувати при облаштуванні подібної ділянки - максимально стисле представлення великого обсягу різнобічної інформації, аби за короткий час прогулянки якомога повніше ознайомити відвідувачів зі знаковими місцями, експозицією. На цьому етапі приходять на допомогу інформаційні технології, які, вмонтовуючись в певні об'єкти пам'яті, якісно по-новому розкривають їх сенс та ідею.

Традиційними складовими будь якого пам'ятника, меморіала є безпосередньо сам об'єкт, задумка та дизайн (дизайнерське вирішення, оформлення посилу). Тому під час розробки концепції, засобів репрезентації, належить зберегти баланс між цими трьома категоріями і сучасними мультимедійними прийомами. Композиційне рішення має насамперед створювати єдиний цільний простір кожного осередку, а не розбивати його на окремі, не пов'язані одним задумом частини [6].

Очевидно, що найбільш вирашним способом впливу на відвідувачів є емоційний, однак зловживання ним, особливо за умови використання сучасних інформаційних технологій, здатне перетворити відвідини комплексу на важкий, а інколи й травматичний, психологічний досвід. Тому найкраще - застосовувати звуковий супровід, світлові ефекти, аудіо- чи відеодоріжки лише задля підсилення емоційного сприйняття.

Далі перейдемо до розгляду конкретних проектів, що вже втілені на території заповідника.

Цікавою з точки зору застосування інформаційних технологій з об'єктом пам'яті є аудіовізуальна інсталяція «Дзеркальне поле» (рис. 1). В її основі зосереджено глянцева площину-подіум, яку створено у формі дзеркального диску діаметром близько 40 м зі встановленими зверху 10 колонами із неіржавної сталі, кожна з яких заввишки 6 м. «Стовпці» і диск прострілені кулями того ж калібру, який використовували нацисти під час масових убивств у Бабиному Яру. Інсталяція діє цілодобово, тому вдень у колонах відображається небо, а вночі крізь кульові отвори проходить світло та «звук пам'яті» - характерний свист вітру. Із верхівок колон в небо йдуть світлові промені [8, 9].



Рис. 1. Інсталяція «Дзеркальне поле» у Бабиному Яру (2019 р.)

У подіум також вмонтовано електроакустичний орган, який складається із 24 труб. Спеціально для нього був розроблений алгоритм перекладу імен загиблих у звук, що й створює загальну музичну композицію. На основний фон накладаються архівні записи довоєнного Києва, унікальні пісні на ідиші 1920-1930-х рр. Лунають хорові та поминальні християнська музика, українські та ромські пісні, твори сучасних українських композиторів.

Гідною уваги також є «Дорога скорботи» (рис. 2) - аудіоінсталяція на місці зруйнованого єврейського кладовища. На алеї від входу цвинтаря до пам'ятника «Менора» (рис. 3) встановлено десятки динаміків. З них лунають імена загиблих: голоси чутно з різних боків, створюючи відчуття хору [10, 13].

Рухаючись алеєю, відвідувач може помітити, як з інших динаміків до звучання імен приєднуються тихі голоси, які читають молитви і традиційні поминальні пісні. Вихід до пам'ятника «Менора» повертає відвідувача до початку – тут ще раз лунають імена всіх відомих на даний час жертв. Як бачимо, об'єкт створено з великою повагою до традицій юдаїзму.

Монумент «Погляд у минуле. Куренівська трагедія» (рис. 4) (створений скульптором і художником Олегом Шовенком) - об'єкт пам'яті, який встановлено в Бабиному Яру саме на тому місці, де 1961 року прорвало дамбу і сформувалась перша смертоносна хвиля мулу, яка переросла у потужний селевий потік і забрала життя щонайменше 145 людей. Автор вкладав у сенс інсталяції дві катастрофи: людську та природну [11].

Основа монументу складається із більш ніж 100 різновидів цеглин, з яких будувався Київ упродовж останніх 200 років. Пам'ятник зроблено у вигляді збільшеної вдесятеро самої цеглини. У монумент вмонтовано монокуляри, які показують кадри з документального проєкту про трагедію Бабиного Яру та Куренівки [14, 16].



Рис. 2. Алея «Дорога скорботи» у Бабиному Яру (2017 р.)



Рис. 3. Пам'ятник «Менора» у Бабиному Яру (1991 р.),
арх-ри: Ю. Паскевич, Я. Левич, О. Левич



Рис. 4. Монумент «Куренівська трагедія» у Бабиному Яру (2021 р.)

Ця інсталяція є частиною мережі об'єктів у міському просторі Києва «Погляд у минуле». Основним її фокусом є події розстрілів у роки Другої світової війни. У 2019 році було відкрито перші чотири об'єкти інсталяції на території заповідника, які відтворюють вигляд цієї території станом на початок жовтня 1941 року, і знаходяться на точно визначених за допомогою 3D-моделювання точках, саме там, де фотограф їх зняв. А 2021 року з'явилася інсталяція «Погляд у минуле. Дерево» (рис. 5) на проспекті Перемоги.

Даний об'єкт складається з двох кам'яних валунів природної обробки, між якими лежить розлоге дерево. У кам'яні стели вмонтовані монокуляри зі світлинами німецького військового фотографа-пропагандиста Йоганнеса Геле, зробленими ним на початку осені 1941 року в окупованому Києві. Саме там, де він стояв у мить знімкування, було встановлено кам'яні валуни.

Дивлячись в око монокуляра, глядач ніби зазирає в об'єктив фотоапарата і споглядає тіла двох чоловіків, які лежать на проспекті і натовп, що проходить повз. Це погляд у минуле через лінзу фотоапарата.

Якщо ж говорити про дерево, то в єврейській традиції дерево зі зламаними гілками є символом перерваного життя [2]. Для інсталяції використали верхню частину сухостійного дуба без коренів. Трагедія Бабиного Яру показує, як легко це дерево може бути знищено, а його гілки - поламані. Авторкою даного об'єкту є молода художниця і архітекторка Анна Камишан.



Рис. 5. Інсталяція «Погляд у минуле. Дерево» на проспекті Перемоги (2021 р.)

Висновки. Історична пам'ять є невід'ємною складовою національної ідентичності. Збереженню цієї пам'яті сприяють встановлення символічних об'єктів на певних територіях, з якими люди пов'язують свої спогади, цінності.

Вони покликані увіковічнити подію, історію, постать тощо, зосередити увагу на місці, вкладаючи певний сенс, ідею, вдаючись до символізму [19].

Зодчество доволі прискіпливо та кропітливо ставиться до проектування меморіалів чи інших подібних об'єктів, адже потрібно поєднати будівельний матеріал, теорію композиції, поняття краси, доцільності та, звісно ж, саму ідею створення пам'ятки. Нині завдяки інформаційним технологіям, що легко та природньо влилися в архітектурну справу, цей список поповнився, а значить і ускладнився. Проте, натомість, відкрилося в рази більше можливостей для організації таких місць, донесення інформації до спостерігача, емоційного впливу на нього [5, 18].

Отож, застосування інформаційно-комунікаційних технологій у процесі функціонально-просторового формування таких об'єктів пам'яті є новітнім ефективним способом задля найповнішого збереження і найяскравішого, найдоцільнішого донесення інформації, підсилення враження від місця, увиразнення композиції тощо.

Література

1. Ассман А. Простори спогаду. Форми трансформації культурної пам'яті / пер. з нім. К. Дмитренко, Л. Доронічева, О. Юдін. К.: Ніка-Центр, 2012. 440 с.
2. Бабин Яр: масове убивство і пам'ять про нього: матер. Міжнар. наук. конф.; м. Київ; 24-25 жовтня 2011 р. / редкол.: В. Нахманович та ін. - 2-е вид., допов. К.: ФОП Москаленко О. М., 2017. 288 с.
3. Весна А.В. Глобальні архітектурні концепції як фактор формування громадської свідомості / Сучасні проблеми архітектури та містобудування: наук.-техн. збірник. К.: КНУБА, 2017. Вип. 48. С. 3-11.
4. Доцюк А.В. Формування зовнішнього та внутрішнього простору в архітектурі та дизайні шляхом психологічного впливу на процеси створення проекту / Сучасні проблеми архітектури та містобудування: наук.-техн. збірник. К.: КНУБА, 2013. Вип. 34. С. 48-54.
5. Дубинський В.П., Несен А.А. Характеристика формування візуально-комунікаційного середовища сучасного міста / Сучасні проблеми архітектури та містобудування: наук.-техн. збірник. К.: КНУБА, 2017. Вип. 48. С. 49-55.
6. Житкова Н.Ю. Архітектура і дизайн. Єдність і протиріччя / Сучасні проблеми архітектури та містобудування: наук.-техн. збірник. К.: КНУБА, 2016. Вип. 42. С. 25-32.
7. Інноваційні прийоми формування інтерактивних будівель і споруд у міському середовищі: монографія / М.А. Вотінов, О.В. Смірнова; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О.М. Бекетова. Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. 112 с.

8. Кононенко Г.Ю., Фоменко О.О. Критерії та рівні оцінки візуальних якостей штучного освітлення відкритих публічних просторів / Архітектурний вісник КНУБА № 24-25. К.: КНУБА, 2022. С. 57-66.

9. Концепція комплексного розвитку (меморіалізації) Бабиного Яру з розширенням меж Національного історико-меморіального заповідника «Бабин Яр» / Геннадій Боряк (голова), Олександр Лисенко, Віталій Нахманович, Анатолій Подольський (заступники голови), Тетяна Пастушенко (секретар) ; Інститут історії України НАН України. – Ред. 2-га, випр. та допов. К.: Інститут історії України НАН України, 2021. 200 с.

10. Костюченко О.А. Вплив медіа-технологій на формування архітектурного образу арт-центру / XII міжнародна науково-практична конференція, 28-29 квітня 2015 р. К.: НАУ, 2015. Т.2. С. 5-6.

11. Криворучко Ю.І. Методологічні підходи досягнення сакрального в архітектурі / Сучасні проблеми архітектури та містобудування: наук.-техн. збірник. К.: КНУБА, 2020. Вип. 56. С. 137-152.

12. Набок С.В. Простір і пам'ять: на перехрестях контекстів / Наукові записки Інституту політичних і етнонаціональних досліджень ім. І.Ф. Кураса НАН України. К.. 2017. Вип. 5-6. С. 244-253.

13. Парнета М.Б. Методи аналізу та оцінки медійності архітектурних об'єктів та просторів / Сучасні проблеми архітектури та містобудування: наук.-техн. збірник. К.: КНУБА, 2022. Вип. 62. С. 76-89.

14. Праслова В.О. Медіа-арт як напрям розвитку художнього проектування архітектурного середовища / Сучасні проблеми архітектури та містобудування: наук.-техн. збірник. К.: КНУБА, 2022. Вип. 62. С. 304-313.

15. Русевич Т.В., Завадська Г.А. Медіамистецтво у сучасному синтезі мистецтв в архітектурі / Архітектурний вісник КНУБА № 22-23. К.: КНУБА, 2021. С. 26-32.

16. Сайт «Interfax-Україна: інсталяція до роковин Куренівської трагедії. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://interfax.com.ua/news/press-release/730043.html>. 13.03.2021.

17. Топал С.С., Сингаївська О.І. Історико-архітектурні аспекти організації міста / Сучасні проблеми архітектури та містобудування: наук.-техн. збірник. К.: КНУБА, 2022. Вип. 62. С. 194-202.

18. Шаталюк Ю.В. Принципи формування адаптивної архітектури в контексті сталого розвитку міського середовища: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. арх. 18.00.02, Харків: ХНУБА, 2018. 23 с.

19. Яновицький Є.Л., Галак К.Т. Застосування елементів монументального мистецтва, сучасної скульптури та малих архітектурних форм при формуванні садово-паркового ландшафту та благоустрою урбаністичного

середовища / Сучасні проблеми архітектури та містобудування: наук.-техн. збірник. К.: КНУБА, 2022. Вип. 64. С. 218-238.

20. Slaatta T. Urban screens: Towards the convergence of architecture and audiovisual media. [Електронний ресурс] / First Monday, Special Issue №4, February 2006. – http://firstmonday.org/issues/special11_2/slaatta/index.html.

assistant **Taranenko Serhii**,
PhD in Architecture, Associate professor **Borodai Artem**,
Senior lecturer **Borodai Yana**,
Sumy National Agrarian University

APPLICATION OF INFORMATION TECHNOLOGIES IN MEMORY OBJECTS ON THE EXAMPLE OF THE TERRITORY OF BABYN YAR

The article is dedicated to researching the possibilities of interaction of modern information and communication technologies with objects of memory, which in the long term will remain the main examples of architectural and sculptural means for immortalizing certain figures, events, circumstances in Ukrainian society, primarily related to the military aggression of the Russian Federation. The relevance of this topic also lies in local familiarization with modern multimedia techniques and information methods, with the help of which it is now possible to emotionally influence the observer and more fully and clearly convey a certain message of a significant place or building.

An overview of the currently available studies that fully or tangentially touch on the raised issues has been conducted. The essence of the concept of the research object and its basic provisions are formulated. Significant installations and places of the territory of the National Historical and Memorial Reserve «Babyn Yar» are described in detail, which serve as reference points, samples, based on which conclusions are formed regarding the quality and feasibility of using information technologies. The material on memory objects has been analyzed and synthesized, which can become an impetus for further research and a basis for the creation of memorials and monuments of various types.

The use of information and communication technologies in the process of functional-spatial formation of memory objects is the latest effective method for the most complete preservation and the brightest, most expedient delivery of information, strengthening the impression of a place, expressing the composition, etc.

Keywords: information technologies; memory object; monument; memorial; emotional impact; idea; symbol; Babyn Yar; composition; space.

REFERENCES

1. Assman A. Prostory spohadu. Formy transformatsii kulturnoi pam'iaty / per. z nim. K. Dmytrenko, L. Doronicheva, O. Yudin. Kyiv: Nika-Tsentr, 2012. 440 s. {in Ukrainian}
2. Babyn Yar: masove ubyvstvo i pam'iat pro noho: mater. Mizhnar. nauk. konf.; m. Kyiv; 24-25 zhovtnia 2011 r. / redkol.: V. Nakhmanovych ta in. - 2-e vyd., dopov. Kyiv: FOP Moskalenko O. M., 2017. 288 s. {in Ukrainian}
3. Vesna A.V. Hlobalni arkhitekturni kontseptsii yak faktor formuvannia hromadskoi svidomosti / Suchasni problemy arkhitektury ta mistobuduvannia: nauk.-tekhn. zbirnyk. Kyiv: KNUBA, 2017. Vyp. 48. S. 3-11. {in Ukrainian}
4. Dotsiuk A.V. Formuvannia zovnishnoho ta vnutrishnoho prostoru v arkhitekturi ta dyzaini shliakhom psykholohichnoho vplyvu na protsesy stvorennia proektu / Suchasni problemy arkhitektury ta mistobuduvannia: nauk.-tekhn. zbirnyk. Kyiv: KNUBA, 2013. Vyp. 34. S. 48-54. {in Ukrainian}
5. Dubynskyi V.P., Nesen A.A. Kharakterystyka formuvannia vizualno-komunikatsiinoho seredovyscha suchasnoho mista / Suchasni problemy arkhitektury ta mistobuduvannia: nauk.-tekhn. zbirnyk. Kyiv: KNUBA, 2017. Vyp. 48. S. 49-55. {in Ukrainian}
6. Zhytkova N.Yu. Arkhitektura i dyzain. Yednist i protyrichchia / Suchasni problemy arkhitektury ta mistobuduvannia: nauk.-tekhn. zbirnyk. Kyiv: KNUBA, 2016. Vyp. 42. S. 25-32. {in Ukrainian}
7. Innovatsiini pryomy formuvannia interaktyvnykh budivel i sporud u miskomu seredovyschi: monohrafiia / M.A. Votinov, O.V. Smirnova; Kharkiv. nats. un-t misk. hosp-va im. O.M. Beketova. Kharkiv: KhNUMH im. O. M. Beketova, 2019. 112 s. {in Ukrainian}
8. Kononenko H.Yu., Fomenko O. O. Kryterii ta rivni otsinky vizualnykh yakosti shtuchnoho osvittennia vidkrytykh publichnykh prostoriv / Arkhitekturnyi visnyk KNUBA № 24-25. Kyiv: KNUBA, 2022. S. 57-66. {in Ukrainian}
9. Kontseptsiiia kompleksnoho rozvytku (memorializatsii) Babynoho Yaru z rozshyreniam mezh Natsionalnoho istoryko-memorialnoho zapovidnyka «Babyn Yar» / Hennadii Boriak (holova), Oleksandr Lysenko, Vitalii Nakhmanovych, Anatolii Podolskyi (zastupnyky holovy), Tetiana Pastushenko (sekretar) ; Instytut istorii Ukrainy NAN Ukrainy. – Red. 2-ha, vypr. ta dopov. Kyiv: Instytut istorii Ukrainy NAN Ukrainy, 2021. 200 s. {in Ukrainian}
10. Kostiuchenko O.A. Vplyv media-tekhnologii na formuvannia arkhitekturnoho obrazu art-tsentru / KhII mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiia, 28-29 kvitnia 2015 r. Kyiv: NAU, 2015. T.2. S. 5-6. {in Ukrainian}

11. Kryvoruchko Yu.I. Metodolohichni pidkhody dosiahnennia sakralnoho v arkhitekturi / Suchasni problemy arkhitektury ta mistobuduvannia: nauk.-tekhn. zbirnyk. Kyiv: KNUBA, 2020. Vyp. 56. S. 137-152. {in Ukrainian}
12. Nabok S.V. Prostir i pamiat: na perekhrestiakh kontekstiv / Naukovi zapysky Instytutu politychnykh i etnonatsionalnykh doslidzhen im. I.F. Kurasa NAN Ukrainy. Kyiv. 2017. Vyp. 5-6. S. 244-253. {in Ukrainian}
13. Parneta M.B. Metody analizu ta otsinky mediinosti arkhitekturnykh ob'ektiv ta prostoriv / Suchasni problemy arkhitektury ta mistobuduvannia: nauk.-tekhn. zbirnyk. Kyiv: KNUBA, 2022. Vyp. 62. S. 76-89. {in Ukrainian}
14. Praslova V.O. Media-art yak napriam rozvytku khudozhnoho proektuvannia arkhitekturnoho seredovyscha / Suchasni problemy arkhitektury ta mistobuduvannia: nauk.-tekhn. zbirnyk. Kyiv: KNUBA, 2022. Vyp. 62. S. 304-313. {in Ukrainian}
15. Rusevych T.V., Zavadzka H.A. Mediamystetstvo u suchasnomu syntezi mystetstv v arkhitekturi / Arkhitekturnyi visnyk KNUBA № 22-23. Kyiv: KNUBA, 2021. S. 26-32. {in Ukrainian}
16. Sait «Interfax-Ukraina: instaliatsiia do rokovyn Kurenivskoi trahedii. [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu: <https://interfax.com.ua/news/press-release/730043.html>. 13.03.2021. {in Ukrainian}
17. Topal S.S., Synhainvska O.I. Istoryko-arkhitekturni aspekty orhanizatsii mista / Suchasni problemy arkhitektury ta mistobuduvannia: nauk.-tekhn. zbirnyk. Kyiv: KNUBA, 2022. Vyp. 62. S. 194-202. {in Ukrainian}
18. Shataliuk Yu.V. Pryntsypy formuvannia adaptyvnoi arkhitektury v konteksti staloho rozvytku miskoho seredovyscha: avtoref. dys. na zdobuttia nauk. stupenia kand. arkh. 18.00.02, Kharkiv: KhNUBA, 2018. 23 s. {in Ukrainian}
19. Yanovytskyi Ye.L., Halak K.T. Zastosuvannia elementiv monumentalnoho mystetstva, suchasnoi skulptury ta malykh arkhitekturnykh form pry formuvanni sadovo-parkovoho landshaftu ta blahoustroiu urbanistychnoho seredovyscha / Suchasni problemy arkhitektury ta mistobuduvannia: nauk.-tekhn. zbirnyk. Kyiv: KNUBA, 2022. Vyp. 64. S. 218-238. {in Ukrainian}
20. Slaatta T. Urban screens: Towards the convergence of architecture and audiovisual media. [Elektronnyi resurs] / First Monday, Special Issue №4, February 2006. – http://firstmonday.org/issues/special11_2/slaatta/index.html. {in English}

DOI: 10.32347/2076-815x.2024.86.208-220

УДК 725; 72.115

д.арх., професор **Тімохін В.О.**,

timokhin.vo@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-0559-4384,

к.арх., доцент **Щурова В.А.**,

shchurova.va@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0001-8468-3280

к.арх., доцент **Гарбар М.В.**,

garbar.mv@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-1651-3164

Київський національний університет будівництва і архітектури

ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ ВІДКРИТИХ ГРОМАДСЬКИХ ПРОСТОРІВ ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНИХ ВУЗЛІВ

Розглядаються архітектурно-планувальні характеристики транспортно-пересадочних вузлів, на основі яких виділяються наступні ознаки: транспортна функція вузла; потужність, кількість взаємодіючих зв'язків; об'єми функціонального навантаження; організація просторового взаємозв'язку забудови, пішохідних і транспортних комунікацій; інтенсифікація використання середовища. Визначено важливість формування зручних відкритих громадських просторів при розробці архітектурно-планувальних та об'ємно-просторових рішень. Важливою характеристикою є відповідність функціонально-планувальної структури архітектурно-просторовим рішенням середовища. Перевага надається організації функціональних зв'язків, розробці раціональних транспортно-пішохідних схем, розподілу їх по вертикалі. Естетика та композиційна значущість забудови залежить від значущості вузла у планувальній схемі міста. Проаналізовано сучасний досвід розбудови транспортно-пересадочних вузлів, акцентування висотною забудовою ключових точок транспортного каркасу. В результаті, прикладами концептуальних проєктів кафедри дизайну архітектурного середовища проілюстровано програму створення соціально-містобудівного комплексу в м. Києві. Нова ідеологія розвитку домінантних київських просторових структур полягає у відповідності з особливостями місця розташування, які відповідають традиційним особливостям і відмінностям міст, які з'єднують вилітні магістралі, сучасним соціальним та економічним потребам. Якісні показники формування відкритих громадських просторів транспортно-пересадочних вузлів: доступність, різноманітність діяльності, комфорт та безпека, гостинність місця, точки тяжіння, соціалізація простору.

Ключові слова: транспортно-пересадочний вузол; відкриті громадські простори; пішохідні площі; соціально-містобудівний комплекс; концептуальний проєкт; висотна забудова.

Актуальність теми. Хаотичний, невпорядкований характер забудови міст, втрата відкритих громадських просторів та ландшафтно-рекреаційних територій внаслідок недалекоглядної зацікавленості землевласників, призводить до перегляду складеної дорожньо-транспортної системи, яка потребує удосконалення та добудови і розгалуження каркасу міста. Широкий спектр впливу транспорту на усі сфери людської діяльності і розвиток суспільства в цілому висуває багатопланові вимоги до складної динамічної системи взаємодії транспортних і пішохідних потоків, тому транспортно-пересадочні вузли – це зони найбільшої активності та складності. Функціонування інтегрованої мультимодальної транспортної системи на обмежених площах громадських територій. Цей обмежений природний ресурс в великих містах з високою щільністю населення і рівнем автомобілізації інтенсивніше використовується для транспорту. Саме багатоярусні громадські простори здатні забезпечити необхідний рівень ефективності й безпеки руху на сьогоднішній та перспективній, сприяють підвищенню комфортності пересування містом його мешканців.

Розпорядженням №247 від 20.03.2015р. Департаментом містобудування та архітектури виконавчого органу Київської міської ради (Київської міської державної адміністрації) було оголошено архітектурний закритий бліц-конкурс на визначення кращої концепції організації громадського простору на Контрактовій площі в Подільському районі м. Києва. Одним із завдань конкурсу було: вирішення питання містобудівного розвитку Контрактової площі як сучасного і комфортного громадського простору. Згідно з «Міською концепцією «Київ Самобутній» [1] – шлях до сталого розвитку території» враховано різні групи людей, які формують соціальний склад території, тому концепція мала врахувати інтереси усіх представників соціуму.

У Європі для удосконалення транспортно-пішохідних зв'язків особливе значення надається організації *open space*, наявність та планування яких визначає характер, ступінь розвитку і комфортність міських територій [2].

Актуальною протягом десятиліть залишається тема концептуального проєкту кафедри дизайну архітектурного середовища по розробці складного містобудівного проєкту – транспортно-пересадочного вузла з багатофункціональним примагістральним комплексом. Проєкт розробляється на основі затвердженої Академією архітектури України концепції розташування висотних будівель у Києві [3]. Створення домінантних київських просторових структур полягає у відповідності з особливостями місця розташування, які відповідають традиційним особливостям і відмінностям міст, які з'єднують вилітні магістралі, сучасним соціальним та економічним потребам. Складною та відповідальною задачею є формування символічних брам міста нової гармонії архітектурно-просторового рішення висотних

комплексів з формуванням зручних громадських просторів у вигляді багатоярусних площ між частинами комплексу та надземних переходах.

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

Серед наукових досліджень останніх років по-перше, слід звернути увагу на дисертаційні дослідження та супутні статті здобувачів. В дисертаційному дослідженні та наукових статтях Гарбар М.В. (2019) під керівництвом проф. Малік Т.В. досліджено формування системи велоспоруд у структурі крупних міст, в тому числі виявлено засоби удосконалення громадського простору на прикладі Контрактової площі [4, 5]. Особливість дослідження Булах І.В. (2017) під керівництвом Тімохіна В.О. полягає у тісному взаємозв'язку з теоретичними здобутками філософії, когнітивної психології, семіотики та мистецтвознавства, що сприяє розширенню горизонтів пізнання категорій простору, міського середовища. Описано основні етапи символізації на різних містобудівних рівнях, сформульовано принципи символізації архітектурно-художнього образотворення, що є важливим для формування символічних брам міста [6, 7]. Кельба С.С. (2012) під керівництвом проф. Слепцова О.С. надає рекомендації щодо розташування перехоплюючих автостоянок на в'їзді до найкрупніших міст, як впровадження розроблено багатофункціональний комплекс на проспекті Паладіна в м. Києві. В дисертації автора Щурової В.А. (2005), виконаної під керівництвом проф. Тімохіна В.О. [8], розроблено типологію транспортно-пересадочних вузлів і зазначено основні шляхи їхнього розвитку, є стаття, присвячена розвитку площ над транспортно-пересадочними вузлами [9, 10]. Також актуальною є навчальна і методична література, видана колективом викладачів кафедри дизайну архітектурного середовища [14-17].

Мета статті. Сформулювати якісні показники формування відкритих громадських просторів транспортно-пересадочних вузлів як приклад нової ідеології розвитку домінантних київських просторових структур.

Виклад основного матеріалу.

На архітектурному факультеті КНУБА у 1993 році було започатковано міжнародний студентський конкурс «АРТЕКА», організацію якого очолила нова на той час кафедра дизайну архітектурного середовища на чолі із завідувачем Віктором Олександровичем Тімохіним. Назва «АРТЕКА» розшифровувалася двояко – «Архітектура та екологія» і якщо читати латинськими літерами «аптека» – архітектура як ліки проти стресу, в першу чергу естетичного. Так як конкурс був покликаний на пошук нових форм викладання професійних дисциплін, «АРТЕКА» отримала ще одну назву «Київська осіння школа». У 2010 році проводився аналогічний конкурс в КНУБА, присвячений 10-тиріччю заснування кафедри дизайну архітектурного середовища під назвою «БульварТека», основним гаслом якої було: «ходити,

дивитись, вивчати» і темою організація пішохідних просторів у місті – бульварів.

В існуючому міському середовищі Києва історично сформувалися майдани, більш-менш рівномірно розташовані у планувальній тканині міста. Сьогодні, у зв'язку зі значним зростанням транзитного руху і міграційних потоків активно розвиваються транспортно-пересадочні вузли. Їхнє розташування формує своєрідний ланцюжок у вигляді намиста і ці значущі ділянки також пов'язані зі схемою утворення громадських центрів, виділених на генеральному плані міста Києва (рис.1 а, б).



Рис. 1. Концепція розташування висотних комплексів у м. Києві – а). зображення «Корони» і «Намиста» висотних комплексів Києва [19] б). система громадських центрів на генеральному плані м. Києва до 2025 року.

Транспортні кола міської залізниці, малої окружної дороги і санітарно-захисних зон утворюють три кола, які накладаються і сплітаються між собою. Основа концепції формування кільцевого містобудівного ансамблю включає розробку системи нових київських майданів. Ці майдани пропонується розробляти як відкриті громадські простори, бо, нажаль, багато з існуючих майданів транспортні та слугують роль розвороту для транспортних шляхів.

У ході конкурсу метою було обстежити і картографувати 15 ділянок міської території і на цій основі запропонувати систему символічних брам з висотних будівель. Нумерація ділянок та їхнє розміщення на схемі плану Києва розроблені проф. В.О. Тімохіним (рис. 2). Результатом мала стати картотека рішень, які б в майбутньому стали в основу розробки програми щодо коригування генерального плану Києва. У конкурсі йшлося про формування «Нового дитинця» в серединній частині міста, але пізніше ця ідея розширилася до меж зовнішньої кільцевої дороги з розробкою висотних комплексів на

в'їздах у Київ. Розробка системного розташування висотних будівель велася з метою запобігання хаотичної забудови мегалітичних споруд, які псуватимуть своїм виглядом панораму міста. Нажаль ця концепція не дотримується в сучасному будівництві і формування ансамблю та повернення до цієї ідеї може бути вже надвисотними будівлями, які значно будуть перевищувати 30-ти – 40-поверхові комплекси які заповнили і Правий і Лівий береги Києва.

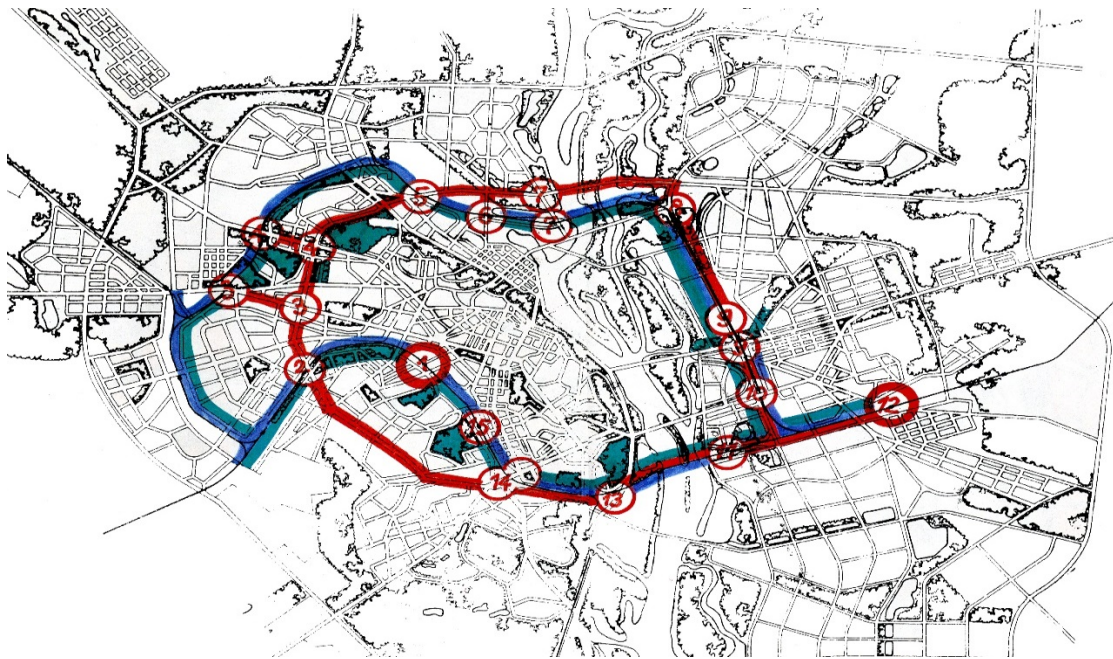


Рис. 2. Схема розташування нових майданів – 1. Вокзально-Привокзальний (Західно-столичний майдан), 2. Індустріально-Караваєвський (Фастівський майдан), 3. Шулявсько-Індустріальний (Житомирський майдан), 4. Сирецько-Дорогожицький (Ковельський майдан), 5. Зеніт-Куренівський (Вишгородський майдан), 6. Петрівсько-Оболонський (Овруцький майдан), 7. Рибальсько-Оболонський (Портовий майдан), 8. Городня-Воскресенський (Чернігівський майдан), 9. Микільсько-Лівобережний (Броварський майдан), 10. Русанівсько-Дарницький (Ново-Харківський майдан), 11. Березняківсько-Лівобережний (Ново-Північний майдан), 12. Дарницько-Вокзальний (Східно-Столичний майдан), 13. Наддніпрянсько-Видубицький (Дніпровський майдан), 14. Деміївсько-Либідський (Одеський майдан), 15. Протасів Ярський (Вінницький майдан).

Розробка проф. В. О. Тімохіна.

Офісні, вокзальні комплекси з перехоплюючими паркінгами, бізнес-центри з апартаментами і готельними колексами. Активний вузол Петрівка поступово розвантажується, перевага надається станції Тараса Шевченка і розробкою «Нового Подолу». Пропонується використання нових видів транспорту, застосування новітніх технологій в енергозбереженні, еко-башти. Багатофункціональні мости, еко мости, тунелі, горизонтальні розгалужені комплекси в районі аеропорту Жуляни та станції метро Лівобережної. Штучний ландшафт – урбооболонка (рис.3).



Рис. 3. Концепція Лівобережного громадського центру – міцелій, як структура, в котрій можуть «нарощуватись» нові об'єми. Метаболістичні ідеї О. Панечко (2021 р.) під керівництвом проф. В.О. Тімохіна і В.А. Щурової.

Площі формуються на ярусах розширених стилобатів, переходах над дорогами, навісних майданчиках. Тобто формується багатоярусне громадське середовище. Простір для людей, щоб вони могли безперешкодно комфортно просуватися над транспортно-пересадочним вузлом. Реконструкція площ з напрямком надання їм людяності. Поштова площа – приклад конкурсного проєктування, яка перетворилася на відкритий громадський простір із принадою для мешканців міста і гостей сухим фонтаном і скульптурною композицією дітей. Контрактова площа також стала темою для конкурсу серед діючих архітекторів.

Контрактова площа за доступністю, історичною та культурною спадщиною має всі передумови для створення якісного публічного простору. В конкурсному проєкті Гарбар М.В. запропоновано скоригувати існуючу транспортну мережу Подолу. Більшість прилеглих вулиць зробити з однібічним рухом, по периметру розмістити автомобільні стоянки, саму Контрактову площу запропоновано зробити пішохідно-велосипедною. Разом із автомобільними паркінгами передбачені стоянки для велосипедів. Також запропоноване розташування велосипедних доріжок по периметру площі та велосмуг на прилеглих вулицях уздовж автомобільних доріг, які мають безперервну структуру та поєднані в загальну велосипедну мережу району та міста в цілому (рис. 4).

Символізм проєктів на транспортно-пересадочних вузлах є важливим

напрямок та формування естетичної концепції. Магістралі та прилеглі до них території є складовими елементами планувального каркасу міста і відіграють важливу роль у формуванні його архітектурного образу. Тому задачею проєктувальників є реорганізація примагістральних територій.

Об'єктом проєктування є структурні вузли міського каркасу, кожен з яких складається з зони внутрішнього і зовнішнього транспорту; зони паркінгу; зони торгово-розважальних комплексів; культурно-офісні зони; зони інженерних комунікацій.

Високоурбанізований багатофункціональний вузол міської структури має стати не тільки домінантою в міському оточенні, але й органічною його складовою. Тому при виконанні проєкту важливо згадати основні принципи формування міських ансамблів на основі кваліфікованих наукових рекомендацій.

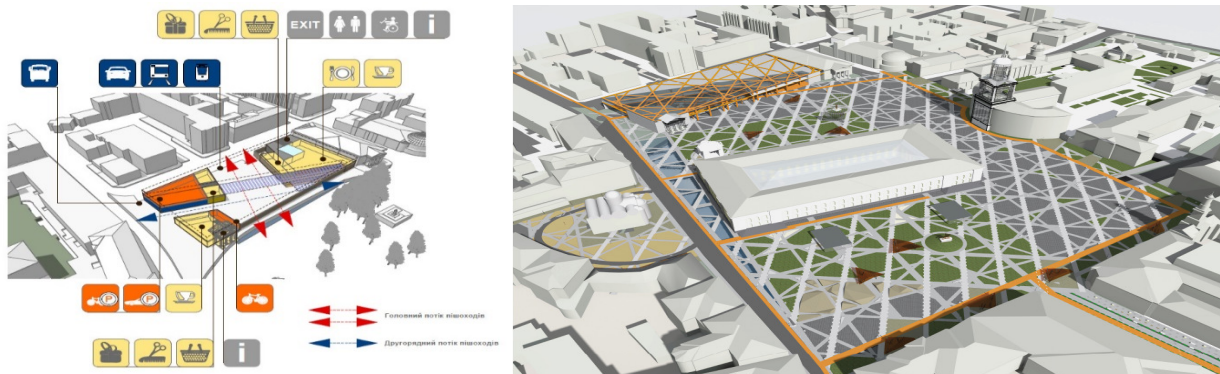


Рис. 4. Загальний вигляд Контрактової площі (рішення конкурсного проєкту).
Розробка автора М.В. Гарбар.

Сьогодні тенденція до швидкого і у багатьох випадках хаотичного зростання міст часто порушує композиційні основи їх формування. Внаслідок цього міста, що знаходяться у стані безперервного розвитку, у значній мірі набувають рис територіально-економічної урбанізованої системи і, в багатьох випадках, втрачають художню якість. Це призводить до зростання дисгармонії розпланування і забудови та ігнорування закономірностей формування художнього образу міського простору. Проблема підвищення архітектурно-художнього рівня містобудівних рішень, подолання одноманітності планування, створення естетично виразного міського середовища не втрачає актуальності протягом останніх десятиліть. Багатоплановість і динаміка чисельних факторів розвитку міст спонукають архітекторів до пошуку нових методів проєктування, які в змозі забезпечити у майбутньому можливість більш ефективного формування художньо-композиційного образу сучасного міста. Розвиток методів формування просторової композиції міста свідчить про органічне поєднання його архітектурно-планувальної організації з іншими

засобами, такими як пропорціювання, ритм, симетрія, тощо. В альбомі АСС представлені конкурсні проекти на зазначені ділянки згідно з концепцією розташування висотних будівель. Серед них проекти відомих київських архітекторів Слєпцова О.С., Куцевича В.В., Юнакова С., Куровського Г., Єжова В.І. [18, 19].

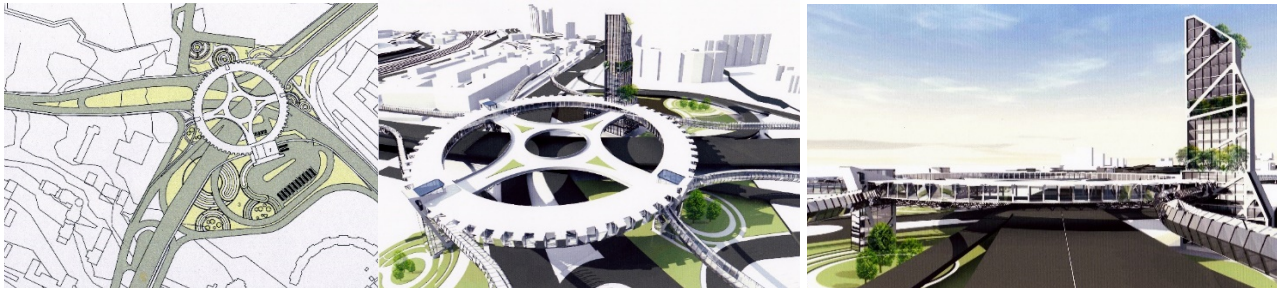
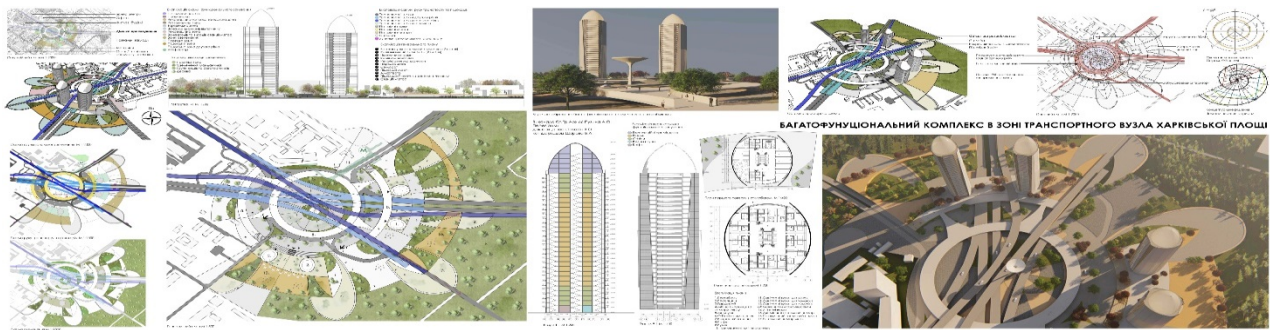
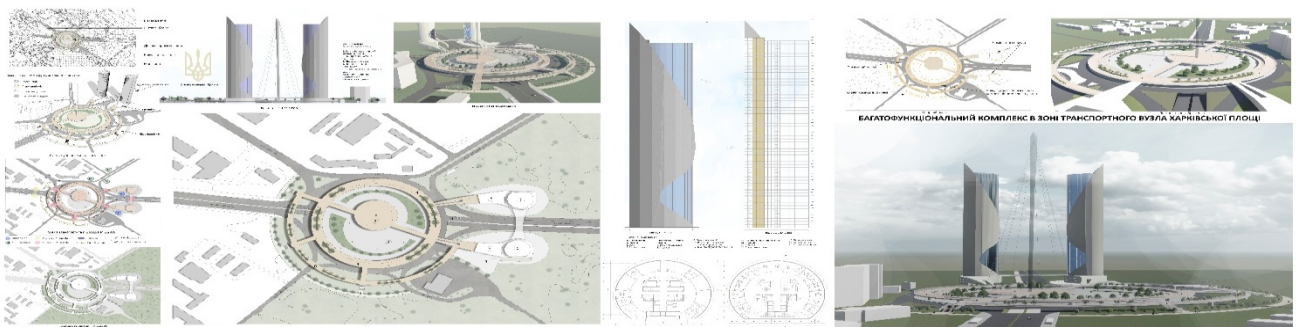


Рис. 5. Концепція розбудови відкритих громадських просторів над транспортно-пересадочним вузлом «Деміївський». Проект виконала В. Грабовська (2013 р.) під керівництвом проф. В.О. Тімохіна і В.А. Щурової.



а



б

Рис. 6. Концептуальний проект розвитку Харківської площі в м. Києві під керівництвом проф. В.О. Тімохіна і В.А. Щурової: а). «Київський каштан» А. Пузіна (2021р.); б). «Тризуб» Є. Березюк (2023р.).

Під час концептуального проектування, проаналізувавши проекти, які були представлені архітекторами на цих ділянках і надихаючись зарубіжними

аналогами здобувачі магістерського рівня розробляють проєкти на зазначених ділянках. На нашу думку, їхній політ фантазії та сміливі рішення заслуговують на увагу.

Таким чином формуються «Нові майдани» або майдани нового рівня і масштабу. Пошуки напрямків нової містобудівної естетики в сполученні з соціальним аспектом – тема, яка розрахована на перспективу.

Висновки.

Наведені приклади проєктування окремих майданів та громадських просторів ілюструють якісні показники формування відкритих громадських просторів транспортно-пересадочних вузлів. Доступність оцінюється по зв'язках вузла при перетині великих потоків пасажирів та пішоходів. Різноманітність діяльності затребувана різними соціальними групами, сприяє реалізації різних стратегій поведінки – незапланованої діяльності. Комфорт та безпека визначається зручністю місць, наявністю відповідного обладнання для різних видів діяльності, достатня освітленість, безбар'єрність середовища, противандальні заходи. Гостинність місця забезпечує атмосферний дизайн. Точки тяжіння – наближеність до пам'яток культури, архітектури, історичних місць або унікальних сучасних творів мистецтва. Соціалізація простору – комфорт для контактів, відчуття приналежності до міської спільноти.

Публічний простір є синонімом якості життя в місті. Важливими напрямками є розкриття коректних ситуацій в розвитку міст та розробка програми аналізу серйозних проблем в житті міст, запропонувати путі їх вирішення, стати арбітрами в конфліктних ситуаціях, виявити можливості і шляхи для розвитку «діалогового» проєктування.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Міська концепція «Київ Самобутній» – шлях до сталого розвитку території», Київська міська державна адміністрація, Київмістобудування, Проєктгенплан, буклет, 2013. 49 с.
2. EPOMM Mobility Management in Europe. URL: http://epomm.eu/tems/compare_cities.phtml
3. Штолько В.Г. Архітектурно-містобудівні аспекти розміщення висотних будинків і споруд у Києві. *Нові технології в будівництві: науково-технічний журнал*. К. : НДІБВ, 2009. Вип. 1-2. С. 6 – 15.
4. Гарбар М.В. Архітектурно-планувальна організація споруд для велосипедів у містах: Дис. ... канд. арх.; 18.00.02 / КНУБА. – К., 2019. 229 с.
5. Гарбар М.В. Містобудівна модель організації споруд для велосипедів в історичному міському середовищі на прикладі контрактної площі. *Молодий вчений*. Херсон, 2017. №3 (43). С. 126 – 13.
6. Булах І.В. Принципи символізації архітектурно-художнього образу міського середовища: Автореф. дис. ... канд. арх.; 18.00.01 / КНУБА – К., 2016. 21 с.

7. Irina Bulakh, Tetyana Kashchenko, Maryna Harbar, Valentyna Praslova, Yuliia Riabets, Viktor Divak. The Integrity of the Artistic Image of the City Based on Symbolization (the Case of Modern Architecture of Dnipro, Ukraine). *Civil Engineering and Architecture*, May, 2022. Vol 10 (May, 2022) No 3, pp. 874 – 887. <https://doi.org/10.13189/cea.2022.100310>
8. Кельба С.С. Архітектурно-планувальна організація в'їздних комплексів крупних та крупніших міст України: Дис. ... канд. арх.: 18.00.02. – Київ: КНУБА, 2012. 185 с.
9. Щурова В.А. Архітектурно-планувальна організація міської забудови у зоні впливу транспортно-пересадочних вузлів: Дис. ... канд. арх.: 18.00.04 / КНУБА. – К., 2005. 174 с.
10. Тімохін В.О. Архітектура міського розвитку. 7 книг з теорії містобудування. – Київ: КНУБА, 2008. 629 с.
11. Щурова В.А. Основні тенденції історичного розвитку міських площ у зоні впливу транспортно-пересадкових вузлів. *Сучасні проблеми архітектури та містобудування*. – К.: КНУБА, 2003. – Вип. 11 – 12. С. 211 – 216.
12. Тімохін В.О., Гарбар М.В., Щурова В.А. Особливості використання підземних просторів для велосипедних стоянок у складі транспортно-пересадочних вузлів. *Архітектурний вісник КНУБА*, 2023. – Вип. 28. С. 118 – 127.
13. Тімохін В.О., Гарбар М.В., Щурова В.А. Концептуальність і раціональність в організації підземних просторів транспортно-пересадочних вузлів. *Сучасні проблеми архітектури та містобудування: Наук.-техн. збірник*. – К.: КНУБА, 2023. Вип. 67. С. 381 – 392. <https://doi.org/10.32347/2519-8661.2023.28.118-127>
14. Ковальський Л.М., Кузьміна Г.В., Ковальська Г.Л. Архітектурне проектування висотних будинків. Навчальний посібник. – Запоріжжя: ПРИВОЗ ПРИНТ, 2012. 123 с.
15. Дизайн архітектурного середовища примагістральних територій: Методичні вказівки і програма завдання до розробки архітектурного проекту/ Уклад.: А.С. Андрощук – К.: КНУБА, 2011. 16 с.
16. Символізація художнього образу архітектурно-містобудівних ансамблів на в'їздах до найкрупніших міст: Методичні вказівки і програма завдання до розробки архітектурного проекту / Укладачі: В.О. Тімохін, В.А. Щурова, І.В. Булах – К.: КНУБА, 2016. 18 с.
17. Симетризація архітектурно-планувальної композиції містобудівних ансамблів на в'їздах до найкрупніших міст: Методичні вказівки і програма завдання до розробки архітектурного проекту / Укладач: О.О. Панченко – К.: КНУБА, 2017. – 18 с.
18. *Kiev Otherwhere* / Укладачі: Б.Л. Єрофалов, О.Г. Шалигін. - К.: А+С, 2014. – 408 с.
19. *А+С / Art+construction / Архітектура і структура* – К.: А+С, 2007. – Вип. 4. – 520 с.

Doctor of Architecture, Professor **Timokhin Viktor**,
Ph.D Architecture, Assistant professor **Shchurova Viktoria**,
Ph.D Architecture, Assistant professor **Harbar Maryna**,
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

QUALITATIVE INDICATORS OF OPEN PUBLIC SPACES AT TRANSPORT AND TRANSFER NODES

The article inspects the architectural and planning characteristics of transport interchange nodes, based on which the following characteristics are distinguished: the

transport function of the node; power, number of interacting connections; volumes of functional load; organization of spatial interconnection of buildings, pedestrian and transport communications; intensification of environment use. The importance of the formation of comfortable open public spaces in the development of architectural, planning, and volume-spatial solutions. Preference to the organization of functional connections, the development of rational transport and pedestrian schemes, their vertical distribution. The aesthetics and compositional significance of the building depends on the significance of the node in the planning scheme of the city. The modern experience of the construction of transport interchanges, accentuation of high-rise construction of key points of the transport framework was analyzed. As a result, examples of conceptual projects of the architectural environment design department illustrated the program of creating a social and urban complex in Kyiv. The new ideology of the development of the dominant Kyiv spatial structures is in accordance with the features of the location, which correspond to the traditional features and differences of the cities that connect the exit highways, modern social and economic needs. Qualitative indicators of the formation of open public spaces of transport hubs: accessibility, variety of activities, comfort and safety, hospitality of the place, points of attraction, socialization of the space.

Keywords: transport interchange; open public spaces; pedestrian squares; social and urban complex; conceptual project; high-rise building.

REFERENCES

1. Mis'ka kontsepsiya «Kyiv samobutniy» – shlyakh do staloho rozvytku terytoriyi» [The urban concept "Kyiv is self-defined" – the way to sustainable development of the territory], Kyivs'ka Mis'ka Derzhavna Administratsiya, Kyivmistobuduvannya, Proekthenplan, buklet, 2013. 49 p. {in Ukrainian}
2. EPOMM Mobility Management in Europe. URL: http://epomm.eu/tems/compare_cities.phtml {in English}
3. Shtol'ko V.H. Arkhitekturno-mistobudivni aspekty rozmishchennya vysotnykh budynkiv i sporud u Kyevi. [Architectural and town-planning aspects of placement of high-rise buildings and structures in Kyiv]. *Novi tekhnolohiyi v budivnytstvi: naukovo-tekhnichnyy zhurnal*. K. : NDIBV, 2009. Vyp. 1-2, P. 6 – 15. {in Ukrainian}
4. Harbar, M.V. (2019). Arkhitekturno-planuval'na orhanizatsiya sporud dlya velosypediv u mistakh [Architectural-planning organization of buildings and equipment for cycling in cities]: Dys. ... kand. arkh.; 18.00.02 / KNUBA. – K. 229 p. {in Ukrainian}
5. Harbar M.V. Mistobudivna model' orhanizatsiyi sporud dlya velosypediv v istorychnomu mis'komu seredovyshchi na prykladi Kontraktovoyi ploshchi. [Urban

planning model of the organization of facilities for bicycles in the historical urban environment on the example of a Kontraktovoyi squar] *Molodyy vchenyy*. Kherson, 2017. №3 (43) S. 126 – 13. {in Ukrainian}

6. Bulakh I.V. Pryntsypy symvolizatsiyi arkhitekturno-khudozhn'oho obrazu mis'koho seredovyscha [Principles of symbolization of the architectural and artistic image of the urban environment]: Avtoref. dys. ... kand. arkh.; 18.00.01 / KNUBA – K., 2016. 21 p. {in Ukrainian}

7. Irina Bulakh, Tetyana Kashchenko, Maryna Harbar, Valentyna Praslova, Yuliia Riabets, Viktor Divak. The Integrity of the Artistic Image of the City Based on Symbolization (the Case of Modern Architecture of Dnipro, Ukraine). *Civil Engineering and Architecture*, May, 2022. Vol 10 (May, 2022) No 3, pp. 874 – 887. <https://doi.org/10.13189/cea.2022.100310> {in English}

8. Kel'ba, S.S. (2012). Arkhitekturno-planuval'na orhanizatsiya v"yizdnykh kompleksiv krupnykh ta krupnishykh mist Ukrayiny [Architectural and planning organization of entrance complexes of large and larger cities of Ukraine]: Dys. ... kand. arkh.: 18.00.02. – Kyiv: KNUBA., 185 p. {in Ukrainian}

9. Shchurova, V.A. (2005). Arkhitekturno-planuvalna orhanizatsiia miskoi zabudovy u zonivplyvu transportno-peresadochnykh vuzliv [Architectural and planning organization of city building in zones of influence transplatation junction]: Dys. ... kand. arkh.: 18.00.04 / KNUBA. – K., 174 p. {in Ukrainian}

10. Timokhin, V.O. (2008). Arkhitektura mis'koho rozvytku. 7 knyh z teorii mistobuduvannya. [Architecture of urban development. 7 books on the theory of urban planning]. – Kyiv: KNUBA. 629 p. {in Ukrainian}

11. Shchurova, V.A. (2003). Osnovni tendentsiyi istorychnoho rozvytku mis'kykh ploshch u zoni vplyvu transportno-peresadkovykh vuzliv [The main trends of the historical development of urban areas in the zone of influence of transport interchanges]. *Suchasni problemy arkhitektury ta mistobuduvannya*. – K.: KNUBA. – Vyp. (11 – 12). P. 211 – 216. {in Ukrainian}

12. Timokhin V.O., Harbar M.V., Shchurova V.A. Osoblyvosti vykorystannya pidzemnykh prostoriv dlya velosypednykh stoyanok u skladi transportno-peresadochnykh vuzliv. [Peculiarities of the use of underground spaces for bicycle parking as part of transport interchanges]. *Arkhitekturnyy visnyk KNUBA*, 2023. – Vyp 28. P. 118 – 127. {in Ukrainian}

13. Timokhin V.O., Harbar M.V., Shchurova V.A. Kontseptual'nist' i ratsional'nist' v orhanizatsiyi pidzemnykh prostoriv transportno-peresadochnykh vuzliv. [Conceptuality and rationality in the organization of underground spaces of transport interchanges]. *Suchasni problemy arkhitektury ta mistobuduvannya: Nauk.-tekhn. zbirnyk*. – K.: KNUBA, 2023. Vyp. 67. P. 381-392. <https://doi.org/10.32347/2519-8661.2023.28.118-127> {in Ukrainian}

14. Koval's'kyi L.M., Kuz'mina H.V., Koval's'ka H.L. Arkhitekturne proektuvannya vysotnykh budynkiv. [Architectural design of high-rise buildings]. Navchal'nyy posibnyk. – Zaporizhzhya: PRYVOZ PRYNT, 2012. 123 p. {in Ukrainian}

15. Dizayn arkhitekturnoho seredovyscha prymahistral'nykh terytoriy [Design of the architectural environment of the main highway territories]: Metodychni vkazivky i prohrama zavdannya do rozrobky arkhitekturnoho proektu/ Uklad.: A.S. Androshchuk – K.: KNUBA, 2011. 16 s. {in Ukrainian}

16. Symvolizatsiya khudozhn'oho obrazu arkhitekturno-mistobudivnykh ansambliv na v'yizdakh do naykrupnishykh mist [Symbolization of the artistic image of architectural and town-planning ensembles at the entrances to the largest cities]: Metodychni vkazivky i prohrama zavdannya do rozrobky arkhitekturnoho proektu / Ukladachi: V.O. Timokhin, V.A. Shchurova, I.V. Bulakh – K.: KNUBA, 2016. 18 p. {in Ukrainian}

17. Symetryzatsiya arkhitekturno-planuval'noyi kompozytsiyi mistobudivnykh ansambliv na v'yizdakh do naykrupnishykh mist [Symmetry of the architectural and planning composition of urban planning ensembles at the entrances to the largest cities]: Metodychni vkazivky i prohrama zavdannya do rozrobky arkhitekturnoho proektu / Ukladach: O.O. Panchenko – K.: KNUBA, 2017. – 18 p. {in Ukrainian}

18. Kiev Otherwhere / Ukladachi: B.L. Yerofalov, O.H. Shalyhin. – K.: A+S, 2014. – 408 p. {in Ukrainian}

19. A+S / Art+construction / *Arkhitektura i struktura* – K.: A+S, 2007. – Vyp. 4. – 520 p. {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2076-815x.2024.86.221-229

УДК 725.54

Чжао Хунцзюань,
chzhao_k@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-9763-8478,
д.арх., професор **Куцевич В.В.,**
Kutsevich.vv@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0001-6128-7410,
Київського національного університету будівництва і архітектури

ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО РОЗМІЩЕННЯ У МІСЬКОМУ СЕРЕДОВИЩІ ЗАКЛАДІВ СОЦІАЛЬНОГО ЗАХИСТУ ЛЮДЕЙ ЛІТНЬОГО ВІКУ

Розглядаються питання проектування закладів соціального захисту у Китаї, їх основні містобудівні напрямки, які через складну структуру міст повинні базуватися на чинних державних нормативних актах КНР, а також наведених у статті ДБН України. Містобудівне розташування закладів соціального захисту населення підпорядковані стратегії розвитку просторової системи населених пунктів. Ця система гарантованих державою економічних, соціальних і правових заходів, які забезпечують людей літнього віку можливостями подолання обмежень життєдіяльності на основі формування спеціальних закладів де створюється інклюзивний простір.

Визначені прийоми містобудівного розміщення зазначених закладів в структурі міста на окремих ділянках: у зелених зонах центральних частин міст, у передмісті та у рекреаційних зонах міст та сільських поселень. Розміщення, місткість і розміри земельних ділянок закладів соціального захисту повинно визначатися на основі завдання на проектування з урахуванням вимог таких нормативних актів України: ДБН Б 2.2-12:2018; ДБН Б. 2.2-5:2011; ДБН В.1.1-7:2016; ДБН Б 2.3-18:2007; ДБН В. 2.2-9: 2018; ДБН В. 2.2-16: 2007; ДБН В. 2.2-40:2018; ДБН В. 2.2-10: 2022; ДБН В.2.2 -13: 2003; ДБН В. 2.2 -16-2018; ДБН В. 2.2 - 25: 2009; ДБН В.2.2-11:2002.

Розміщення закладів соціального захисту населення залежить від вибраної ділянки забудови, тому що ці об'єкти потребують щоб прилегла територія до них мала природне озеленення, яке сприятиме проведенню абілітаційних і реабілітаційних процесів у приміщеннях у цих закладах.

Площа озелених насаджень, яка включатиме газони, квітники, плодовий сад і город повинна складати не менше 50% площі ділянки будинку закладу соціального захисту.

Ключові слова: заклади соціального захисту; архітектурно-планувальна організація; містобудівне розташування; планування території; люди похилого віку; ділянка.

Постановка проблеми. На початку третього тисячоліття забезпечення всіх громадян необхідним рівнем і умовами життя, можливість абіляції і реабілітації людей літнього віку сприятиме підвищенню рівня розвитку людського потенціалу.

Актуальність дослідження обумовлена тим, що у різних країнах, в тому числі і у КНР активно створюються заклади соціального захисту населення, які сприятимуть організації турботи за людьми літнього віку і стають мірою соціального руху вперед і свідченням рівня цивілізованості суспільства.

Розглядаючи питання розміщення будівель закладів соціального захисту населення, визначено три основні території для їх розміщення в населених пунктах. Це зелені зони центральної частини міста, передмістя та рекреаційні зони міст. При цьому виявлено, що організація функціональних зон на території закладів соціального захисту потребує компактності і ізолятивності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Містобудівна політика і взаємозв'язок з соціальними-економічними етапами розвитку міст сприяє комфортному розміщенню закладів соціального захисту та плануванню їх територій. Це здійснюється згідно з державними нормативними актами КНР та України, посібниками з проектування (В. Куцевича), книгами Ѓ. Йена, Дьоміна М., дисертаціями (Підгірняк К., Родик Я., Целуйкіної О.), науковими публікаціями: Чжао Хунцзюань, В. Куцевича, Красножон Т., Несстеренко В.В. та ін.).

Мета дослідження. Виявити і проаналізувати сучасні напрямки територіального розміщення будівель закладів соціального захисту населення.

Методи дослідження. Особливими методами застосованими у даному дослідженні є загально наукові методи, які включають огляд вітчизняної та зарубіжної літератури з питань соціального захисту населення та об'єктів для їх обслуговування, їх розміщення в складі міста та організації території зазначених об'єктів; теоретичні методи: узагальнення практики проектування і будівництва закладів соціального захисту, ознайомлення з нормативною базою їх проектування; емпіричні методи: опис, спостереження, сприйняття інклюзивного простору.

Основна частина. На основі проведених досліджень визначено, що для формування будівель соціального захисту людей літнього віку потрібно визначити основні містобудівні напрямки для створення спеціального архітектурного середовища. Через складну структуру міст Китаю, розміщення зазначених об'єктів має відповідати чинним державним будівельними нормами та визначеними результатами дослідження [1-4].

Сучасне планування міського середовища впливає на пошук виявлення прийомів містобудівної організації закладів соціального захисту літніх людей,

враховуючи їх безбар'єрну структуру та новітні санітарно-гігієнічні вимоги, які повинні відповідати сучасній проєктній практиці.

Особливого значення при формуванні будівель закладів соціального захисту для людей літнього віку набуває питання щодо територіального розміщення їх в забудові населених пунктів.

Зазначені заклади, як елементи містобудівної системи формуються з соціальних інституцій. На основі аналізу містобудівної ситуації при їх проєктуванні виявлені вузли соціальної активності; потужність територіальних ресурсів; радіуси доступності; конфігурацію ділянки; концепції розвитку архітектурного середовища та особливості розташування елементів благоустрою.

Розміщення об'єкта проєктування в структурі міста (відповідно до положень містобудівної документації, відповідно до яких визначаються містобудівні умови та обмеження забудови земельної ділянки (об'єкта будівництва) обов'язкові для врахування при відведенні земельної ділянки об'єкта, яку неможливо формувати й розвивати без урахування навколишнього середовища [5-16]. До складу цього середовища повинні входити не лише прилеглі території, а й транспортні сполучення, які забезпечують комунікації з об'єктом (закладом соціального захисту).

З теорії містобудування відомі прийоми, які діють на рівні планувальної організації міста, що включають загальні просторові характеристики. До них належать: прийоми доступності та ситуативної адаптивності; трансформативності; комунікативності; комплектності; компактності та ізолятивності.

Містобудівне розташування визначається загальною стратегією розвитку системи закладів соціального захисту КНР, підпорядковується потребам певного регіону. Для визначення потужності та містобудівного розміщення закладів соціального захисту людей літнього віку у забудові міста. Для цього повинні розроблятися перспективні плани, що враховують існуючу мережу об'єктів соціального захисту. Розглядаючи заклади соціального захисту людей літнього віку та прийоми їх розміщення в структурі міста можна виділити три основні території для розміщення цих об'єктів. Це зелені зони **центральної частини міст, передмістя та рекреаційні зони міст**. Незалежно від розташування закладів соціального захисту організація генеральних планів знаходиться у залежності від зовнішніх та внутрішніх чинників. До групи зовнішніх чинників належать елементи генерального плану, які мають вплив на архітектурно-планувальну організацію закладів соціального захисту літніх людей.

На розміщення закладів соціального захисту літніх людей впливає вибір ділянки забудови, її рельєф та озеленення, які сприятимуть абілітаційному і реабілітаційному процесам, а також комфортності обслуговування пацієнтів даних закладів.

Одним з головних аспектів розміщенні закладів соціального захисту є забезпечення близькості до основних транспортних артерій, що розташовані у радіусі досяжності. Тому, при проєктуванні зазначених закладів необхідно передбачити схеми забезпечення пішохідних маршрутів та вільного під'їзду відвідувачів, медичного персоналу і т. ін.

Розміщення та архітектурно-планувальне рішення будівель закладів соціального захисту визначається прийнятою функціонально-технологічною схемою і потужністю закладу. Для подальшого ефективного використання будівель закладів соціального захисту при проєктуванні середніх та великих об'єктів необхідно передбачати можливості перспективного розвитку закладів, їх модернізації або розширення з метою збільшення потужності та застосування новітнього обладнання і т. ін.

Особливістю проєктування закладів соціального захисту є забезпечення виконання санітарно-гігієнічних вимог, які сприяють організації функціонально-технологічних та медико-організаційних процесів. Тому їх територіальна організація потребує зонування території для формування відповідного архітектурно-планувального вирішення будівлі.

Узагальнення аналізу практики проєктування, будівництва та експлуатації закладів соціального захисту населення дала змогу запропонувати такі групи приміщень за функціональним призначенням: абілітаційно-реабілітаційні, медичні, господарчі, житлово-побутові, адміністративно-технічні, харчувальні, культурно-дозвілеві, фізкультурно-оздоровчі, рекреаційні, методично-технічні та ін. [17-22].

Виходячи з цього територію ділянки закладів соціального захисту людей літнього віку пропонується сформувати на основі трансформативності та комунікативності. Зазначені прийоми організації земельних ділянок сприятимуть забезпеченню доступності, дотримано санітарно-гігієнічних вимог, функціонального зв'язку між групами приміщень і можливості маневрування транспорту.

Земельну ділянку у відповідності з генпланом слід поділяти на такі зони: рекреаційну (для відпочинку та ходіння пішохідними маршрутами); абілітаційно- реабілітаційну (система заходів, спрямованих на опанування знань та навичок, необхідних для її незалежного проживання в сучасному середовищі та простору для рухової активності, з адаптаційними майданчиками, терапією природного середовища); фізкультурно-оздоровчу

(ігрові майданчики, оздоровчі басейни); транспортну (під'їзні зупинки для висадки та прийому пасажирів, автостоянки для працівників), господарську (майстерні систем автономного забезпечення, генератори, сонячні панелі та геліоколектори, вітрові та водянні електростанції, твердопаливні котли та рекуператори тепла, теплові насоси та ін.) захисту та резерву (рис 1).



Рис. 1. Схема зонування території закладів соціального захисту для людей літнього віку

Зонування ділянки повинно поєднуватись з навколишнім природнім середовищем та мати безпечний взаємозв'язок із комунікативною системою. Організація функціональних зон на території ділянки закладів соціального захисту потребує компактності та ізолятивності функціонально-структурні одиниці ділянки.

До ділянки закладів соціального захисту людей літнього віку слід пред'явити такі містобудівні та санітарно гігієнічні вимоги:

- зручний транспортний зв'язок з закладами охорони здоров'я міста;
- наявність площадок і під'їздів перед будівлею;
- віддаленість від промислових підприємств, великих транспортних магістралей і інших не екологічно-небезпечних міських об'єктів;
- використання природних умов - водойм (річок, озер, зелених масивів, рельєфу місцевості);
- наявність резервної площі для перспективного розширення.

Проведений аналіз практики проєктування, будівництва та експлуатації закладів соціального захисту літніх людей показав, що більшість об'єктів не мають відповідають наведеним вимогам ділянок. Існуючі будівлі закладів соціального захисту населення розташовані на затиснених ділянках, де площа забудови займає майже 50-60% площі ділянки, а остання частина, як правило,

відводиться під хоздвір, проїзди і проходи. Пішохідні площадки і під'їзди, а також автостоянки відсутні.

При проєктуванні ділянок закладів соціального захисту слід формувати раціональне планування її території з комфортним зонуванням. Ділянка може бути раціонально організована і обладнана, в разі, якщо її забудова не перевищує 30% загальної площі ділянки.

Висновок. На основі узагальнення досвіду формування містобудівного розміщення будівель закладів соціального захисту населення в структурі міст визначено, що їх можливо розташувати у зелених зонах центральної частини міст, передмісті та рекреаційних зонах міст і сільських поселень.

Наведені результати дослідження виявили структурне членування ділянок закладів соціального захисту на такі зони: рекреаційну, абілітаційно-реабілітаційну, фізкультурно-оздоровчу, транспортну, господарську, захисну та резервну.

Список літератури

1. Код проєктування будівель для людей похилого віку (GB 50867-2013) (національний стандарт КНР).
2. Стандарт для проєктування об'єктів по догляду за літніми людьми (JGJ450-2018), цей стандарт скасовує попередні Кодекс проєктування будівель для об'єктів по догляду за літніми людьми (GB50867-2013).
3. Чжао Хунцзюань, Куцевич В.В. Вплив соціальних передумов на формування середовища життєдіяльності людей літнього віку. Сучасні проблеми архітектури та містобудування. Наук.-техн. зб. Київ: КНУБА, 2024, Вип. 68. С-367-378. <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2024.68.367-378>.
4. Чжао Хунцзюань. Проєктні параметри організації функціональних зон реабілітаційних центрів для людей літнього віку. Архітектурний вісник КНУБА: зб. наук. праць. 2024. Вип. 85. С. 648-659.
5. ДБН Б.2.2-12:2019 Планування і забудова території. Київ. Мінрегіон України, 2019. 187 с.
6. ДБН Б. 2.2 - 5: 2011. Благоустрій територій. Київ: Міністерство регіонального розвитку та житлово-комунального господарства, 2011. 61 с.
7. ДБН В. 2.2-9:2018 Громадські будинки та споруди. Основні положення. Київ: Мін. громад. і тер. України. Київ. 2019. 47 с.
8. ДБН В. 2.2 -18: 2007. Заклади соціального захисту населення. Київ: Мінрегіон України, 2007. 39 с.
9. ДБН В. 2.2. - 10:2022. Заклади охорони здоров'я. Київ: Мінрегіон України, 2023. 68 с.
10. ДБН В. 2.2-13:Спортивні та фізкультурно-оздоровчі споруди. Київ: Держком України з будівн. та архіт., 2004. 103 с.
11. ДБН В. 2.2-25:2009. Підприємства харчування (заклади ресторанного господарства). Київ: Мінрегіон України. 2010. 55 с.
12. ДБН В. 2.2 -40:2018. Інклюзивність будівель і споруд. Основні положення. Київ: Мінрегіон України. 2018. 63 с.
13. Про регулювання містобудівної діяльності: Закон України від 17.02.2011р №3038-VI.
14. Демин Н.М. Управления развитием градостроительных систем. Київ: Будівельник, 1991. 184 с.

15. Гел Йен. Міста для людей. Перекл. з англ. О. Любарської. Київ: КЕНЕКШЕНС, 2020. 280 с.
16. Малащенко В.О. Містобудівні особливості розміщення та зонування території реабілітаційних центрів для дітей з обмеженими можливостями. Проблеми теорії і історії архітектури України. 2019 Вып. 19. С. 94-102. doi: 10.31650/2519-4208-2019-19-94-102.
17. Цейкуліна О.В. Етно-регіональні особливості архітектури медичних закладів харкова. Автореф. дис. к. архіт. Харків: Харківський національний університет будівництва та архітектури, 2015. С. 25-31.
18. Підгірняк К.Ю. Архітектурно-планувальна організація міських поліклінік (на прикладі м. Києва). Автореф. дис. к. арх.:18.00.02. Київ: КНУБА, 1996. 18 с.
19. Куцевич В.В. Проектування архітектурного безбар'єрного середовища мало мобільних груп населення. Будівництво України. Київ, 2011. №2. С. 6-18.
20. Куцевич В.В. Альбом технічних рішень обладнання елементами безперешкодного доступу людей з обмеженими фізичними можливостями до об'єктів житлово-комунального призначення. Посібник з проектування. 2-ге вид. КИЇВ: КИЇВЗНДІЕП, 2012. - 111 с.
21. Нестеренко В.В. Середовище без бар'єрів для людей з обмеженими можливостями. Сучасні проблеми архітектури та містобудування. Київ: КНУБА, 2016. Вип. 43. Частина 2. С. 352-356.
22. Красножон Т.Ю. Особливості просторово-територіальної організації медично-реабілітаційних центрів політравми. Містобудування і територіальне планування: наук.-техн. збірник. - Київ: КНУБА, 2022 - Вип.79. - С. 199-211.

Ph.D student **Hongjuan Zhao**,
Doctor of architecture, professor **Vadym Kutsevich**,
Kyiv National University of Construction and Architecture

PROPOSALS FOR THE LOCATION OF SOCIAL PROTECTION INSTITUTIONS FOR THE ELDERLY IN THE URBAN ENVIRONMENT

The article discusses the design of social protection institutions in China, their main urban planning directions, which must be based on the current state regulations of the PRC, as well as the DBN (State Building Norms) of Ukraine mentioned in the article. The urban placement of social protection institutions is subordinate to the strategy for the development of the spatial system of settlements. This system of state-guaranteed economic, social, and legal measures provides elderly people with opportunities to overcome the limitations of life activities by creating specialized institutions where inclusive spaces are formed.

Defined approaches to the urban placement of these institutions within the city structure include locations in green zones of central city parts, suburbs, and recreational areas of towns and rural settlements. The placement, capacity, and sizes of land plots for social protection institutions must be determined based on the design task, taking into account the requirements of such Ukrainian regulatory acts as: DBN B 2.2-12:2018; DBN B. 2.2-5:2011; DBN V.1.1-7:2016; DBN B 2.3-18:2007; DBN

V. 2.2-9: 2018; DBN V. 2.2-16: 2007; DBN V. 2.2-40:2018; DBN V. 2.2 - 10: 2022; DBN V.2.2 -13: 2003; DBN V. 2.2 -16-2018; DBN V. 2.2 - 25: 2009; DBN V.2.2-11:2002.

The location of social protection institutions depends on the chosen development plot because these facilities require adjacent areas to have natural greening, which will facilitate the conduct of rehabilitation and rehabilitation processes within these institutions.

The area of green plantings, which will include lawns, flower beds, fruit gardens, and vegetable gardens, must constitute no less than 50% of the plot area of the social protection institution building.

Key words: social protection institutions architectural and planning organization; urban planning location; territory planning; the elderly; plot.

REFERENCES

1. Code for the Design of Buildings for the Elderly (GB 50867-2013) (National Standard of the PRC). {in Chinese}
2. Standard for the Design of Facilities for Elderly Care (JGJ450-2018), this standard repeals the previous Code for the Design of Buildings for Elderly Care Facilities (GB50867-2013). {in Chinese}
3. Zhao Hongjuan, Kutsievych V.V. The influence of social preconditions on the formation of the environment for elderly people. Modern Problems of Architecture and Urban Planning. Scientific and technical collection. Kyiv: KNUCA, 2024, Issue 68, pp. 367-378. <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2024.68.367-378>. {in Ukrainian}
4. Zhao Hongjuan. Generalisation of the modern typology and experience of forming rehabilitation centres for the elderly. Urban development and territorial planning. Scientific and technical collection. Kyiv: KNUCA, 2024. Issue 85, pp. 648-659. <https://doi.org/10.32347/2076-815X.2024.85.648-659>. {in Ukrainian}
5. DBN B.2.2-12:2019 Planning and development of territories. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2019. 187 p. {in Ukrainian}
6. DBN B. 2.2 - 5: 2011. Beautification of territories. Kyiv: Ministry of Regional Development, Housing and Communal Services of Ukraine, 2011. 61 p. {in Ukrainian}
7. DBN V. 2.2-9:2018 Public buildings and structures. Basic provisions. Kyiv: Min. of Communities and Territories of Ukraine. Kyiv. 2019. 47 p. {in Ukrainian}
8. DBN V. 2.2 -18: 2007. Social protection institutions. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2007. 39 p. {in Ukrainian}

9. DBN V. 2.2. - 10:2022. Health care facilities. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2023. 68 p. {in Ukrainian}
10. DBN V. 2.2-13: Sports and recreational facilities. Kyiv: State Committee of Ukraine for Construction and Architecture, 2004. 103 p. {in Ukrainian}
11. DBN V. 2.2-25:2009. Catering enterprises (restaurants). Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine. 2010. 55 p. {in Ukrainian}
12. DBN V. 2.2 -40:2018. Inclusiveness of buildings and structures. Basic provisions. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine. 2018. 63 p. {in Ukrainian}
13. On the regulation of urban planning activity: Law of Ukraine from 17.02.2011 №3038-VI. {in Ukrainian}
14. Demin N.M. Management of the development of urban planning systems. Kyiv: Builder, 1991. 184 p. {in Ukrainian}
15. Gehl Jan. Cities for People. Translated from English by O. Lyubarska. Kyiv: CONNECTIONS, 2020. 280 p. {in Ukrainian}
16. Malashenkova V.O. Urban planning characteristics of the placement and zoning of the territory of rehabilitation centers for children with disabilities. Problems of Theory and History of Architecture of Ukraine. 2019 Issue 19, pp. 94-102. doi: 10.31650/2519-4208-2019-19-94-102. {in Ukrainian}
17. Tseikulina O.V. Ethno-regional features of the architecture of medical institutions of Kharkiv. Author's abstract of Ph.D. thesis. Kharkiv: Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture, 2015. pp. 25-31. {in Ukrainian}
18. Pidhirniak K.Yu. Architectural and planning organization of urban polyclinics (based on the example of Kyiv). Author's abstract of Ph.D. thesis: 18.00.02. Kyiv: KNUCA, 1996. 18 p. {in Ukrainian}
19. Kutsevich V.V. Designing an architectural barrier-free environment for less mobile population groups. Construction of Ukraine. Kyiv, 2011. No. 2, pp. 6-18. {in Ukrainian}
20. Kutsevich V.V. Album of technical solutions for equipping facilities with elements of unhindered access for people with limited physical abilities. Design guide. 2nd edition. KYIV: KYIVZNDIEP, 2012. - 111 p. {in Ukrainian}
21. Nesterenko V.V. Barrier-free environment for people with disabilities. Modern Problems of Architecture and Urban Planning. Kyiv: KNUCA, 2016. Issue 43 Part 2, pp. 352-356. {in Ukrainian}
22. Krasnozhon T.Yu. Characteristics of the spatial-territorial organization of medical-rehabilitation centers for polytrauma. Urban Planning and Territorial Planning: scientific and technical collection. - Kyiv: KNUCA, 2022 - Issue.79. - pp. 199 - 211. {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2076-815x.2024.86.230-242

УДК 624.131.64

к.т.н., доцент **Афанасьєва Л.В.**,

afanasieva2709@gmail.com, ORCID:0000-0001-6237-2609,

к.т.н., доцент **Лаврінєнко Л.І.**,ludmila.lavrinenko@gmail.com, ORCID:0000-0001-5601-0943,
Київський національний університет будівництва і архітектури

КОНСТРУКЦІЇ ЗАХИСНИХ СПОРУД В УМОВАХ ВИСОКОШВИДКІСНОГО УДАРУ

Наведені передумови і результати чисельного моделювання роботи залізобетонних елементів під дією високошвидкісного удару. Наданий аналіз взаємодії ударника і плити в умовах динамічного навантаження. За результатами виконаних досліджень встановлений тип армування конструкції, що унеможлиблює її руйнування внаслідок механічного пошкодження при дії ударного навантаження. Запропоновано конструктивне рішення елементів захисної споруди, що дозволяє рекомендувати його для застосування в практику проектування і будівництва захисних споруд.

Ключові слова: плита; ударник; взаємодія; проникнення; захисна споруда.

Постановка проблеми. Структурні елементи захисних споруд покликані в якості бар'єрів витримувати динамічні навантаження, до яких відноситься високошвидкісний удар. Стійкість будівлі характеризується глибиною проникнення пробійника в тіло конструкцій, а також їх локальним пошкодженням внаслідок дії ударного навантаження. Накопичений досвід математичного моделювання процесів удару твердих тіл по різних мішенях. Діапазон зміни деформацій залізобетонних елементів («плита»), що відповідає високошвидкісній взаємодії в момент пробивання твердим тілом («ударник») з початковою швидкістю зіткнення до 1000 м/с, а також визначення їх динамічного характеру деформування потребують всебічного обґрунтування.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Будівництво захисних споруд в Україні регламентовано вимогами нормативних документів [1].

Аналізу фізичних явищ високошвидкісної взаємодії системи «ударник-плита» присвячені роботи [2,4,5,7,8,9,10,11,12,13,20]. Швидкість зіткнення впливає на зміну структури речовин тіл, порушує симетрію кристалічної решітки матеріалів, що супроводжується плавленням, випаровуванням, ефектом випромінювання. До факторів, що впливають на процес взаємодії, в проведених дослідженнях включені початкова швидкість ударника і кут зустрічі ударника з плитою.

Проведені дослідження [6] свідчать, що для металів і сплавів, а також для бетону високошвидкісний діапазон дії навантаження відповідає умові:

$$M_0 = v_0 / c_0 < 0.75, \quad (1)$$

де v_0 – швидкість удару;

c_0 – швидкість звуку в матеріалі.

Дослідження високошвидкісної взаємодії тіл передбачають визначення:

- швидкості і траєкторії ударника до зіткнення з плитою;
- характеру деформування ударника і плити при їх взаємодії;
- параметрів кратера в плиті;
- залишкової швидкості і маси ударника після пробиття плити;
- граничної швидкості пробиття;
- маси, швидкості великих осколків, що утворюються в процесі зіткнення; іт.

Розрахунок параметрів проникнення ударника в плиту, а також межі наскрізного пробиття наведені в роботах [7,8,13].

При цьому опір середовища, в якому рухається ударник, змінний і дорівнює:

$$f_c = f_{c1} + f_{c2} + f_{c3}, \quad (2)$$

де f_{c1} – динамічний опір, що викликаний інерцією частинок середовища;

f_{c2} – сила в'язкого опору, що виникає за рахунок подолання тертя між частинками середовища;

f_{c3} – статичний опір, що залежить від міцності плити.

Таким чином, сила опору становить:

$$f_c = -m \frac{dv}{dt} S (A \cdot v_0^2 + B \cdot v_0 + C), \quad (3)$$

де m , v_0 – відповідно маса і швидкість ударника;

S – площа поперечного перерізу ударника;

A , B , C – коефіцієнти, що залежать від властивостей і форми ударника.

За результатами експериментальних досліджень взаємодії ударника і бетонної плити глибина проникнення ударника в плиту L приймається за формулою Національного оборонного дослідного комітету (NDRC):

$$L = \sqrt{4 \cdot k \cdot N \cdot m \cdot d (v_0/1000 \cdot d)^{1.8}} \quad \text{при } L/d \leq 2 \quad (4)$$

$$L = \sqrt{4 \cdot k \cdot N \cdot m (v_0/1000 \cdot d)^{1.8}} \quad \text{при } L/d > 2, \quad (5)$$

де k – коефіцієнт, що залежить від міцності бетону плити;

N – коефіцієнт, що характеризує вплив форми головної частини ударника на опір проникнення в плиту.

Наведене аналітичне рішення математичної системи рівнянь, що описує рух ударника, а також стан ударника і плити при їх взаємодії може бути застосовано в обмеженому діапазоні. Тому оцінка локального впливу удару може здійснюватися за результатами експериментальних досліджень з використанням емпіричних формул, а також чисельних методів моделювання [21] роботи тіл з врахуванням їх пружно-пластичних характеристик.

Метою публікації є висвітлення результатів розрахунку і моделювання взаємодії ударника і плити, а також аналізу їх поведінки і умов руйнування при динамічному навантаженні, що спричинено дією високошвидкісного удару.

Виклад основного матеріалу дослідження. В проведених дослідженнях застосований програмний комплекс ANSYS, який реалізує систему математичних рівнянь, що описують рух і стан «ударника-плити» при їх взаємодії [15].

Головні параметри, що визначаються за результатами розрахунку:

- напружено-деформований стан ударника і плити при їх взаємодії;
- зміна шляху (глибина проникнення ударника в плиту), швидкість і прискорення ударника в залежності від часу;
- залишкова швидкість після пробиття плити.

Геометрична модель задачі наведена на рис. 1.

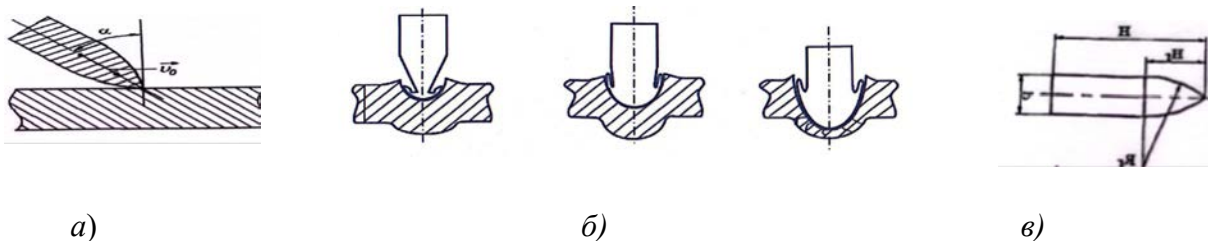


Рис. 1. Геометрична модель задачі взаємодії ударника і плити (а), стадії проникнення ударника в плиту (б), параметри моделі (в)

Розрахункова геометрична модель задачі високошвидкісної взаємодії ударника і плити розглядається у вигляді циліндра, головна частина якого прийнята конусною. Характеристики форми ударника включають: діаметр корпусу d ; довжина ударника H ; довжина головної частини H_r ; радіус головної частини R_r . Плита є прямокутна пластина з відповідними габаритами, що обмежена ступенями свободи по бічних поверхнях.

Передбачається, що в початковий момент часу ударник зустрічається з плитою зі швидкістю v_0 під кутом α до її нормалі в середній точці (див. рис. 1,а). При цьому до зустрічі з плитою ударник здійснює тільки прямолінійний рух. Кут зустрічі ударника з плитою становить 0° .

Математичне модулювання задачі взаємодії ударника і плити полягає в наступному.

При дії на середовище зовнішніх сил його матеріальні точки отримують прискорення α , що призводить до їх руху і появи поля швидкостей ϑ і переміщень u . Виникнення переміщень викликає зміну відстаней між матеріальними точками середовища, що є причиною утворення поля тензора деформацій $T\varepsilon$ і напружень $T\sigma$,

В загальному випадку зміна деформованого стану тіла спричиняє зміну його об'єму, а відповідно і зміну форми матеріальних часток. Останні оточують матеріальні точки середовища, що мають нескінченно малий об'єм.

Таким чином, тензори деформацій і напружень складаються з суми двох тензорів – шарового тензора і девіатора відповідно деформацій і напружень. Фізична поведінка деформованих середовищ характеризується здатністю чинити опір зміні об'єму часток, що відповідає величині взаємозв'язку девіаторів напружень і деформацій, і визначається рівнянням фізичної поведінки. Механічна поведінка середовища характеризується інтенсивністю деформацій, швидкістю їх змін, тиску, температури, фазових перетворень тобто визначальним рівнянням.

Слід зазначити, що при динамічному навантаженні зміна швидкості деформацій стиску або розтягу призводить к суттєвим змінам фізико-механічних характеристик матеріалів. Дослідні випробування показали, що при зростанні швидкості деформацій відбувається збільшення міцності матеріалу.

Головним критерієм, який характеризує міцність матеріалу плити при динамічному навантаженні є коефіцієнт динамічного зміцнення, що визначається як відношення міцності бетону дослідних плит при динамічному і статичному навантаженні. В проведених дослідженнях чисельне моделювання взаємодії ударника і плити виконане з застосуванням пружно-пластичної моделі, що реалізована засобами ПК ANSYS з використанням методу скінченних елементів (МСЕ). Модель реалізує можливість визначення поверхонь міцності - залишкової, руйнування, а також межі пластичності. При навантаженні поточна поверхня міцності мігрує між трьома зазначеними поверхнями. Моделювання дії високошвидкісного удару досягається сумісним деформуванням матеріалів ударника і плити з матеріалом середовища.

У початковий момент часу область середовища має об'єм Ω_0 , обмежений граничною поверхнею Γ_0 ; момент часу t дослідна область Ω обмежена поверхнею Γ . Матеріальна точка A в початковий момент знаходиться в області Ω_0 і має координати X_i , швидкість ϑ_0 , прискорення α_0 , переміщення u_0 . В момент часу t відповідно X_i , ϑ , α , u . Зазначені параметри в Лагранжевій системі координат можуть бути виражені функціями X_i і t (див. рис. 2).

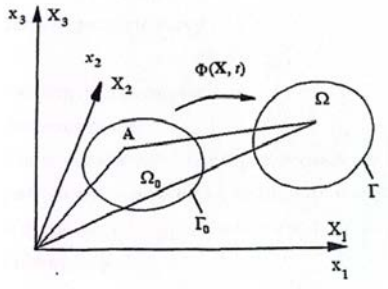


Рис. 2. Дослідна область середовища

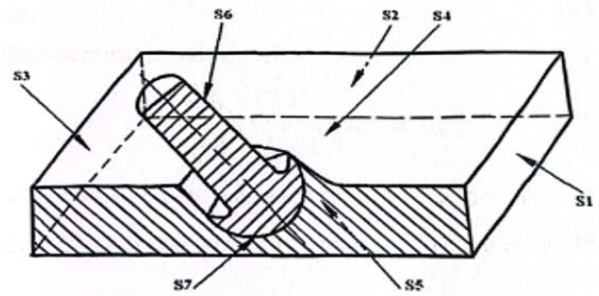


Рис. 3. До визначення граничних умов задачі

При постановці задачі взаємодії ударника і плити задають граничні умови на ділянках поверхонь $S_1 - S_7$, що наведені на рис. 3. На контактній поверхні S_7 ударника з плитою задають обмеження швидкості руху, напруженого стану точок тіл з урахуванням умови непроникності. Така тривимірна задача вирішується засобами просторової і часової дискретизації з урахуванням фізичної та геометричної нелінійності конструкції.

В даній задачі використані восьмивузлові гексаедричні елементи (призма, тетраедр, октаедр).

Застосування сітки Лагранжа передбачає відповідність її вузлів точкам матеріального середовища, тобто кожний вузол сітки зв'язується з відповідною матеріальною точкою середовища. Це дозволяє при моделюванні дії високошвидкісного удару враховувати сумісне деформування матеріалів ударника і плити, визначати межі контактів тіл, а також фазові перетворення речовини; що кожний елемент - ударник і плита містить один матеріал.

Схема інтегрування за часом системи рівнянь при Лагранжевій сітці включає операції, що наведені на рис. 4.

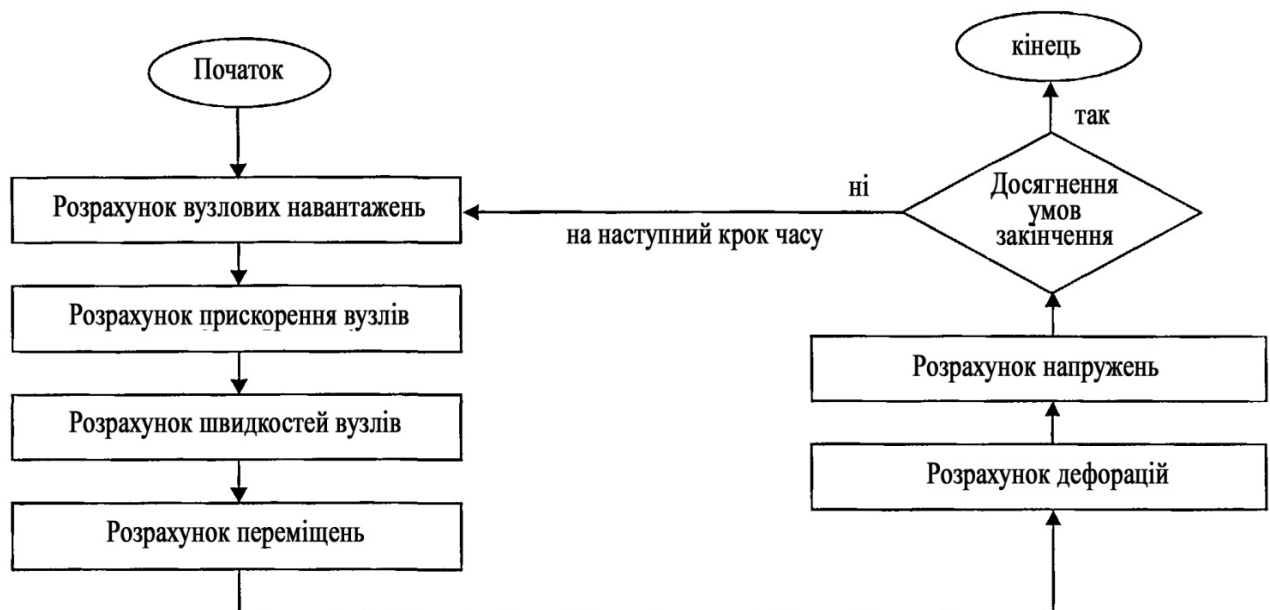


Рис. 4. Схема інтегрування за часом системи рівнянь при Лагранжевій сітці

Використання моделей твердих тіл, яким властивий пружно-пластичний характер роботи при взаємодії, дозволяє враховувати вплив швидкості деформацій на межу текучості матеріалу.

Наведені передумови чисельного моделювання використані в процесі досліджень роботи залізобетонних плит під дією високошвидкісного удару [15, 16]. За результатами виконаних досліджень розроблені розрахункові моделі дослідних плит, встановлені особливості проникнення ударника в плити з різними типами армування.

Чисельному моделюванню піддавались плити, конструктивне рішення яких передбачає армування: подвійними сітками, подвійними сітками з поперечною арматурою, суцільним металевим листом, арматурними сітками і фібрами. Особливості проникнення ударника в плити, що армовані одинарними і подвійними сітками, унеможливають їх використання в захисних спорудах внаслідок наскрізного пробиття плити ударником. Використання суцільного металевих листа потребує додаткових технологічних рішень внаслідок розшарування плити вздовж листа.

Проведені чисельні дослідження [2,3] свідчать, що дослідні плити з використанням комбінованого армування - сітчастого і дисперсною фіброю - не пробиваються ударником, частина зразка залишається неушкодженою. Це досягається рядом переваг дисперсного зміцнення конструкції – збільшує міцність на розтяг; знижує крихкість бетону; підвищує його в'язкість, що сприяє збільшенню тріщиностійкості елемента в цілому. Таким чином, поєднання дискретного традиційного армування конструкцій з дисперсним сприяє підвищенню їх експлуатаційних якостей під дією зовнішніх впливів.

Характеристики дослідних зразків з комбінованим армуванням.

Ударник: циліндрична форма діаметром - 23мм; довжина - 65мм; початкова швидкість ударника 800 м/с; гексаedr розміром 4мм; кількість елементів – 425; кут зустрічі – 0°; густина матеріалу- 7750кг/м³; межа текучості -1539 МПа; температура плавлення 1489,9 °С; модуль зсуву - 81,8 ГПа;

Плита: товщина – 400 мм; матеріал – бетон класу С35; гексаedr розміром 4мм; кількість елементів – 1834326.

Залишок неушкодженої частини становить 44,0 мм.

Результати чисельного експерименту свідчать, що дисперсне армування фібрами, рівномірно розподіленими в цементній матриці, зумовлює гальмування розвитку тріщиноутворення при дії ударних навантажень; це унеможливило виникнення наскрізного руйнування елемента.

Проведені чисельні дослідження [2,3] свідчать, що дослідні плити з використанням комбінованого армування - сітчастого і дисперсною фіброю - не пробиваються ударником, частина зразка залишається неушкодженою.

Встановлений характер руйнування дослідних елементів на підставі отриманих значень остаточної швидкості ударника, при цьому величина останньої до 35,0% менше в комбіновано армованих плитах.

За даними досліджень [13] встановлено, що дисперсне зміцнення надміцного бетону сталюю фіброю сприяло зменшенню остаточної швидкості ударника до 52,0%, при цьому глибина його проникнення зменшилась до 38,0%.

Графік зміни швидкості ударника наведений на рис. 5.

Зазначені результати досліджень корелюються з даними, що отримані при випробуванні наномодифікованих фібробетонів в умовах високошвидкісного удару [19]. На рис. 6 представлені зразки дослідних кубів, армованих дисперсною фіброю.

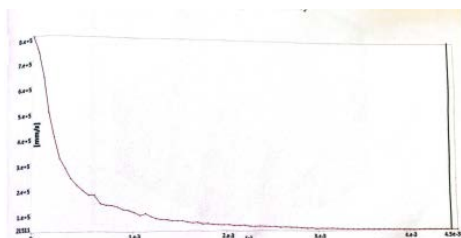


Рис. 5. Графік зміни швидкості ударника при проникненні в плиту з комбінованим армуванням

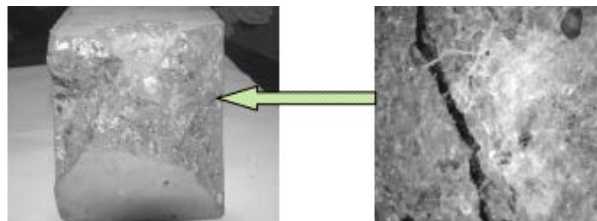


Рис. 6. Загальний вигляд зразків-кубів наномодифікованого фібробетону в умовах високошвидкісного удару

Встановлено, що відколювання окремих частинок матриці пройшло внаслідок точкового ударного навантаження в напрямку дії зовнішнього зусилля (див. рис. 6). Основна маса залишилась суцільною і практично неушкодженою. Нанотехнологічний підхід створення технологічних бетонів ґрунтується на сучасних принципах формування їх структури, що характеризується наявністю нанооб'єктів; останні сприяють дисперсному зміцненню і релаксації внутрішніх зусиль бетону.

Наприклад, підсилення залізобетонних плит вуглепластиком сприяло зменшенню остаточної швидкості ударника до 18,0 % [13].

Характер проникнення ударника в комбіновано армовану плиту наведений на рис. 7.

Таким чином, армування дисперсною фіброю, рівномірно розподіленою в цементній матриці, зумовлює гальмування розвитку тріщиноутворення при дії ударних навантажень, запобігає миттєвому крихкому руйнуванню конструкції внаслідок наскрізного пробиття ударником.

Враховуючи, що використовувані бетони охоплюють вузький спектр міцності на стиск, доцільно провести подальші дослідження роботи залізобетонних конструкцій з використанням нанотехнологічних підходів.

Окремої уваги потребує питання рухливості бетонної суміші з урахуванням наявності армувальних елементів, що спричиняє зниження її рухливості.



Рис. 7. Особливості проникнення ударника в плиту з комбінованим армуванням:
а) – характер руйнування; б) армування плити до взаємодії з ударником

На підставі викладених результати чисельних досліджень роботи елементів з комбінованим армуванням їх обґрунтовано можна рекомендувати до застосування в практику будівництва захисних споруд, що відповідають умовам експлуатації при дії високошвидкісного удару.

Загальний вигляд рекомендованої захисної споруди, а також схема її армування наведені на рис. 8.

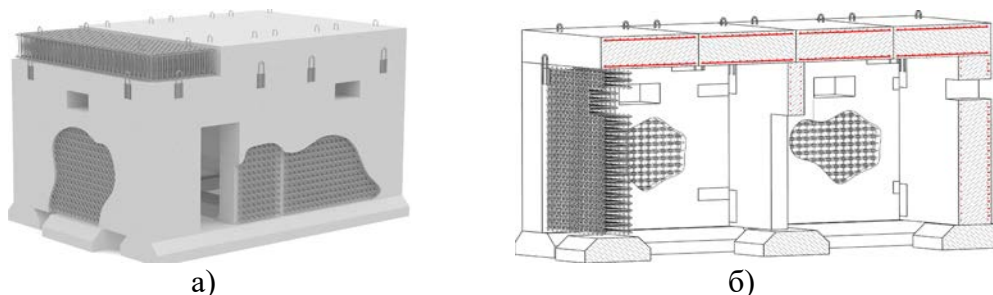


Рис. 8. Захисна споруда з використанням дослідних елементів: а) загальний вигляд;
б) схема армування елементів споруди

Висновки. За результатами проведених досліджень засобами чисельного моделювання встановлений характер взаємодії ударника і залізобетонної плити, що характеризується глибиною проникнення і локальним руйнуванням в умовах високошвидкісного удару. При цьому здатність конструкції-бар'єра чинити опір удару залежать від глибини проникнення ударника і обсягу пошкоджень внутрішньої сторони конструкції, які відповідають остаточній швидкості ударника.

Запропоновано конструктивне рішення залізобетонної плити, що містить дискретне армування сітками, а також зміцнена дисперсною сталлю фібрую. Дослідні зразки з таким комбінованим армуванням відрізнялись зменшеною до

35,0% остаточною швидкістю ударника, що виключило наскрізне руйнування плити. Глибина проникнення зменшилась до 20,0%.

Потребують подальшого розвитку дослідження технологічних бетонів для можливого їх використання в конструкціях-бар'єрах захисних споруд, що здатні витримувати динамічні впливи в умовах високошвидкісного удару.

Список використаних джерел

1. ДБН В.2.2-5:2023 «Захисні споруди цивільного захисту». – К.: Міністерство розвитку громад, територій та інфраструктури України, 2023. – 112 с. – чинний з 01.11.2013.
2. Афанасьєва Л.В. Залізобетонні конструкції в умовах високошвидкісного удару//Містобудування і територіальне планування, 2016. Вип.61. - С.108-113. <https://library.knuba.edu.ua/books/zbirniki/02/2016/201661.pdf>.
3. Афанасьєва Л.В. Про можливість використання залізобетонних конструкцій в умовах дії високошвидкісного удару// *Збірник праць XIII Міжнародної наукової конференція «Наука і освіта, Угорщина, Хайдусобосло, 2019.* - С. 3-7. http://lib.khnu.km.ua/konfer_HNU/2019/SE-2019.pdf.
4. Зукас Дж., Николас Т., Свифт Х.Ф. и др. Динамика удара. - М.: Мир, 1985. – 296 с.
5. Согомоян А.Я. Динамика пробивания преград // М. МГУ, 1988. - 221с.
6. Ковтун А.В., Табуненко В.О., Нестеренко С.І. Моделі взаємодії високошвидкісного ударника з захисними перешкодами // *Опір матеріалів і теорія споруд/ Strength of Materials and Theory of Structures 2019, № 102.* - С. 207-219. <http://omtc.knuba.edu.ua/article/view/173127/172890>.
7. Эйгельберг П., Каймаке Е. Физические особенности разрушения препятствий конечной толщины при высокоскоростном пробитии их разными ударниками// *Вестник ТГУ. 2013, 13(4).* - 269 с.
8. M. Esaker, G. Thermou, L. Neves. Impact resistance of concrete and fibre-reinforced concrete: A review // *International Journal of Impact Engineering, 2023.* - 180(11). pp. 2-22. <https://doi.org/10.1016/j.ijimpeng.2023.104722>.
9. T. Almusallam, Y. Al-Salloum, S. Alsayed, Rizwan Iqbal, H. Abbas. Effect of CFRP strengthening on the response of RC slabs to hard projectile impact // *Journal Nuclear Engineering and Design. 2015.* - 286(5), pp. 211-226. <https://doi.org/10.1016/j.nucengdes.2015.02.017>.
10. A. Dancygier, A. Katz, D. Benamou, D. Yankelevsky. Resistance of double-layer reinforced HPC barriers to projectile impact// *International Journal of Impact Engineering, 2014.*- 67(5). pp. 39-51. <https://doi.org/10.1016/j.ijimpeng.2014.01.001>.
11. Noël, K.Soudki. Estimation of the crack width and deformation of FRP-reinforced concrete flexural members with and without transverse shear reinforcement//*Journal Engineering Structures, 2014.* - 59(2). pp.392-398. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2013.11.005>.
12. T.Teng, Y.Chu, F. Chang, B.Shen, D.Cheng. Development and validation of numerical model of steel fiber reinforced concrete for high-velocity impact// *Journal Computational Materials Science, 2008.* - 42(3). pp.90-99. <https://doi.org/10.1016/j.commatsci.2007.06.013>.
13. W. Sun, W. Zhang, J. Yuan, X. Gao, Y. Wua, W. Ni, J. Feng. Multi-scale study on penetration performance of steel fiber reinforced ultra-high performance concrete// *Journal Construction and Building materials, 2024.* - 422(4). <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.135846>.
14. H. Hansson, S.Peter. Simulation of Concrete Penetration in 2D and 3D with the RHT Material // *Swedish Defence Research Agency. 2002.* - 50 pp. <https://www.foi.se › rapports>.
15. Петрученко О.С. Динамічні та кінематичні характеристики етапу проникнення кулі в броню //Петрученко О.С., Флюд О.В., Величко Л.Д.// *Військово-техн.збірник.-2017, № 16.* - С. 8-11. <https://doi.org/10.33577/2312-4458.16.2017.8-11>.

16. Клованич С.Ф. Метод скінчених елементів в нелінійних задачах інженерної механіки // *Запоріжжя. Світ геотехніки*, 2009. - 400 с.
<https://www.liraland.ua/books/book-metod-konechn-kh-lementov-v-nelyneyn-kh-zadachakh-ynzhenerno-mekhaniku>.
17. Барабаш М.С. Комп'ютерне моделювання процесів життєвого циклу об'єктів будівництва// *Сталь*, 2014. - 301 с.
<https://www.liraland.ua/books/book-kompyuternoe-modelyrovanye-protsesov-zhyznennogo-tsykla-ob-ektov-stroytelstva>.
18. Максименко В., Барабаш М., Костира, Н., Бармін, І. Моделювання динамічних навантажень вибухового типу в задачах дослідження міцності будівельних конструкцій з використанням ПК ЛІРА-САПР // *Наука та будівництво*. 2023. 38(4).
<https://doi.org/10.33644/2313-6679-4-2023-3>.
19. Марущак У.Д., Саницький М.А., Королько С. Наномодифіковані швидкотвердіючі бетони, армовані дисперсними волокнами // *Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Серія: Теорія і практика будівництва*. – 2017. – № 877. - С. 136–144.
<https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2018/may/12245/23235>.
20. Лавріненко Л.І., Некора В.С. Дослідження нагрівання сталеві балки з гофрованою стінкою в умовах пожежі // *Будівельні конструкції. Теорія і практика*. Вип. 6 (2020). - С. 12-21. <https://doi.org/10.32347/2522-4182.6.2020.12-21>.
21. Бензель О.М, Лавріненко Л.І. Інформаційне моделювання сталеві будівлі з підвищеними вимогами жорсткості // *Будівельні конструкції. Теорія і практика*. Вип. 9 (2021).- С. 30-44. <https://doi.org/10.32347/2522-4182.9.2021.30-44>.

Ph.D, Associate Professor **Afanasieva Liudmyla**,
Ph.D, Associate Professor **Lavrinenko Liudmyla**,
Kyiv National University of Construction and Architecture

CONSTRUCTIONS OF THE PROTECTIVE STRUCTURES UNDER THE CONDITIONS OF HIGH-SPEED IMPACT

The stability of the building is characterized by the depth of penetration of the punch into the body of the structures, as well as their local damage due to the impact load. There was accumulated experience of mathematical modeling of the impact processes of solid bodies on various targets. The range of deformations changes of the reinforced concrete elements ("slab"), which corresponds to the high-speed interaction at the moment of punching by a solid body ("impactor") with an initial impact speed of up to 1000 m/s, as well as the determination of their dynamic nature of deformation require comprehensive justification.

The analytical solution of the mathematical system of equations describing the movement of the impactor, as well as the state of the impactor and the slab during their interaction can be applied in a limited range. Therefore, the assessment of the local effect of the impact can be carried out on the basis of the results of experimental studies using empirical formulas, as well as numerical methods of modeling the work of bodies taking into account their elastic-plastic characteristics.

The ANSYS software package was used in the conducted research, which implements a system of mathematical equations that describe the movement and state of the "impactor-slab" during their interaction. Based on the results of the performed numerical modeling, it was established that the tested slabs with the use of combined reinforcement - mesh and dispersed metal fiber - are not penetrated by the impactor, part of the sample remains intact. At the same time, the final speed of the impactor in these slabs is up to 35.0% less than in the slabs with the mesh reinforcement. The penetration depth decreased up to 20.0%.

The experience of dispersion strengthening of the concrete indicates the inhibition of cracking in the fiber concrete elements, which makes it expedient for usage in the combined reinforced constructions of the protective structures, capable of withstanding the dynamic impacts under conditions of high-speed impact. Further development of the of technological concretes studies is needed for their possible use in barrier structures of protective structures,

Keywords: slab; impactor; interaction; penetration; protective structure.

REFERENCES

1. DBN V.2.2-5:2023 «Zakhysni sporudy tsyvilnoho zakhystu». – K.: Ministerstvo rozvytku hromad, terytorii ta infrastruktury Ukrainy, 2023. – 112 p. – valid from 01.11.2013. {in Ukrainian}
2. Afanasieva L.V. Zalizobetonni konstruktsii v umovakh vysokoshvydkisnoho udaru//Mistobuduvannia i teritorialne planuvannia, 2016, Vyp.61. - S. 108-113.
<https://library.knuba.edu.ua/books/zbirniki/02/2016/201661.pdf>. {in Ukrainian}
3. Afanasieva L.V. Pro mozhlyvist vykorystannia zalizobetonnykh konstruktsii v umovakh dii vysokoshvydkisnoho udaru// *Zbirnyk prats XIII Mizhnarodnoi naukovoï konferentsiï «Nauka i osvita, Uhorshchyna, Khaidusoboslo, 2019.* – pp. 3-7. http://lib.khnu.km.ua/konfer_HNU/2019/SE-2019.pdf. {in Ukrainian}
4. Zukas Dzh., Nykolas T., Svyft Kh.F. y dr. *Dynamyka udara.*-M.: Myr,1985. – 296 s. {in Russian}
5. *Sohomonian A.Ia. Dynamyka probyvanyia prehrad // M.: MHU, 1988, - 221 s.* {in Russian}
6. Kovtun A.V., Tabunenکو V.O., Nesterenko S.I. Modeli vzaiemodii vysokoshvydkisnoho udarnyka z zakhysnymy pereshkodamy // *Opir materialiv i teoriia sporud / Strength of Materials and Theory of Structures 2019, № 10.* – pp. 207-219. <http://omtc.knuba.edu.ua/article/view/173127/172890>. {in Ukrainian}

7. Эйхелберх Р., Каймаке Е. Fyzycheskye osobennosti razrusheniya prepiatstvyi konechnoi tolshchyny pry vysokoskorostnom probytyu ykh raznyму udarnykamy// Vestnyk THU. 2013, 13(4), -269 s. {in Russian}
8. M. Esaker, G. Thermou, L. Neves. Impact resistance of concrete and fibre-reinforced concrete: A review // *International Journal of Impact Engineering*, 2023.-180(11). – pp. 2-22. <https://doi.org/10.1016/j.ijimpeng.2023.104722>. {in English}
9. T. Almusallam, Y. Al-Salloum, S. Alsayed, Rizwan Iqbal, H. Abbas. Effect of CFRP strengthening on the response of RC slabs to hard projectile impact // *Journal Nuclear Engineering and Design*.2015.-286(5). – pp. 211-226. <https://doi.org/10.1016/j.nucengdes.2015.02.017>. {in English}
10. A. Dancygier, A. Katz, D. Benamou, D. Yankelevsky. Resistance of double-layer reinforced HPC barriers to projectile impact// *International Journal of Impact Engineering*,2014.-67(5). – pp. 39-51. <https://doi.org/10.1016/j.ijimpeng.2014.01.001>. {in English}
11. Noël, K. Soudki. Estimation of the crack width and deformation of FRP-reinforced concrete flexural members with and without transverse shear reinforcement//*Journal Engineering Structures*,2014.-59(2). – pp. 392-398. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2013.11.005>. {in English}
12. T. Teng, Y. Chu, F. Chang, B. Shen, D. Cheng. Development and validation of numerical model of steel fiber reinforced concrete for high-velocity impact// *Journal Computational Materials Science*, 2008.-42(3). – pp. 90-99. <https://doi.org/10.1016/j.commatsci.2007.06.013>. {in English}
13. W. Sun, W. Zhang, J. Yuan, X. Gao, Y. Wua, W. Ni, J. Feng. Multi-scale study on penetration performance of steel fiber reinforced ultra-high performance concrete// *Journal Construction and Building materials*,2024. - 422(4). <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.135846>. {in English}
14. H. Hansson, S. Peter. Simulation of Concrete Penetration in 2D and 3D with the RHT Material // *Swedish Defence Research Agency*. 2002. - 50 p. <https://www.foi.se › rapports>. {in English}
15. Petruchenko O.S. Dynamichni ta kinematychni kharakterystyky etapu pronyknenniakuli v broniu //Petrychenko O.S., Fliud O.V., Velychko L.D.// *Viiskovotekhn.zbirnyk.-2017*, № 16, – pp. 8-11. <https://doi.org/10.33577/2312-4458.16.2017.8-11>. {in Ukrainian}
16. Klovanych S.F. Metod skinchenykh elementiv v neliniinykh zadachakh inzhenernoi mekhaniky // *Zaporizhzhia. Svit heotekhniky*, 2009, - 400 p. <https://www.liraland.ua/books/book-metod-konechn-kh-lementov-v-nelyneyn-kh-zadachakh-ynzhenernoy-mekhanyky>. {in Ukrainian}
17. Barabash M.S. Kompiuterne modeliuвання protsesiv zhyttievoho tsykla obiektiv budivnytstva// *Stal*,2014. - 301 p.

<https://www.liraland.ua/books/book-kompyuternoe-modelyrovanye-protsesov-zhyznennogo-tsykla-ob-ektov-stroytelstva>. {in Ukrainian}

18. Maksymenko V., Barabash M., Kostyra, N., Barmin, I Modeliuvannia dynamichnykh navantazhen vybukhovoho typu v zadachakh doslidzhennia mitsnosti budivelnykh konstruktsii z vykorystanniam PK LIRA-SAPR // *Nauka ta budivnytstvo*. 2023, 38(4). <https://doi.org/10.33644/2313-6679-4-2023-3>. {in Ukrainian}

19. Marushchak U.D., Sanytskyi M.A., Korolko S. Nanomodyfikovani shvydkotverdiuchi betony, armovani dyspersnymy vcoloknamy // *Visnyk Natsionalnoho universytetu "Lvivska politekhnika". Seriya: Teoriia i praktyka budivnytstva*. – 2017. – № 877. – pp. 136–144.

<https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2018/may/12245/23235>. {in Ukrainian}

20. Lavrinenko L.I., Nekora V.S. Doslidzhennia nahrivannia stalevoi balky z hofrovanoi stinkoiu v umovakh pozhezhi // *Budivelni konstruktsii. Teoriia i praktyka*. Vyp.6 (2020). – pp. 12-21. <https://doi.org/10.32347/2522-4182.6.2020.12-21>. {in Ukrainian}

21. Benzel O.M, Lavrinenko L.I. Informatsiine modeliuvannia stalevoi budivli z pidvyshchenymy vymohamy zhorstkosti // *Budivelni konstruktsii. Teoriia i praktyka*. Vyp. 9 (2021). – p. 30-44. <https://doi.org/10.32347/2522-4182.9.2021.30-44>. {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2076-815x.2024.86.243-260

УДК 711.1:304

д-р. техн. наук, професора **Габрель М.М.**,
mykola.m.habrel@lpnu.ua, ORCID: 0000-000-225149165,
НУ «Львівська політехніка»,
д-р арх., професор **Косьмій М.М.**,
mykhailo.kosmii@ukd.edu.ua, ORCID: 0000-0003-4823-5573,
канд. техн. наук, доцент **Габрель М.М.**,
mykhailo.habrel@ukd.edu.ua, ORCID: 0000-000-298226424,
Університет Короля Данила, м. Івано-Франківськ

НЕМАТЕРІАЛЬНІ КОНТЕКСТИ В КОНЦЕПЦІЇ «РОЗУМНОГО» МІСТА

Визначені класифікаційні ознаки, критерії оцінки та вимоги до формування «розумного» міста в контексті нематеріального, які розширюють погляд на сферу «розуму» міст, а їх застосування у різних секторах життєдіяльності міста сприяє новим розумним ініціативам, збирає й класифікує дії, процеси і поведінку міст на підтримку їх «розумності». Розширення дискусій про «розумні» міста, що на сьогодні «одержимі» інформаційно-технологічними можливостями, та недооцінка культурних аспектів, людської поведінки, цінностей і соціальної ідентичності ставить вимогу переведення дослідження розвитку міст з одновимірної бізнес-моделі та низки матеріальних метрик до міста як гіперскладної системи. На думку авторів, щоб концепція «розумних» міст мала методологічну цінність, дослідження і організація життєдіяльності повинні скеровуватися на розвиток унікальності, духовної ідентичності, підвищення якості життя як сьогодні, так і в майбутньому. Увага до нематеріальності «розумних» міст сприятиме обґрунтуванню нових наукових підходів і практичних рішень гармонізації розвитку урбанізованих систем.

Ключові слова: «розумне» місто; концепція розумного міста; місто як гіперскладна система; нематеріальна сутність міста; модель просторового розвитку урбанізованих систем на вимогах «розумності».

Постановка проблеми. Однією з найперспективніших концепцій у сфері урбаністики сьогодні вважається концепція «розумного» міста. Термін «розумне місто» з'явився в академічній літературі в 1990-х, і з роками його трактування еволюціонувало й розширилося. Такі міста пов'язуються в основному з інформаційними технологіями, суть яких зводиться до покращення можливості й усунення проблем міст технологічними засобами – оптимізації систем споживання, мінімізації шкідливих викидів і безвідходних технологій,

підвищення ефективності систем транспорту, безпеки та якості послуг для мешканців тощо. Сьогоднішній «цифровий ландшафт» міст змінює відчуття простору та людських взаємин через соціальні мережі, доповнену реальність і платформи, а нова реальність стає складною, невизначеною й дезорієнтуючою. Щоб «розумне місто» мало вищу цінність, технології повинні використовуватися для розкриття унікальності, культури та ідентичності при обґрунтуванні рішень, проектуванні й розвитку міст на нових сенсах. Це ініціює творчий діалог навколо питань «розумності» міст як міждисциплінарного зв'язку між «розумними» містами і феноменом нематеріального в розвитку урбанізованих систем.

Спробуємо узагальнити, які саме міста доцільно вважати «розумними», встановити класифікаційні ознаки й критерії оцінки їх «розуму», а також сформулювати вимоги до їх формування й розвитку з акцентом на нематеріальний контекст та нематеріальну сутність міст.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сьогодні у великій кількості досліджень «розумне» місто сприймається як найпопулярніший міський ідеал, що міститься в основі розуміння генези й визначення майбутнього урбанізованих систем, формування нових міських поселень і регенерації існуючих [5; 9; 13]. В основі феномену «розумного» міста непохитна віра в технології й інформацію, зокрема, прихильники й практики «розумного» урбанізму вважають, що з допомогою нескінченних баз даних і джерел енергії можна керувати містами, розвивати й жити їх у сталий спосіб [8]. Як зазначає Р. Кітчін, розумні міста «все частіше керуються технічно натхненними інноваціями, креативністю та підприємництвом» [18].

Єдиного визначення й бачення «розумного урбанізму» досі не існує, як і щодо інших моделей містобудування (наприклад, еко-місто) – «розумне» місто є поняттям, що пов'язане з різними інтерпретаціями, ідеями, баченнями й експериментами, а дехто вважає його урбаністичною утопією XXI ст. [15; 17; 21]. Ідея набуває різних значень у різних частинах світу, обґрунтовуючи різні політики розвитку урбанізованих систем, а ідеал «розумного міста» втілюється на практиці різноманітними способами [14; 22]. «Розумні» міста прагнуть обробляти й керувати даними в режимі реального часу, які надходять від нової цифрової інфраструктури, – громадяни сьогодення мають при собі складний пакет датчиків і пристроїв, що в мережі міста дає можливість сформувати інформаційний слід, а отже, і поведінку мешканців [20]. «Розумні» міста стимулюють з допомогою інформаційно-комп'ютерних технологій покращене управління містом через систему програмних алгоритмів, які інтегровані в міську тканину [4; 11]. Однак технократичний фокус не забезпечить результатів, необхідних для створення гармонійного середовища і просторових

форм, придатних для життя міст, його екологічної, соціальної, економічної та ін. сфер. Завдяки інтеграції нових технологій (інтелектуальні датчики і мережі великих баз даних, автономні транспортні системи та генератори відновлюваної енергії) ідеальне «розумне» місто обіцяє покращити співвідношення людської життєдіяльності та її наслідків, зменшити витрати на життя в містах, сприяючи тим самим боротьбі з глобальними проблемами людства (голод, довкілля, зміна клімату) [6; 19].

Загалом *Концепція розумного міста*, розглядаючи *інформаційний і техніко-технологічний аспекти*, тісно пов'язана з процесами в місті та спонукає людину до відповідної поведінки й прийняття раціональних рішень. Д.Вашбурн зі співавторами [26] стверджують, що місто робить «розумним» комбіноване використання інформаційних і мережевих технологій для вдосконалення послуг у сфері врядування, освіти, охорони здоров'я, громадської безпеки, будівництва, транспортних і комунальних послуг. Т. Шелтон та ін. [23] сприймають більшість проектів розумних міст як незграбно інтегровані втручання в існуючі соціальні й просторові конструкції середовища.

На нашу думку, пов'язаність розумного міста насамперед із діджиталізацією та комп'ютерними технологіями звужує трактування феномену «розуму» як системи знань, інтелекту, культури мислення, здатності до креативності й обґрунтувань нових рішень. Це система, в якій просторова організація і розвиток спираються на мислення та нові знання геополітичних, соціальних, економічних, екологічних, технологічних, інституційних реалій, процесів і явищ. Місто стає розумним, коли виділяє стратегічні й тактичні типи рішень щодо свого функціонування та просторового розвитку: перші визначають правильні цілі, другі вибирають правильний спосіб їх досягнення. «Делегування» технологіям окремих рішень щодо функцій міста є необхідним і корисним, але вибір і прийняття рішення залишається за людиною. «Розумність» міста означає також його здатність залучати людський капітал і мобілізувати його до співпраці (організованими й індивідуальними) з допомогою інформаційних технологій та соціальних комунікацій.

Концепція «розумного» міста піддається критиці із-за позиціонування з транснаціональними корпораціями з використанням для їх власних інтересів, а також орієнтованості на неоліберальну економіку, в якій місцеві громади цінуються як споживачі, ігнорується їх ідентичність, цінність і культура [12; 15].

Подібні непохитні вірування в нові ідеї урбаністики та спроби створити щасливе суспільство й ідеальні міста відомі в історії архітектури та містобудування [7]. Так, концепції ідеального міста й ідеального суспільства,

які будувались на системі світоглядно-ідеологічних уявлень і управління «законами», створеними філософами, мали мистецький прояв, але локальний ефект. Функціональні міста, що розвинулись на положеннях «Афінської хартії», стали некомфортними, неефективними і небезпечними для мешканців. На нашу думку, не вдасться реалізувати положення «розумного» міста лише інформаційно-технологічними засобами при ігноруванні нематеріальної сутності міст. Нематеріальні контексти мають бути органічно інтегровані в аналіз, оцінку та обґрунтування рішень на всіх етапах та ієрархічних рівнях.

Мета статті — визначити чинники нематеріальної сутності в концепції «розумного» міста, встановити роль нематеріального в «розумі» міст, розширити трактування «бути розумним» у контексті нематеріального.

Основна частина. I. Передумови виникнення, класифікаційні ознаки та структурні моделі «розумних» міст. Поняття «розумності» міст спирається на інформаційно-комунікаційні технології, мобільні рішення, великі бази даних, штучний інтелект та інші інтелектуальні технології, впроваджуючи які оновлюються їх системи й структури, а місто стає «розумнішим».

В *осмисленні передумов та аналізі феномену «розумності»* первинними є закладені В. Вернадським *ідеї ноосфери Землі* як сфери розуму [1]. В концепції та моделі ноосфери як системного розуміння процесів розвитку людства і міст фундаментальними є константи: моральності; екологічного світогляду й зростання ролі екологічної політики; цілеспрямованості впливу людей на систему «людина – суспільство – природа»; гармонійного поєднання свободи й національних особливостей; нові ідеї щодо діяльності людства та просторового розвитку територій. Вплив людини на природу сьогодні стрімко зростає, отож збільшується відповідальність людини за навколишнє середовище, а розвиток планети має стати керованим силою розуму.

У дослідженні феномену «розумності» урбанізованих систем доцільно опертись на філософські й геополітичні ідеї, теорії й концепції: *просторової організації суспільства і світу; розвитку суспільства майбутнього; трансформації суспільства та перехідних фаз; потенційних конфліктів у суспільстві*. Вони дозволяють глибше зрозуміти природу «розуму», щоб визначити ті складові системи, які виграють у відповідних ситуаціях, та причини програшу інших. Мають значення також *теорії й концепції мереж і мережеских організмів*, створення систем з функціями самоорганізації. Серед теорій, концепцій і моделей удосконалення та просторового розвитку урбосистем виділяються два протилежних напрями – в бік «компактного» чи «зеленого» міста. Вони впливають із урбаністичних концепцій минулого, а в сьогоднішніх умовах ґрунтуються на принципах і вимогах: екологічної стійкості, збереження спадщини, відповідності новим технологіям, ефективності інфраструктури,

соціального доступу, регіональної інтеграції, масштабу людини та простору тощо [7].

Як стверджує Дж. Джейкобс [3], до початку ХХ ст. знання про місто були *головно візуальними*, а міські проблеми пов'язувалися передусім із візуальним порядком, композицією, формуванням та порушеннями просторової гармонії. У наступний період розвинулись концепції та ідеї функціонального міста (Афінська хартія), міст – супутників, промислового міста тощо. Сьогоднішнє місто трактується як гіперскладна система, і відмовляється від практики ортодоксального функціонального міста (прагнення навести спрощений порядок у просторових ситуаціях, ортодоксального функціонального розуміння міста і його просторової організації), переходить до розуміння розвитку міста на засадах синергетичних ідей з урахуванням можливостей і ефектів самоорганізації й саморозвитку. Дослідники урбанізованих систем прагнуть зробити міські взаємодії зрозумілими, виокремлюючи та пов'язуючи в систему процеси, що відбуваються як усередині міста, так і між містами та із зовнішнім світом. Вони вивчають місто, моделюючи міські процеси і поведінку, схеми землекористування, потреби (в житлі, освіті, догляді) у містах, а також розміщення «міста в надсистемі» й розуміння «міста як планетарного феномену». Домінує розгляд міста через щільність і динаміку (інтелектуального капіталу, галузей промисловості, управління громадянськими процесами) та форми просторової організації. Ці взаємодії генерують нові процеси в містах та формують простори інформаційно-комунікаційних технологій, а нематеріальне (знання й цінності) стають ключовими для сучасного міста та моделювання його майбутнього.

Подібно до того, як нервова система людини реагує на навколишній світ, нові технології дають можливість містам реагувати на зміни в міському середовищі. Технології збору даних у режимі реального часу займають центральне місце в ініціативах та перевагах «розумного» міста, покращенні міського планування, якості послуг та умов життєдіяльності мешканців. Крім того, процеси в «розумних» містах можуть стати двигуном гармонізації їх розвитку, оскільки інфраструктура та інновації сприяють цьому.

Класифікаційні ознаки та структурна модель «розумних» міст.

Міністерство транспорту США визначило характерні ознаки розумних міст і громад [24]: 1) мережі та датчики, які збирають й інтегрують дані, що можуть бути використані для організації і розвитку міських структур; 2) підключення і зв'язок влади, взаємодія, контроль і керування міською інфраструктурою; 3) відкриті дані та регулярне комунікування з громадськістю. Технологічна та керована даними діяльність щодо покращення міського середовища сягає 1960-

х років, коли в Лос-Анджелесі збирали дані та використовували комп'ютерні програми для виявлення бідних районів, які потребували «оздоровлення».

Інформаційно-комунікаційні технології підвищують ефективність і стійкість міст, охоплюючи збір, зберігання, пошук, обробку, відображення, подання, організацію, управління, безпеку, передачу та обмін даними й інформацією. Вони включають *інтернет речей*, який відноситься до мережі пристроїв, транспортних засобів, датчиків, приладів та інших матеріальних речей і об'єктів, а також програмне забезпечення й мережеве підключення, що дозволяє збирати й обмінюватися даними. Ці пристрої трактуються як «розумні об'єкти», у т.ч. і «розумні будинки» (технології, вбудовані в системи, бездротове підключення тощо). Використання технологій для виконання завдань з мінімальним втручанням людини допомагає містам краще реагувати на дані в режимі реального часу пристроями (інтернету речей), сприяючи комфортності, енергоефективності й екологічності функціонування міста.

Штучний інтелект поєднує в собі комп'ютерні науки та набори даних для вирішення проблем і машинного навчання, ефективного управління міською інфраструктурою, зокрема, громадською безпекою, аналізуючи дані з камер відеоспостереження та підключених пристроїв для виявлення порушень. Виділяються системи розумної енергії, розумної інфраструктури. Наріжним каменем «розумного» містобудування є розумний транспорт, зокрема, геолокація допомагає покращити систему громадського транспорту, зменшити затори на дорогах та шкідливі викиди, покращуючи якість життя для мешканців міста як пасажирів. Технології розумних транспортних систем дозволяють передбачити недоліки у використанні транспортних засобів, забезпечують ефективність роботи паркувальних систем (доступність паркувальних місць і інформованість автомобілістів), ефективне управління дорожнім рухом на основі штучного інтелекту. Програмне забезпечення й аналітичні інструменти дозволяють виявляти закономірності та прогнозувати майбутнє споживання ресурсів, узгоджувати потреби споживачів, підтримувати інтеграцію систем і технологій, продовжувати термін дії та оптимізувати ефективність системних активів, зменшити споживання невідновлюваних ресурсів, покращуючи стан охорони здоров'я, безпеки та навколишнього середовища.

Розумна інфраструктура включає розумні підходи до систем соціальних і комунальних послуг, а розумні технології й штучний інтелект допомагають керувати цими мережами. Зібрані з допомогою датчиків і підключених пристроїв дані допомагають виявляти й вирішувати проблеми, пов'язані з інфраструктурними активами, підвищувати ефективність та якість життя місцевих мешканців.

При структуруванні та класифікації розумних міст, визначенні критеріїв оцінки їх «розумності» важливими є інформаційні джерела, які використовують міста. Вони, змагаючись за позиції в різних рейтингах, впроваджують різноманітні рішення для розумних міст (центри світової торгівлі, такі як Нью-Йорк і Сінгапур); зарядні станції для електромобілів стають повсюдними, а моніторинг якості повітря з допомогою сенсорних мереж підтримує міські ініціативи щодо покращення якості повітря, а також надає цінну інформацію медичним працівникам [16]. Урбаністи, громадські організації та корпорації представляють ідеї та рішення на глобальних заходах, зокрема, на щорічному всесвітньому конгресі Smart City Expo [25].

II. «Розумне» місто через призму нематеріального та його модель. Розглядаючи «розум» та «розумні» міста, ми долучаємо до цієї дискусії погляд на можливість нематеріального в цьому контексті. Розумні міста є символом двох концепцій, що зближуються, — нової урбаністики та політики сталого розвитку. «Розумність» міст у цьому контексті ототожнюється з низкою припущень і практик, які поєднують інтегровані найновіші технології й нематеріальне для підвищення соціально-еколого-економічної ефективності міст і їх підсистем. Ключовим при цьому є припущення, що через нематеріальне можна краще зрозуміти, впроваджувати, контролювати та моделювати «розумність» міст, сприяти підвищенню обґрунтованості рішень організації та просторового розвитку урбанізованих систем.

Традиційне трактування «розумного» міста включає наративи:

- зосередження на кількісних даних та інформаційних технологіях, що є методологічно обмеженим щодо «розуму» міст. Прихильники такого трактування, надаючи перевагу раціоналізму й матеріалістичному розумінню цього феномену, ігнорують важливі аспекти «розумності» й «розуму» як важливі сутності процесів і соціальних практик;
- захоплення технологічними аспектами «розумності» міст відволікає увагу від потреб «налаштування» міста на реальні процеси, події і явища життєдіяльності та зосереджується на поверхневих змінах, недооцінюючи глибоко вкорінені інфраструктурні й культурні наративи і завдання щодо проблем міст, які потрібно вирішити;
- спрощеного трактування громадськості в «розумному» місті, як пасивного приймача інформації та користувача.

Ми вважаємо, що «нематеріальне» й «розумне» повинні бути інтегрованими і системними, прозорими та охоплювати широкий спектр і глибоке розуміння процесів і змін, необхідних для досягнення сталості. Розгляд *«розумного» міста через категорію нематеріального* охоплює такі ключові параметри та характеристики: 1) соціальності (орієнтованість на громадянина й громади);

2) інформативності (прийняття рішень на основі великих баз нових даних у реальному часі); 3) сталості (сталого розвитку й екологічності); 4) креативності (інновацій та нових систем і форм діяльності); 5) співробітництва (співпраця всіх учасників процесів у містах); 6) життєстійкості (адаптивність і відпірність до агресії); 7) управління.

Існує два основних підходи у практиці формування і розвитку розумних міст: перший – нові розумні міста, які будуються з нуля та які прагнуть стати «суперплатформою», що об'єднує всі складові міських структур і технологій у рамках інформаційно-комп'ютерних платформ; другий – часткової модернізації сформованих міст (Нью-Йорк, Амстердам тощо). Ч. Алексопулос зі співавторами, здійснюючи категоризацію ініціатив розумних міст [6], виділяє ряд осей (вимірів) розумного міста. Ключовими тут є: розумне місто, розумні люди, розумне управління, розумне життя, розумне середовище, розумна мобільність, розумна економіка. Місто складається з людей, промисловості, інфраструктури, освіти, соціальних послуг та уряду. Вони роблять цінний внесок у національну економіку та стали важливими центрами нематеріального – освіти, охорони здоров'я, розваг, науки, цінностей і управління. Міста ростуть і трансформуються, щоб відповідати новим ролям і вимогам, – там, де їх розвиток відстає від вимог і очікувань, відбуваються перекоси та посилення міського хаосу. А. Бодіні, К. Бондаваллі та С. Алесіна визначили місто як складну екосистему, яка залежить від природних систем, тому важливо розглядати розвиток як природного, так і міського середовища [10]. Ми розкриваємо сутність «розумного» міста через категорії нематеріального та багатовимірності міського простору.

Нематеріальна сутність міста найкраще проявляється і надається для дослідження в контексті п'ятивимірності його простору (людина – функції – умови – геометрія – час), а також дво-, три-, чотири-, п'ятивимірних взаємодій між ними [2, с. 50–57]. Кожен із вимірів включає нематеріальні характеристики, що впливають на прийняття містобудівних рішень та дають можливість аналізувати взаємодії вимірів простору і їх узгодженість, у т.ч. для розкриття й розвитку «розумності» міст.

У людському вимірі (L) виділимо нематеріальні складові «якості» населення: духовність, культура, потреби, цінності, соціальна відповідальність і людський потенціал. Значна частина потреб, які властиві кожній людині чи суспільній групі, є нематеріальними за суттю. У функціональному вимірі (F) розрізняють внутрішні й зовнішні функції, а також функції узгодження: внутрішні функції стосуються наявності об'єктів для задоволення потреб його мешканців; зовнішні пов'язані з профільними функціями та роллю міста в надсистемі; функції узгодження є перш за все нематеріальними і відносяться до управління й координації процесів і

відносин. *Вимір умов (U)* характеризує наявні ресурси життєдіяльності й розвитку: природні, фінансові, політико-правові умови та якість природних ресурсів і естетику краєвидів, а також резерви, обмеження і вимоги щодо діяльності й забудови. *Геометричний вимір (G)* характеризується геополітичним положенням, розташуванням елементів у системі, конфігурацією, структурою розпланування, відносинами з надсистемою. *Часовий вимір (T)* враховує історичне минуле, сучасність і перспективи розвитку, а нематеріальне міститься в історичних характеристиках об'єктів та термінами їх функціонування, станом і якістю середовища тощо.

Подвійні взаємодії нематеріальних характеристик вимірів відображено у таблиці 1.

Таблиця 1.

Подвійні взаємодії вимірів простору держави. Нематеріальні характеристики.

Чинники	Людина L	Функція F	Умови U	Геометрія G	Час T
Людина L	духовність; культура; суспільний потенціал	діяльність; гуманітарна політика; інформаційна політика; доступність послуг	рівень життя; екологічна безпека; криміногенна безпека	просторова структура; відносини населення; мережі в системі зв'язків	часові пріоритети; динаміка процесів; перспективи суспільного розвитку
Функція F	трудомісткість функцій; зайнятість населення; спроможність населення	ефективність діяльності; підтримка ініціатив; зовнішні зв'язки	конкурененто-спроможність; привабливість; технологічні умови	структура території; освоєність земель; структура площ	розвиток діяльності; розвиток інфраструктури; продуктивність процесів
Умови U	умови проживання; соціальна згуртованість; політико-правові умови	просторовий потенціал; технологічна залежність; вплив на довкілля	якість природних умов; просторові резерви; вимоги та обмеження	заповідні території рекреаційні зони; забруднені ділянки	динаміка умов; інтенсивність споживання; відновлення ресурсів
Геометрія G	освоєність; масштаб; розташування	протяжність сполучень; щільність мереж; структура мереж	фронтір; території особливого режиму; розподіл умов	форми; розпланування; зв'язки з надсистемою; розміри	динаміка процесів; розвиток мереж; динаміка просторових змін
Час T	соціальна стабільність; соціальна структура; міграції	стабільність; динаміка функцій; сезонність	стабільність умов; збереженість середовища; зміна екологічної ситуації	просторова стабільність; розвиток інфраструктури; зміна структури мереж	стан середовища; історичний потенціал; динаміка просторового розвитку

Стисло охарактеризуємо три-, чотири- та п'ятивимірні поєднання нематеріальних складових простору міст. *Потрійні поєднання вимірів* розширюють можливості аналізу просторових ситуацій та процесів. Оскільки саме людська діяльність найчастіше є причиною як просторових ефектів, так і проблемних ситуацій, розглянемо потрійні поєднання, де одним із вимірів виступає людина. *Взаємодія вимірів L-F-U* характеризує умови й ресурси забезпечення потреб людей, ефективність використання потенціалу, а також сумісність процесів і умов, безпечність життєдіяльності. Важливими є вимоги ефективного використання місцевих умов; корисності діяльності та її шкідливих наслідків; соціальної сумісності. *Поєднання векторів L-U-G* окреслює характеристики стану умов, людських і ресурсних можливостей щодо забезпечення потреб населення. Це поєднання вимірів характеризує умови проживання людей у певних зонах, переміщення людей, транзитність території та потоки. Узгодження цих поєднань є умовою життєдіяльності людей у певних зонах, вдосконалення інфраструктури перевезень та використання нематеріального потенціалу, а отже, і підвищення «розумності» міст. *Взаємодія L-U-T* розкриває вплив людини на зміну просторових умов у часі. Її можна характеризувати показниками екологічності використання й відновлення потенціалу, динамікою умов життєдіяльності. Необхідно забезпечити збалансоване використання й відновлення нематеріального потенціалу; контрольованість змін умов життєдіяльності; стабільність умов для інвестування як умови «розумності» міст.

Чотиривимірні поєднання передбачають фіксацію одного з вимірів п'ятивимірного простору. Повнота нематеріальних характеристик простору проявляється в їх п'ятивимірності – реалізуються «розумові» властивості міст, включаючи корисність, комфортність та екологічність простору.

III. Модель просторового розвитку міст на вимогах «розумності» передбачає їх просторовий розвиток на основі нових ідей і знань, які визначають пріоритет нових цінностей, інновацій і новітніх технологій: 1) фіксацію й аналіз просторової ситуації, виявлення суперечностей і невідповідностей; 2) формування певного «ідеалу» гармонійності системи (міста) як мети її розвитку; 3) використання нематеріальних характеристик, які в нових умовах стають вирішальними для обґрунтування майбутнього міст; 4) обґрунтування шляхів усунення суперечностей і невідповідностей для досягнення мети. Результат досягається шляхом використання нематеріального потенціалу, підвищення наукоємності й знань в організації і розвитку міст. Модель поширюється на різні міста та їх складові. Йдеться про побудову множини моделей, які розкривають різні грані просторової реальності. Індекс «розумності» міста стає спорідненим з індексами людського розвитку, що суттєво його доповнює, скажімо,

використанням нематеріального потенціалу та якісних характеристик людського виміру.

Модель розвитку «розумних» міст з урахуванням нематеріальної сутності її основних вимірів базується на положеннях і використанні:

- знань, які є центральною ланкою «розумного» міста та обумовлюють перспективи розвитку й оновлення їх основних підсистем;
- екологічної орієнтованості рішень, що базуються на даних у режимі реального часу, в т.ч. нематеріальних характеристик;
- мобільності (кінетичності) урбаністичної сфери, яка спрямована на зменшення проблем переміщень та надання якісних і екологічно чистих комунікаційних послуг;
- інтеграції нових технологій в процеси та відносини з усіма зацікавленими сторонами, насамперед із владою («розумне місто» та «розумний уряд» часто вживаються як синоніми);
- безпеки як одної з вимог до розумних міст, яка включає системи інтелектуального спостереження, захисту громадян та безпеки через участь громад і використання даних у реальному часі та наданні їх мешканцям;
- розумної діяльності та її пов'язаності з інвестиційною привабливістю та конкурентоспроможністю (інновації, підприємливість, нематеріальні активи, продуктивність і гнучкість ринку праці, інтеграція та використання інформаційних технологій у виробничих процесах);
- синергії та зосередженості на співпраці (зв'язках і відносинах) зацікавлених сторін у створенні й використанні нематеріального потенціалу для покращення якості життя громадян та захисту середовища (серед іншого – застосування інтелектуальних датчиків та домашнього сервісу розумних мереж);
- інтелектуалізацією рішень утилізації відходів у домогосподарствах, комерційних будівлях і громадських місцях;
- технологій здорового міста, які найтісніше пов'язані з концепцією розумного життя, включають тривалість життя, якість систем, програм і технологій, охорони здоров'я, розумні системи догляду та дистанційного моніторингу хворих, літніх та людей із обмеженими можливостями;
- культури та туризму — ідей розумного туризму й розумної інтеграції нових технологій у рекреаційну інфраструктуру для підвищення якості й духовного комфорту життя мешканців.

Орієнтованість на громадян і громади означає, що «розумні» міста проектуються і розвиваються з урахуванням потреб та уподобань громадян, включаючи громадські ініціативи щодо якості простору життя й діяльності, а не

лише зосередження на інфраструктурі й технологіях. *Інформативність* означає, що міста використовують нові дані та аналітику для обґрунтування рішень щодо просторової організації й розвитку, в т.ч. якісні характеристики. *Сталість* означає, що міста віддають пріоритет екологічній політиці та екологічно чистим практикам — відновлювані джерела енергії, зелені насадження, нові варіанти мобільності тощо. *Креативність* означає, що розумні міста мають заохочувати та підтримувати інноваційні ідеї, які сприяють усуненню невідповідностей та вирішенню існуючих проблем, покращують якість життя. *Співробітництво і синергія* означають співпрацю громадян, бізнесу та інших зацікавлених сторін для спільного формулювання рішень і їх прийняття на основі постійного моніторингу ситуацій у місті. *Життєстійкість* означає здатність міст адаптуватися та відновлюватися після критичних подій і криз, стихійних лих чи соціальних потрясінь — активного реагування на надзвичайні ситуації, використання даних і аналітики для визначення потреб та ефективного розподілу потенціалу на цілі відновлення й життєзабезпечення.

Запропонована структуризація й класифікація «розумності» міст на критеріях нематеріального розширює погляд на цю сферу, визначаючи нові категорії з точки зору нематеріальної сутності, а їх застосування до різних секторів сприяє новим розумним ініціативам, збирає й класифікує дії, процеси і поведінку міст на підтримку їх «розумності». Культурні аспекти, людська поведінка, цінності та соціальна ідентичність вимагають більшої уваги в рамках феномену розумного міста як його важливих характеристик. Сучасний дискурс про розумні міста, «одержимий» інформаційно-технологічними можливостями та їх розвитком, зводить міста до одновимірної бізнес-моделі та низки кількісних метрик. Для того, щоб термін «розумне місто» мав методологічну цінність, вони повинні скеровуватися на розвиток унікальності, цінностей, ідентичності та якості життя в місті як сьогодні, так і в майбутньому.

Висновки

Увага до нематеріальних контекстів у концепції «розумних» міст може допомогти в обґрунтуванні нових наукових підходів та методології дослідження і розвитку урбанізованих систем. Ідея розумного міста неоднозначна та має різні трактування. В науці досліджуються різні уявлення про розумний урбанізм, але нематеріальна сутність їх «розуму» – місце людини (громадян), її нематеріальних потреб і прагнень, розглядається формально.

У статті досліджується нематеріальна сутність та здійснюється позиціонування нематеріального в уявленнях про розумне місто. У більшості дискурсів апріорі допускають, що проекти розумних міст ведуть до покращення життя громадян. Однак така позиція неоднозначна – розумне не завжди означає краще. Бачення «розуму» міст через їх нематеріальну сутність розкриває нові

перспективи, коли життя громадян буде підтримуватись новими технологіями, сприятиме їх свободі, розкриттю креативності та духовним цінностям.

«Розумне» місто є ефективним поглядом у дискурсах про міський розвиток. Прогнозувати процеси, поведінку і життя означає «бачення» міста, в якому ми будемо жити в майбутньому. Підхід нематеріального в розумі є ефективним для довгострокових рішень щодо розвитку міст завдяки їх цілеспрямованому характеру та зорієнтованості на вирішення проблем. Це корисно також при вирішенні складних проблем і переходів які можуть бути з огляду на широкий обсяг інформації і тривалий часовий горизонт, що розглядається при моделюванні їх майбутнього.

Використана література

1. Вибрані наукові праці академіка В.І. Вернадського / [уклад.: Л.С. Лисюк та ін. ; редкол.: С.В. Волков (голова) та ін.]; ред. рада: Б.Є. Патон (голова) та ін. – К.: НАН України, 2012. – Т. 3. – 507 с.
2. Габрель М.М. Просторова організація містобудівних систем: моногр. / М.М. Габрель; НАН України, Ін-т регіональних досліджень НАН України. – К.: Видавничий дім А.С.С, 2004. – 400 с.
3. Джейкобс Дж. Смерть і життя великих американських міст / [пер.: М. Савюк, М. Шевцова]. – К.: CANactions, 2021. – 480 с.
4. Лозинський Р. Концепція розумного міста в Польщі та Україні: інструменти реалізації, проблеми та успіхи міст / Лозинський Р., Пантилий В., Савицька А. // *Bulletin of Geography. Socio-economic Series.* – 2021. – № 52. – С. 95–109.
5. Назаров Ю. Три кроки до smart city, або З чого почати цифровізацію свого міста / Ю. Назаров // Київвлада. Територія розуму. – 2021. – 18 лютого. <https://kievvlast.com.ua/mind/tri-kroki-do-smart-city-abo-z-chogo-pochati-tsifrovizatsiyu-svogo-mista>.
6. Alexopoulos Ch. A Taxonomy of Smart Cities Initiatives / Alexopoulos Ch., Pereira G.V., Charalabidis Y., Madrid L. // ICEGOV'19: International Conference. – 2019, February 20-22. – Melbourne, Australia. https://www.researchgate.net/publication/333231733_A_Taxonomy_of_Smart_Cities_Initiatives.
7. Allmendinger P. *Planning Theory* / P. Allmendinger. – Hampshire: Palgrave, 2002. – 346 p.
8. Angelidou M. Smart Cities: A Conjunction of Four Forces / M. Angelidou // *Cities.* – 2015. – № 47. – Pp. 95–106.
9. Batty M. *Inventing Future Cities* / Michael Batty. – Cambridge, MA: The MIT Press, 2018. – 282 p.

10. Bodini A. Cities as ecosystems: growth, development and implications for sustainable development / Bodini A., Bondavalli C., Allesina S. // *Ecological Modelling*. – 2012. – Vol. 245. – Pp. 185–198.
11. Budali I. Smart Parking Reservation System Based on Distributed Multicriteria Approach / I. Budali, M.B.Ouada // *Applied artificial intelligence. International Journal*. – 2017. – Vol. 31, is. 5–6. – Pp. 518–537.
12. Cowley R. The smart city and its publics: Insights from across six UK cities / Cowley R., Joss S., Dayot Y. // *Urban Research & Practice*. – 2018. – Vol. 18(1). – Pp. 53–77.
13. Dixon T. Smart and sustainable?: The future of the "future bridge" / T. Dixon. – [in:] *Sustainable futures in the built environment to 2050: An envisioned approach to construction and development* / Dixon T., Connaughton D., Green S. (Eds.). – Oxford: Wiley-Blackwell, 2018. – Pp. 94–116.
14. Giffinger R. Smart cities – Ranking of European medium-sized cities / Giffinger R., Fertner C., Kramar H., Kalasek R., Pichler-Milanovic N., Meijers E. // *Smart Cities. Centre of Regional Science: Vienna, Austria, 2007*. https://www.researchgate.net/publication/261367640_Smart_cities_-_Ranking_of_European_medium-sized_cities .
15. Grossi G. Smart cities: Utopia or neoliberal ideology? / G.Grossi, D.Pianetzi // *Cities*. – 2017, September. – № 69. – Pp. 79–85.
16. Huang G. Factors affecting the sustainability of smart city services in China: from the perspective of citizens' perceived benefits / Huang G., Li D., Yu L., Yang D., Wang Y. // *Habitat International*. – 2022, october. – Vol. 128. <https://pure.tue.nl/ws/files/305739058/1-s2.0-S0197397522001424-main.pdf>.
17. Joss S. Smart city as a global discourse: storylines and critical moments in 27 cities / Joss S., Sengers F., Shraven D., Caproti F., Dyot J. // *Journal of Urban Technology*. – 2019. – Vol. 26, is. 1. – Pp. 3–34.
18. Kitchin R. The real-time city? Big data and smart urbanism / Rob Kitchin // *GeoJournal*. – 2014. – Vol. 79, is. 1. – Pp. 1–14.
19. Lombardi P. Modelling the Smart City Performance. Innovation / Lombardi P., Giordano S., Farouh H., Yousef W. // *The European Journal of Social Science Research*. – 2012. – Vol. 25, is. 2. – Pp. 137–149.
20. Morello R. Advances on Sensing Technologies for Smart Cities and Power Grids / Morello R., Mukhopadhyay S.C., Liu Zh., Slomovitz D. // *IEEE Sensors Journal*. – 2017. – № 99. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8000575>.
21. Mumford L. Utopia, the City and the Machine / L. Mumford // *Daedalus*. – 1965. – Pp. 271–295.
22. Nikolaeva A. Smart Cities and (Smart) Cycling: Exploring the Synergies in Copenhagen and Amsterdam / Anna Nikolaeva // *Journal of Urban*

Technology. – 2024.

<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10630732.2024.2322007>.

23. Shelton T. The ‘actually existing smart city’ / Shelton T., Zook M., Wiig A. // *Economy and Society*. – 2015. – № 8(1). – Pp. 13–25.

24. Smart City Challenge / U.S. Department of Transportation. – Washington, 2015. <https://www.transportation.gov/policy-initiatives/smartcity/smart-city-challenge-lessons-building-cities-future>.

25. Smart City Expo World Congress [07.11.2023–09.11.2023]. – Barcelona, 2023. <https://www.vttresearch.com/en/news-and-ideas/smart-city-expo-barcelona-2023>.

26. Washburn D. Helping CIOs Understand «Smart City» Initiatives: Defining the Smart City, Its Drivers, and the Role of the CIO / Washburn D., Sindhu U., Balaouras S., Dines R.A., Hayes N.M., Nelson L.E. – Cambridge, MA: Forrester Research, Inc. 2010.

http://public.dhe.ibm.com/partnerworld/pub/smb/smarterplanet/forr_help_cios_und_smart_city_initiatives.pdf.

Doctor of Science, Professor **Mykola Habrel**,
Lviv Polytechnic National University, Ukraine,
Doctor of Science, Professor **Mykhailo Kosmii**,
Ph.D, Associate Professor **Mykhailo Habrel**,
University of King Danylo, Ivano-Frankivsk, Ukraine

INTANGIBLE CONTEXTS IN THE CONCEPT OF A SMART CITY

The expansion of discussions about smart cities, which are currently ‘obsessed’ with information technology capabilities, and the underestimation of cultural aspects, human behaviour, values and social identity, requires the study of urban development to shift from a one-dimensional business model and a number of material metrics to the city as a hyper-complex system. According to the authors, for the concept of smart cities to have methodological value, research and organisation of their life should be aimed at developing uniqueness, spiritual identity, and improving the quality of life both today and in the future. The proposed approach to the development of smart cities, taking into account the intangible nature of their main dimensions, is based on the provisions and use of: 1) knowledge, which is the central link of a smart city and determines the prospects for the development and renewal of their main subsystems; 2) sustainability and environmental orientation of decisions based on real-time data on specific, including intangible, characteristics; 3) mobility (kineticity) of the urban sphere, which is aimed at reducing the problems of

movement and providing high-quality and environmentally friendly communication services; 4) integration of new technologies into operations, functions, processes and relations with all interested parties, primarily with the authorities ("smart city" and "smart government" are often used as synonyms); 5) security, which includes systems of intelligent surveillance and protection of citizens from threats, resistance to security violations through the participation of communities and the use of data in real time and their provision to relevant services and residents; 6) smart activity and its connection with competitiveness (innovation, entrepreneurship, intangible assets, productivity and flexibility of the labor market, integration and use of information technologies); 7) focus on cooperation (connections and relations) of interested parties, creation and use of intangible potential to improve the quality of life of citizens and protect the environment (among other things, the use of intelligent sensors, home service of smart networks); 8) intellectualization of waste disposal solutions in households, commercial buildings and public places; 9) healthy city technologies, which are most closely related to the concept of smart life, include life expectancy, quality of health care systems, health programs and technologies, smart care systems and remote monitoring of sick and elderly patients, etc.; 10) culture and tourism — ideas of smart tourism and smart integration of new technologies into the recreational infrastructure to improve the quality and spiritual comfort of life and recreation of the population. Attention to immateriality in the context of "smart" cities will contribute to the justification of new scientific approaches and practical solutions for the harmonization and development of urbanized systems.

Keywords: "smart" city; the concept of a "smart" city; the city as a hyper-complex system; intangible essence of the city; model of spatial development of urbanized systems based on the requirements of "reasonableness".

REFERENCES

1. Selected scientific works of academician Vernadsky (2012). National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv. {in Ukrainian}.
2. Habrel M.M. (2004). Spatial organisation of urban planning systems. A.S.S Publishing House, Kyiv. {in Ukrainian}.
3. Jacobs J. (2021). The death and life of great American cities. CANactions, Kyiv. {in Ukrainian}
4. Lozynski R., Pantylili V., Savytska A. (2021). The concept of a smart city in Poland and Ukraine: implementation tools, problems and successes of cities. Bulletin of Geography. Socio-economic Series, 52:95–109. {in English}.
5. Nazarov Y. (2021). Three steps to a smart city, or How to start digitalising your city. Kyiv authorities. Territory of the mind. <https://kievvlast.com.ua/mind/tri-kroki-do-smart-city-abo-z-chogo-pochati-tsifrovizatsiyu-svogo-mista>. {in Ukrainian}.

6. Alexopoulos Ch., Pereira G.V., Charalabidis Y., Madrid L. (2019). A Taxonomy of Smart Cities Initiatives. ICEGOV'19: International Conference, Melbourne, Australia.
https://www.researchgate.net/publication/333231733_A_Taxonomy_of_Smart_Cities_Initiatives {in English}.
7. Allmendinger P. (2002). Planning Theory. Palgrave, Hampshire. {in English}.
8. Angelidou M. (2015). Smart Cities: A Conjunction of Four Forces. *Cities*, 47:95–106. {in English}.
9. Batty M. (2018). Inventing Future Cities. The MIT Press, Cambridge, MA. {in English}.
10. Bodini A., Bondavalli C., Allesina S. (2012). Cities as ecosystems: growth, development and implications for sustainable development. *Ecological Modelling*, 245:185–198. {in English}.
11. Budali I., Ouada M.B. (2017). Smart Parking Reservation System Based on Distributed Multicriteria Approach. *Applied artificial intelligence. International Journal*, 31(5–6):518–537. {in English}.
12. Cowley R., Joss S., Dayot Y. (2018). The smart city and its publics: Insights from across six UK cities. *Urban Research & Practice*, 18(1): 53–77. {in English}.
13. Dixon T. (2018). Smart and sustainable?: The future of the "future bridge". [In:] *Sustainable futures in the built environment to 2050: An envisioned approach to construction and development*. Wiley-Blackwell, Oxford, 94–116. {in English}.
14. Giffinger R., Fertner C., Kramar H., Kalasek R., Pichler-Milanovic N., Meijers E. (2007). Smart cities – Ranking of European medium-sized cities. Smart Cities. Centre of Regional Science: Vienna, Austria. https://www.researchgate.net/publication/261367640_Smart_cities_-_Ranking_of_European_medium-sized_cities. {in English}.
15. Grossi G., Pianetzi D. (2017). Smart cities: Utopia or neoliberal ideology? *Cities*, 69:79–85. {in English}.
16. Huang G., Li D., Yu L., Yang D., Wang Y. (2022). Factors affecting the sustainability of smart city services in China: from the perspective of citizens' perceived benefits. *Habitat International*, 128. <https://pure.tue.nl/ws/files/305739058/1-s2.0-S0197397522001424-main.pdf>. {in English}.
17. Joss S., Sengers F., Shraven D., Caproti F., Dyot J. (2019). Smart city as a global discourse: storylines and critical moments in 27 cities. *Journal of Urban Technology*, 26 (1):3–34. {in English}.

18. Kitchin R. (2014). The real-time city? Big data and smart urbanism. *GeoJournal*, 79 (1):1–14. {in English}.
19. Lombardi P., Giordano S., Farouh H., Yousef W. (2012). Modelling the Smart City Performance. *Innovation. The European Journal of Social Science Research*, 25(2):137–149. {in English}.
20. Morello R., Mukhopadhyay S.C., Liu Zh., Slomovitz D. (2017). Advances on Sensing Technologies for Smart Cities and Power Grids. *IEEE Sensors Journal*, 99. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8000575> {in English}.
21. Mumford L. (1965). Utopia, the City and the Machine. *Daedalus*, 271–295. {in English}.
22. Nikolaeva A. (2024). Smart Cities and (Smart) Cycling: Exploring the Synergies in Copenhagen and Amsterdam. *Journal of Urban Technology*. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10630732.2024.2322007> {in English}.
23. Shelton T., Zook M., Wiig A. (2015). The ‘actually existing smart city’. *Economy and Society*, 8(1):13–25. {in English}.
24. Smart City Challenge (2015). U.S. Department of Transportation. Washington. <https://www.transportation.gov/policy-initiatives/smartcity/smart-city-challenge-lessons-building-cities-future> {in English}.
25. Smart City Expo World Congress (2023). Barcelona. <https://www.vtresearch.com/en/news-and-ideas/smart-city-expo-barcelona-2023> {in English}.
26. Washburn D., Sindhu U., Balaouras S., Dines R.A., Hayes N.M., Nelson L.E. (2010). Helping CIOs Understand «Smart City» Initiatives: Defining the Smart City, Its Drivers, and the Role of the CIO. Forrester Research, Inc. Cambridge, MA: Forrester Research, Inc. 2010. http://public.dhe.ibm.com/partnerworld/pub/smb/smarterplanet/forr_help_cios_und_smart_city_initiatives.pdf {in English}.

DOI: 10.32347/2076-815x.2024.86.261-271

УДК 69.059.7:624.05

PhD Дружинін М.А.,

druzhynin.ma @knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0003-1821-1968,

PhD Малихін М.О.,

malykhin.mo @knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-9721-2733,

Кацюба І.Р., katsiuba. ir@knuba.edu.ua, ORCID: ,

Кирик Я.Я., kirik. yu@knuba.edu.ua, ORCID: ,

Степанюк Р.Б.,

stepaniuk. rb@knuba.edu.ua, ORCID: 0009-0001-5945-8468,

Київський національний університет будівництва і архітектури

ІНТЕГРАЦІЯ ПРИКЛАДНИХ МОДУЛІВ IPD ДО СКЛАДУ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ІНСТРУМЕНТІВ УПРАВЛІННЯ БУДІВНИЦТВОМ

Сучасні будівельні проєкти характеризуються складними багатофункціональними зв'язками, що вимагає опрацювання великої кількості інформації. Основним завданням інноваційного розвитку будівельного девелопменту є створення конкурентних переваг у стратегічній перспективі, які формують безпечне і комфортне середовище для життя людини, що відповідає високим світовим стандартам якості, забезпечуючи сталий соціально-економічний розвиток будівельної галузі країни. *Integrated Project Delivery (IPD)* є цілком новою ідеєю, що ґрунтується на технології *Building Information Modeling (BIM)*. Основна ідея полягає в тісній співпраці між інвестором, проєктантом і виконавцями будівельного проєкту. Досягнення конкурентних переваг має ґрунтуватися на інноваційному переозброєнні будівельної галузі, формуванні інноваційних компетенцій, інжинірингових схем управління життєвим циклом будівельних об'єктів, застосуванні інформаційних технологій для підвищення продуктивності, зниження енергоємності, матеріалоємності та собівартості будівельної продукції. У статті проаналізовано переваги застосування інформаційного моделювання та методу інтегрованої реалізації проєкту в будівництві. Розроблено математичну модель вибору оптимальної мережевої організаційної структури проєкту. Визначено основні чинники, що впливають на синергетичний ефект реалізації будівельного проєкту (витрати на внесення змін у проєкт, збільшення часу реалізації, трансакційні та експлуатаційні витрати). Побудовано та перевірено на практиці економіко-математичну модель оцінки синергетичного ефекту від спільного впровадження інтегрованої реалізації будівельного проєкту та

інформаційного моделювання. Розроблено імітаційну модель для комплексного дослідження та оптимізації комунікаційної мережі учасників реалізації будівельного проєкту. Отримані результати дозволять топ-менеджменту підрядних підприємств здійснювати ефективний моніторинг, структурування та маневрування активами в операційній діяльності, обґрунтувати економічну стратегію та параметри виробничого господарського портфеля будівельних підприємств.

Ключові слова: організація будівництва; інформаційне моделювання в будівництві; інтегрована реалізація будівельних проєктів; будівельний проєкт.

Постановка проблеми. З кінця 1960-х років у будівельній галузі спостерігається різке зниження продуктивності та результатів проєктів. Основною причиною цього зниження є те, що переважна більшість проєктів реалізується із запізненням та перевищенням бюджету.

Інтегрована реалізація проєктів (Integrated Project Delivery (IPD)) є важливою складовою Інституту ощадливого будівництва (Lean Construction Institute). Метою IPD є створення кращої системи співпраці та комунікації між різними сторонами, залученими до будівельного проєкту, від власника до проєктувальника і будівельника, а також усіх залучених підрядників і постачальників. Цей метод відрізняється від традиційної моделі реалізації проєкту «проєктування-торги-будівництво», в якій власник проєкту укладає окремі контракти з кожною стороною і виступає в ролі посередника для проєктних і будівельних команд.

Вибір оптимальної мережевої структури для будівельного проєкту залежить від складності, унікальності, термінів реалізації, наявних ресурсів, ризиків тощо. Сучасні проєкти часто передбачають поєднання різних типів мережевих структур. Для оновлення процесів організації будівництва позиціонований метод пропонує розглядати інвестиційний цикл будівельного проєкту як специфічну операційну систему. В якості провідної складовою переробчої підсистеми такої системи метод розглядає організацію, якій надано інвестором функції підготовки (та/або) впровадження проєкту, тобто виконання переважної більшості завдань передінвестиційної та інвестиційної фаз проєктного циклу.

Щільність мережевої взаємодії учасників будівельного проєкту є важливим показником, що дозволяє встановити відповідність між типами мережевої структури. Щільність мережі визначається як частка фактичних зв'язків між учасниками проєкту від максимально можливої кількості зв'язків. У рамках будівельного проєкту можна виділити такі основні типи мережевих організаційних структур та їх характеристики:

1. Лінійна мережева структура:

- Проста, ієрархічна структура управління
- Чіткий розподіл функцій та відповідальності
- Повільна реакція на зміни
- Ефективна для стандартизованих, рутинних операцій

2. Матрична мережева структура:

- Поєднання лінійної та функціональної структур
- Двовимірна система управління (за проектами та функціями)
- Гнучкість, можливість швидко перерозподіляти ресурси
- Ускладнена система управління, необхідність узгодження рішень

3. Проектна мережева структура:

- Орієнтована на конкретний проєкт
- Тимчасові спеціалізовані підрозділи для реалізації проєкту
- Максимальна гнучкість, оперативність прийняття рішень
- Складність координації діяльності між проєктними групами

4. Адаптивна мережева структура:

- Динамічна, здатна швидко реагувати на зміни
- Горизонтальні зв'язки, мінімум ієрархічних рівнів
- Високий рівень автономії учасників
- Складність централізованого управління

Таким чином, динаміка показника щільності мережі дозволяє оцінити ефективність взаємодії учасників проєкту, виявити "вузькі" місця та своєчасно вносити корективи в організаційну структуру. Наприклад, для складних унікальних будівельних проєктів найбільш доцільними будуть матрична або проектна мережеві структури з високою щільністю взаємодії, що забезпечить необхідну гнучкість і координацію дій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання необхідності запровадження і розвитку інформаційного моделювання та інтегрованої реалізації проєктів у будівництві досить активно вивчається іноземними вченими, зокрема: Kozlovska M., Sabol L. [2], Smith R.E. [4], Elvin G. [5], Wix J. [6] та ін. В Україні дослідженням проблематики Бушуєв С.Д., Григоровський П.Є, Чуканова Н.П., Горда О.В. [11], Рижаківа Г.М. [12] Приходько Д.О., Поколенко В. О., Петруха Н. М., Чуприна Ю.А., Хоменко О.М. [13], Трач Р.В.

Разом із тим є ще значна частина питань, які потребують наукового обґрунтування та вирішення. До ключових можна віднести: розширення сфери інформації, що зберігається, забезпечення можливості її використання (відповідно до потреб) усіма суб'єктами, які беруть участь в окремих етапах циклу життя будівлі, а також удосконалення співробітництва між ними.

Мета статті полягає у дослідженні впровадження концепції інтегрованої реалізації будівельних проєктів (IPD) для вирішення проблеми зберігання, обміну і використання інформації всіма суб'єктами, які беруть участь на різних етапах циклу життя будівлі, а також удосконалення співробітництва між ними.

Виклад основного матеріалу дослідження. Запровадження концепції інтегрованої реалізації проєкту (IPD) [3], сформульованої Американським Інститутом Архітекторів (AIA) вимагає повного використання знань і здібності всіх суб'єктів, що беруть участь у будівельно-інвестиційному проєкті. Узгоджуючи різні сторони, залучені до проєкту, і забезпечуючи їхню постійну комунікацію протягом усього проєкту, IPD значно підвищує ефективність і усуває відходи в проєктах. У цьому випадку під «відходами» маються на увазі як матеріальні відходи, так і нематеріальні, такі як час очікування, неправильно підібраний персонал і перевиробництво.

Залучення членів проєктної та будівельної команди до спільної роботи протягом усього процесу реалізації проєкту зменшує проблеми, пов'язані з комунікацією. Наприклад, у структурі «проєктування-тендер-будівництво» ви можете виявити, що будівельники в кінцевому підсумку заплуталися в проєктній концепції або вважають її нездійсненною. Якщо подібні проблеми вирішуються на етапі проєктування, ви уникаєте втрат часу та пов'язаних з ними витрат на їх вирішення, а також підвищуєте ефективність проєкту, прагнучи здати його вчасно.

Реляційні контракти - це тип угод, які підписують сторони, що беруть участь у команді IPD. Це пов'язано з довірою до того, що інші команди, які беруть участь у контракті, виконають свою роботу якомога ефективніше, щоб максимізувати прибуток для всіх. Реляційний контракт - це угода, яка регулює довгострокові відносини між двома або більше сторонами. У проєктуванні та будівництві реляційний контракт визначає постійні умови робочих відносин. У міру того, як відносини між учасниками зміцнюються, контракт стає більш ефективним, оскільки сторони, що беруть участь у пакті, довіряють одна одній.

Умови контракту визначають очікування різних груп і те, як їхня участь у проєкті буде перетинатися з часом. Наприклад, якщо будівельна команда необхідна на етапі проєктування, в контракті будуть перераховані їхні обов'язки в цей період.

Реляційна основа відносин співпраці та повністю неієрархічний характер обміну інформацією, пов'язаний з управлінням ланцюгом поставок і кластерними підходами, залучають менші за розміром, але більш цілеспрямовані групи учасників до прийняття рішень.

Щільність також можна використовувати як засіб встановлення відповідності між типами мережі в рамках даного проєкту. Іншими словами,

порівняння мережевих конфігурацій, що включають договірні відносини, з тими, що передбачають обмін інформацією в рамках конкретного прикладу проєкту, є важливим і цінним джерелом інформації та знань. Оскільки щільність розраховується як частка існуючих зв'язків до їх максимально можливої кількості існує логічний аргумент, що більші мережі матимуть нижчу щільність, а ніж менші. Таким чином, показник щільності є обмеженим у застосуванні, коли мережі значно відрізняються за розміром, особливо у контексті функції мережі.

Основоположне значення в теорії мереж має поняття центральність актора. Центральність як концепція була вперше розроблена Бавеласом в 1948 році і надалі є актуальним інструментом для дослідження мережевих організаційних структур. Центральність як концепція є фундаментальною для інтерпретації даних соціальних мереж в роботах Бавеласа (1948) і Лівітта (1951) в Массачусетському технологічному інституті (МІТ). Наслідки центральності в комунікаційній мережі пройшли через кілька етапів інтерпретаційної думки. До кінця 1970-х терміни «центральність» і «влада» розглядалися багатьма спостерігачами як синоніми.

Більшість аналітиків вважали б цілком виправданими оголошувати актора з найвищою центральною позицією (і це часто чітко видно навіть із побіжного погляду на відповідну мережеву діаграму) як актора з найбільшою владою в мережі. Але ці інтерпретації зв'язку між центром і владою ґрунтувалися на вивченні невеликих груп людей у середовищі вирішення проблем. Значна частина діяльності в проєктному середовищі включає групи учасників, які вирішують проблеми або реагують на проблеми того чи іншого роду. Мережі в складних проєктних середовищах, ймовірно, потребують меншого акценту на владі, яку теоретики управління могли б частково прирівняти до лідерства. Мережі виконують складні дії та добре функціонують, коли видатні актори сприяють і забезпечують, наприклад, потоки своєчасної та точної інформації.

Центральне місце певного суб'єкта в мережі є вираженням його важливості та, можливо, влади, залежно від природи вимірюваних відносин. Простіше кажучи, центральність актора означає кількість зв'язків, пов'язаних із цим актором, порівняно із загальною можливою кількістю в контексті цілої мережі. Дослідниками виокремлено три основні групи показників центральності: центральність за ступенем (DegreeCentrality), центральність за близькістю (ClosenessCentrality) та центральність за посередництвом (BetweennessCentrality).

Високе значення даного актора в мережі за ступенем центральності передбачає його високий рівень помітності в мережі обміну інформацією чи іншому типі комунікаційної мережі. Центральність за ступенем показує міру

важливості суб'єкта, який відповідає за широке розповсюдження інформації або за збір інформації від великої кількості інших учасників. Значення центральності за ступенем є високим, якщо даний актор має відносно велику кількість первинних зв'язків. Для неорієнтованого графа ступінь вузлів можна записати в термінах матриці суміжності. Матриця суміжності графа $G = (V, E)$ з кінцевим числом вузлів n - це квадратна матриця A розміру n , в якій значення елементу a_{ij} дорівнює кількості ребер з вузла i до вузла j . Таким чином, центральність вузла i за ступенем можна розрахувати за формулою:

$$Cd(i) = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{n-1} . \quad (1)$$

В направлених мережах вузли мають як вхідний ступінь, так і вихідний ступінь центральності та обидві міри можуть використовуватися для різного роду розрахунків. Вхідний ступінь вузла - це кількість ребер, що входять у вузол, і відповідно, вихідний ступінь - це кількість ребер, які виходять з вузла.

Центральність за посередництвом є мірою, що вказує на індекс потенційного контролю над мережею комунікації. Актори з високими індексами посередництва можуть обмежувати потік інформації в мережі. Це залежить від частоти, з якою даний вузол знаходиться між двома іншими вузлами. Як правило, суб'єкт, який має високе значення центральності за посередництвом, має високий рівень контролю над інформацією, що протікає через нього. Центральність за посередництвом є високою, якщо даний вузол лежить на великій кількості шляхів між іншими учасниками – це показник здатності діяти як «інформаційний міст» між іншими учасниками.

Центральність за посередництвом, являє собою міру того, наскільки через даного учасника мережі пролягають шляхи, що з'єднують інших учасників, тобто наскільки даний учасник мережі опосередковує (виступає посередником) для зв'язків між іншими учасниками. Посередництво учасника визначається як відношення всіх найкоротших шляхів між іншими учасниками до загальної кількості найкоротших шляхів між усіма учасниками мережі. Під найкоротшим шляхом тут розуміється мінімальна кількість зв'язків, що лежать на шляху від одного учасника до іншого. Вважається, що один з учасників мережі може впливати на інших її учасників, підтримуючи, затримуючи або руйнуючи процес передачі інформації. У будь-якому випадку він має потенціал для здійснення подібних дій.

Центральність за посередництвом обчислюється як відношення найкоротших шляхів, що пролягають через даний вузол, до загальної кількості всіх найкоротших шляхів:

$$Cb(i) = \sum \frac{g_{kj}(i)}{g_{kj}}, \quad (2)$$

де, $g_{kj}(i)$ - кількість найкоротших шляхів від вузла графа k до вузла j , які проходять через i ; g_{kj} - кількість найкоротших шляхів від вузла k до вузла j .

Центральність за близькістю передбачає вимірювання довжини шляху між двома заданими точками. Центральність за близькістю є природною мірою центральності та часто використовується в соціальних та інших мережевих дослідженнях. Даний показник заснований на статистичній мірі вихідних шляхів і визначається як середня довжина шляху до всіх інших вузлів, нормалізований розміром графа. У загальному випадку центральність по близькості означає, як швидко пошириться мережею інформація, що виходить із певного вузла. Близькість виступає показником того, наскільки близьким (і відповідно більш значущим) є даний учасник для всіх інших і наскільки легко, використовуючи прямі або опосередковані зв'язки, встановити з ним зв'язок. Центральність вузла за близькістю розраховується за формулою:

$$Cc(i) = \frac{n}{\sum d_{ij}}, \quad (3)$$

де, d_{ij} - сума геодезичних відстаней від вузла i до інших вузлів графа.

Таким чином, міра центральності власного вектора вузла i , яка була отримана завдяки високому рівню престижності вузла j , може спотворювати реальну впливовість вузла i . Зазначена проблема була врахована при розрахунку міри центральності PageRank. PageRank є торговою маркою корпорації Google, яка використовує його як центральну частину своєї технології веб пошуку та ранжування. Таким чином, Google повертає корисніші відповіді на запити не тому, що він краще знаходить релевантні сторінки, а тому, що він краще вирішує, в якому порядку подавати результати свого пошуку. Головну ідею цього алгоритму можна описати таким чином: значимість (ранг) сторінки тим вище, чим більшою є кількість посилань на неї з інших значущих сторінок.

Алгоритм PageRank близький за ідеологією до літературного індексу цитувань, що розраховується для довільного документа з урахуванням кількості посилань від інших документів на даний документ, але при цьому в PageRank не всі посилання вважаються рівнозначними.

Центральності вузла PageRank розраховується за формулою:

$$Cpr(i) = \alpha \sum_j a_{ij} \frac{x_j}{k_j^{out}} + \beta, \quad (4)$$

де, a_{ij} – елемент матриці суміжності; x_j – центральність власного вектору вузла j ; $\alpha i \beta$ – константи, k_j^{out} – кількість ребер, що виходять з вузла j . Якщо вузол j не має вихідних ребер, то k_j^{out} прирівнюється до одиниці, щоб уникнути ділення на нуль.

У мінімалістичному трактуванні IPD означає близьке співробітництво між інвестором, архітектором і генеральним підрядником, який є кінцевим відповідальним за будівельний проєкт, – від ранньої концепції до завершення будівництва об'єкту [2]. Всі учасники повинні зрозуміти, що тільки через спільні зусилля і логічні компроміси вони зможуть отримати результати, які закладені в цілях проєкту і водночас досягти кожен своєї мети [5]. Реалізація інвестиційно-будівельного проєкту може відбуватися за трьома різними методами: – DBB – Design-Bid-Build (Проєкт – Торги – Будівництво); DB – Design&Build (Проєкт і Будівництво); – IPD – Integrated Project Delivery (інтегрована реалізація будівельних проєктів).

Інтегровані форми угод (IFOA), яку також іноді називають IPD-контрактом, є поширеним типом реляційного контракту, що використовується в інтегрованому виконанні проєктів. Цей юридичний документ передбачає, що сторони повинні по-справжньому співпрацювати над проєктом, а не просто виконувати накази, що надходять зверху вниз.

Багатосторонній договір - це тип договору, в якому ключові учасники проєктної команди об'єднуються у спільному контракті. У деяких випадках лише три сторони (власник, проєктувальник, керівник будівництва) підписують основний договір, що робить його тристороннім. Будь-який контракт, який містить більше трьох основних підписантів, стає багатосторонньою угодою. Угода обіцяє постійне залучення всіх сторін протягом усього проєкту. На відміну від контрактів «проєктування-торги-будівництво» або «проєктування-будівництво», багатосторонні угоди складаються з одного документа, який підписується кожною стороною, що бере участь у проєкті. Іноді багатосторонні договори можуть містити більше десятка основних підписантів, включаючи механічних підрядників, каркасних підрядників тощо. Під основними підписантами також можуть бути підписанти, що дозволяє розширювати договір залежно від потреб основних підписантів.

Висновки. У статті досліджено можливість упровадження концепції інтегрованої реалізації будівельних проєктів (IPD) для вирішення проблеми зберігання, обміну і використання інформації всіма суб'єктами, які беруть участь на різних етапах циклу життя будівлі, а також удосконалення співробітництва між ними. З точки зору інвестора ранній обмін інформацією вдосконалює комунікацію і створює можливості для ефективної та зрівноваженої оцінки прийнятих проєктних рішень і цілей господарської

діяльності. Все це збільшує ймовірність, що цілі проєкту, у тому числі час реалізації, вартість будівництва, витрати на експлуатацію об'єкта, якість і стійкість, будуть досягнуті. За спільних цілей уся команда нестиме відповідальність за результати співпраці. Сторони будуть прагнути їх досягнути, спираючись на мотиваційні системи. Проєктант, підрядник, субпідрядники об'єднують свої сили і працюють разом для досягнення цілей інвестора та для реалізації власної мети. Спільне прийняття рішення дає можливість кращого контролю ризику, завдяки чому можна успішно реалізувати інвестицію, що призводить до розвитку позитивних відносин з інвестором та взаємовигідного співробітництва під час реалізації наступних інвестиційно-будівельних проєктів.

Список використаних джерел

1. Project Delivery and Building Information Modeling, Integrated Project Delivery Frequently Asked Questions, AIA California council, 2016.
2. Kozlovska M., Sabol L., Building projects risks decreasing through sophistic tools. Quality, environment, health protection and safety management development trends. – Neum, Bosna a Hercegovina: Tribun EU, 2018. – P. 160–165.
3. The American Institute of Architects, Integrated Project Delivery: A Guide, The American Institute of Architects, AIA California Council, 2017.
4. Smith R.E., Prefab Architecture a guide to modular design, John Wiley & Sons Inc, New Jersey 2010.
5. Elvin G., Integrated practice in architecture: mastering design-build, fast-track, and building information modeling, John Wiley & Sons Inc, New York 2017.
6. Wix J., Improving information delivery, In Quipin Shen G., Brandon P., Baldwin A., Collaborative Construction Information Management, Spon Press, London 2019.
7. McIntosh G., Sloan B., The potential impact of electronic procurement and global sourcing within the UK construction industry, [in:] ARCOM 17th Annual Conference, ed. by Akintoye, A, vol. 1, University of Salford, UK, September 2021. – P. 232–240.
8. Mesároš P., Mandičák T., Management of information flows in construction processes, IX. International Scientific Conference of Faculty of Civil Engineering IV. International PhD. Conference Young Scientist 2022 Faculty of Civil Engineering, proceeding on CD, May 23–25, 2022.
9. Jorgensen B., Emmitt S. Investigating the integration of design and construction from a “lean” perspective. *Construction innovation*. 2009. Вип. 9, № 2. С. 225–240.
10. Brennan M.D. Integrated project delivery: a normative model for value creation in complex military medical projects. *University of Illinois at Urbana-Champaign*, 2011. ISBN 1-267-15486-1.
11. Григоровський П.Є, Чуканова Н.П., Горда О.В. Інформаційні середовища в будівництві. *Будівельне виробництво*. 2019. № 68. С. 15–19.
12. Рижакова Г.М. Сучасний вектор оновлення будівельного девелопменту в контексті стратагем Integrated Project Delivery. *Управління розвитком складних систем*. - 2022. - Вип. 49. - С. 113-123.
13. Рижакова Г.М., Приходько Д.О., Поколенко В.О., Петруха Н.М., Чуприна Ю.А., Хоменко О.М. Оновлення науково-методичних підходів до побудови полікритеріальної системи адміністрування діяльністю підприємств-стейкхолдерів проєктів. *Просторовий розвиток*. - 2022. - Вип. 1. - С. 218-233.

**PhD Druzhynin Maksym, PhD Malykhin Mykhailo,
Katsiuba Ihor, Kirik Yaroslav, Stepaniuk Roman,**
Kyiv National University of Construction and Architecture

INTEGRATION OF APPLIED IPD MODULES INTO THE COMPOSITION OF ORGANISATIONAL AND TECHNOLOGICAL TOOLS FOR CONSTRUCTION

Modern construction projects are characterised by complex multifunctional relationships that require processing a large amount of information. The main task of innovative development of construction development is to create competitive advantages in the strategic perspective, which form a safe and comfortable environment for human life that meets high international quality standards, ensuring sustainable socio-economic development of the country's construction industry. Integrated Project Delivery (IPD) is a completely new idea based on Building Information Modelling (BIM) technology. The main idea is to work closely with the investor, designer and executors of a construction project. Achievement of competitive advantages should be based on innovative re-equipment of the construction industry, development of innovative competences, engineering schemes for life cycle management of construction projects, application of information technologies to increase productivity, reduce energy intensity, material consumption and cost of construction products. The article analyses the benefits of using information modelling and the integrated project implementation method in construction. A mathematical model for choosing the optimal network organisational structure of a project is developed. The main factors affecting the synergistic effect of the construction project implementation (costs of making changes to the project, increasing the implementation time, transaction and operating costs) are identified. An economic and mathematical model for assessing the synergistic effect of the joint implementation of integrated construction project implementation and information modelling has been built and tested in practice. A simulation model has been developed for a comprehensive study and optimisation of the communication network of participants in the implementation of a construction project. The results obtained will allow the top management of contractors to effectively monitor, structure and manoeuvre assets in their operations, substantiate the economic strategy and parameters of the production and business portfolio of construction companies.

Keywords: construction organisation; information modelling in construction; integrated implementation of construction projects; construction project.

REFERENCES

1. Project Delivery and Building Information Modeling, Integrated Project Delivery Frequently Asked Questions, AIA California council, 2016. {in English}
2. Kozlovska M., Sabol L., Building projects risks decreasing through sophistic tools, Quality, environment, health protection and safety management development trends. – Neum, Bosna a Hercegovina: Tribun EU, 2018. – P. 160–165. {in English}
3. The American Institute of Architects, Integrated Project Delivery: A Guide, The American Institute of Architects, AIA California Council, 2017. {in English}
4. Smith R.E., Prefab Architecture a guide to modular design, John Wiley & Sons Inc, New Jersey 2010. {in English}
5. Elvin G., Integrated practice in architecture: mastering design-build, fast-track, and building information modeling, John Wiley & Sons Inc, New York 2017. {in English}
6. Wix J., Improving information delivery, In Quipin Shen G., Brandon P., Baldwin A., Collaborative Construction Information Management, Spon Press, London 2019. {in English}
7. McIntosh G., Sloan B., The potential impact of electronic procurement and global sourcing within the UK construction industry, ARCOM 17th Annual Conference, ed. by Akintoye, A, vol. 1, University of Salford, UK, September 2021. – P. 232–240. {in English}
8. Mesároš P., Mandičák T., Management of information flows in construction processes, IX. International Scientific Conference of Faculty of Civil Engineering IV. International PhD. Conference Young Scientist 2022 Faculty of Civil Engineering, proceeding on CD, May 23-25, 2022. {in English}
9. Jorgensen B., Emmitt S. Investigating the integration of design and construction from a “lean” perspective. *Construction innovation*. 2009. Вип. 9, № 2. С. 225–240. {in English}
10. Brennan M. D. Integrated project delivery: a normative model for value creation in complex military medical projects. *University of Illinois at Urbana-Champaign*, 2011. ISBN 1-267-15486-1. {in English}
11. Grigorovskyi P.E., Chukanova N.P., Gorda O.V. Information environments in construction. *Construction production*. 2019. No. 68. P. 15–19. {in Ukrainian}
12. Ryzhakova G. M. Modern vector of renewal of construction development in the context of Integrated Project Delivery strategies. *Management of the development of complex systems*. - 2022. - Issue 49. - pp. 113-123. {in Ukrainian}
13. Ryzhakova H.M., Prykhodko D.O., Pokolenko V.O., Petrukha N.M., Chupryna Yu.A., Khomenko O.M. Update of scientific and methodical approaches to the construction of a multi-criteria system of administration by the activities of project stakeholders. *Spatial development*. - 2022. - Issue 1. - P. 218-233. {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2076-815x.2024.86.272-283

УДК 697.94

к.т.н, доцент **Задоянний О.В.**,
zadoiannyi.ov@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0001-6781-9756,
Київський національний університет будівництва і архітектури,
к.т.н, **Євдокименко Ю.М.**,
bonnesante91@gmail.com, ORCID: 0000-0002-1697-0816,
Товариство з обмеженою відповідальністю
«Бест клімат технології», м. Київ

ПОРІВНЯЛЬНИЙ ЕКСЕРГЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ АДІАБАТНОГО ТА ІЗОТЕРМІЧНОГО ЗВОЛОЖЕННЯ В ПРЯМОТОКОВІЙ ЦЕНТРАЛЬНІЙ СИСТЕМІ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ

Центральні системи кондиціонування повітря будівель і споруд є суттєвими споживачами електричної та теплової енергії різного температурного рівня і за показником енергоспоживання є найменш ощадними. При проектуванні цих систем не завжди приділяють належну увагу оцінці ступеню їх енергоефективності та не проводять варіантне проектування з порівнянням відповідних показників. Цьому бракує наявності апробованих інженерних методик. Ексергетичний метод аналізу енергоспоживаючих систем забезпечує коректну чисельну оцінку енергоефективності та дає можливість порівняльного аналізу схемних рішень та елементів систем. Його поширення не набуло статусу практичного інженерного забезпечення. У даній статті наведено приклад ексергетичного аналізу за оригінальною методологією при порівнянні способів зволоження повітря в центральній системі для громадської будівлі з метою вибору найліпшого за показниками енергоефективності способу. Результати аналітичних досліджень подано у вигляді відносних значень ексергетичної ефективності – ексергетичного коефіцієнта корисної дії та питомих значень ексергії повітря. Алгоритм послідовного чисельного ексергетичного аналізу, використаний в статті, показує коректні результати, а ексергетичний коефіцієнт корисної дії є по суті аналогом енергетичного коефіцієнта корисної дії і може бути використаний для задоволення вимог будівельних стандартів.

Ключові слова: центральні системи кондиціонування повітря; ізотермічне та адіабатне зволоження повітря; ексергетичний метод аналізу; ексергетичний коефіцієнт корисної дії.

Постановка проблеми. В умовах енергетичної кризи особливу увагу варто приділяти інженерним системам підтримки мікроклімату в будівельних об'єктах. Будівельні об'єкти різного призначення є кінцевими цілодобовими споживачами теплової та електричної енергії. В структурі енергоспоживання будівельними об'єктами особливе місце займають громадські будівлі – торговельні центри, кіноконцертні зали, офісні центри, спортивні споруди закритого типу, заклади громадського харчування та інші, в яких мікроклімат підтримують центральні системи кондиціонування повітря – ЦСКП. Крім громадських будівель ЦСКП застосовують в промисловості – харчовій, радіоелектронній, дата центрах, легкій промисловості та інших. ЦСКП за видами енергії та їх обсягами є домінуючими з усіх інженерних систем створення й підтримки мікроклімату приміщень.

Центральні системи кондиціонування повітря споживають енергоресурси в обсязі, який закладено в проектних рішеннях та відповідає вимогам щодо комфортних, або технологічних параметрів повітря і в першу чергу рекомендаціям фірм-виробників відповідного обладнання. Для забезпечення вказаних параметрів в СКП здійснюють такі основні термодинамічні процеси як охолодження, нагрівання, зволоження та осушення повітря. Вказані процеси здійснюють в обладнанні, з якого складаються ЦСКП в заданій комплектації й послідовності обробки повітря.

Одним з основних процесів обробки повітря в холодний період року в ЦСКП є його зволоження. Зволоженням разом із нагріванням параметри повітря доводять до значень припливного перед подачею в кондиціоноване приміщення. В практиці кондиціонування повітря використовують два усталених способи зволоження повітря й відповідне ним технологічне обладнання - ізотермічне та адіабатне зволоження. Конструкції та принцип дії вказаних зволожувачів детально розглянуто в підручниках та навчальних посібниках з кондиціонування повітря [1,2]. Ефективність процесу зволоження повітря в обох випадках достатня для досягнення потрібних значень вологовмісту і не викликає особливого сумніву щодо застосування за прямим призначенням. Однак обладнання для здійснення вказаного процесу суттєво відрізняється за габаритними розмірами на користь більш компактного ізотермічного способу і в багатьох випадках цей фактор стає впливовим при виборі схемного рішення ЦСКП.

З огляду на орієнтацію енергетичного сектору України на скорочення енергоспоживання при експлуатації будівель і споруд нагальним є питання застосування енергоощадних технологій інженерних систем із забезпечення мікроклімату в будівлях. Стосовно вказаних способів зволоження повітря постає питання вибору менш енерговитратного. Слід додати, що державні

будівельні норми встановлюють вимоги щодо технічних рішень з енергозбереження [3]. Ними передбачено оцінювання характеристик обладнання з нагрівання, охолодження та зволоження повітря (також осушення повітря) *коефіцієнтом корисної дії*.

На сьогодні не існує відповідної коректної методики з обчислення *коефіцієнта корисної дії* для установок та функціональних елементів ЦСКП з урахуванням всіх видів енергії, які вони споживають. Тому обчислення коефіцієнта корисної дії для обладнання ЦСКП є проблемним методологічним питанням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останні публікації з результатами досліджень питань оцінки показників енергоощадної роботи ЦСКП показують доцільність використання методів нерівноважної термодинаміки, які в якості відносного показника термодинамічної досконалості системи оперують *ексергетичним коефіцієнтом корисної дії* - ЕККД. Доцільність ексергетичного методу при дослідженні енергоперетворюючих систем, до яких відносяться й ЦСКП, доведена в класичній літературі з нерівноважної термодинаміки [3]. Наприклад в роботі [5] при оцінці термодинамічної досконалості ЦСКП «чистого» приміщення застосовано ексергетичний метод й визначено ЕККД для системи в цілому. Автори отримали значення ЕККД для системи в залежності від різниці температур внутрішнього й зовнішнього повітря та вологовмісту у вигляді емпіричних рівнянь. В роботі [6] наведено результати досліджень традиційних для клімату Італії систем кондиціонування повітря з визначенням ЕККД для декількох схемних рішень систем. Результати цієї роботи нам вбачаються не зовсім коректними, так як наведені значення підрахованих ЕККД для процесу нагрівання (Re- heating) менше нуля.

В наших попередніх роботах [7] на прикладі ЦСКП офісних приміщень було показано, що визначення ЕККД доцільно проводити на основі алгоритму, який передбачає складання балансових рівнянь масових, енергетичних та ексергетичних потоків. Вказані балансові рівняння складають для попередньо розробленої термодинамічної моделі з визначеною границею контуру об'єкта. Такий алгоритм дає можливість визначити ексергетичні потоки, які пересікають умовну границю об'єкта, диференціювати ці потоки на «корисні» й «витратні» і на їх основі визначити ЕККД як відношення «корисних» до «витратних». Слід додати, що ЕККД є по суті аналогом енергетичного ККД [8].

Формулювання цілей та завдання статті. В даній роботі показано застосування ексергетичного методу для визначення показників термодинамічної досконалості (ступеню енергоощадності) й порівняння за цим критерієм двох способів зволоження повітря на прикладі прямотокової ЦСКП

для холодного періоду року в Києві. Ціллю статі є отримання результатів порівняльних розрахунків термодинамічної досконалості двох способів зволоження повітря за оригінальним алгоритмом застосування ексергетичного методу.

Завдання даної статті – провести порівняльний ексергетичний аналіз з визначенням термодинамічної досконалості двох способів зволоження повітря в ЦСКП для холодного періоду року та умов Києва.

Основна частина. Загальні положення методології з визначення ЕККД для ЦСКП викладені авторами статті в роботах [7]. Сутність її полягає в визначенні для системи всіх наявних ексергетичних потоків, диференціації їх на «корисні» й «витратні» і на цій підставі проведенні обрахунку ЕККД. Крім визначення ЕККД методологія передбачає обчислення питомих та абсолютних показників термодинамічної досконалості системи.

Алгоритм вказаних дій передбачає наступні кроки:

- побудова термодинамічної моделі об'єкту дослідження з визначенням його границі;
- визначення матеріальних та енергетичних потоків на границі системи;
- визначення видів ексергії, які мають місце в системі й впливають безпосередньо на систему;
- визначення нульових параметрів навколишнього середовища – температури, ентальпії, атмосферного тиску та вологовмісту повітря;
- визначення ексергетичних потоків, що діють на систему;
- диференціація ексергетичних потоків на «корисні» та «витратні»;
- складання балансових рівнянь матеріальних, енергетичних та ексергетичних потоків системи й визначення їх значень;
- визначення абсолютних та питомих значень втрат та деструкції ексергетичних потоків;
- обчислення ЕККД.

Такі самі дії за необхідності проводять для окремих складових ексергії повітря та енергоносіїв – термічної, механічної та хімічної.

Психрометрична діаграма обробки повітря для прямотокової системи з адіабатним зволоженням повітря для холодного періоду року представлена на рис.1.

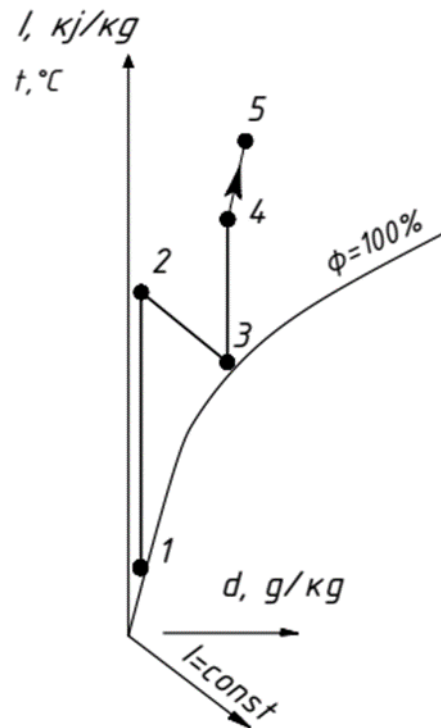


Рис.1. Психрометрична діаграма обробки повітря в прямокутній ЦСКП із адіабатним зволоженням для холодного періоду року ; процеси 1-2 – нагрівання; 2-3 – адіабатне зволоження; 3-4 – другий підігрів; 4-5 – процес повітрообміну в приміщенні

Значення параметрів повітря в характерних точках при обробці його в ЦСКП з адіабатним зволоженням в холодний період наведено в табл.1.

Таблиця 1

Параметри повітря в характерних точках процесу
в ЦСКП з адіабатним зволоженням

№ з.п.	Стан повітря в ЦСКП	Параметри повітря		
		Температура, °С	Ентальпія, кДж/кг	Вологовміст, г/кг
1	Зовнішнє повітря	-22	-22	0,2
2	Повітря після першого підігріву	26	26	0,2
3	Повітря після зволоження	8,5	26	7,2
4	Повітря після другого підігріву	19,5	37,5	7,2

Схематичне зображення термодинамічної моделі прямокутної ЦСКП з адіабатним зволоженням для холодного періоду року, відповідної психрометричній діаграмі, що на рис.1, представлена на рис.2.

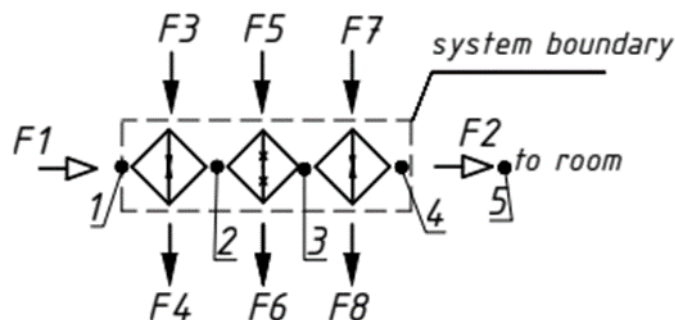


Рис.2. Термодинамічна модель прямотокової ЦСКП з адіабатним зволоженням (точки 1,2,3,4,5 – відповідають стану повітря на діаграмі рис.1); ексергетичні потоки: $F1$ – зовнішнє повітря, $F2$ – припливне повітря; $F3, F4$ – прямий та зворотній теплоносій першого підігріву; $F5, F6$ – пряма та зворотна вода адіабатного зволоження; $F7, F8$ – прямий та зворотній теплоносій другого підігріву

Для термодинамічної моделі, що на рис.2, корисним ефектом є зміна ексергетичних потенціалів основного повітря $Ex1 - Ex2 = \Delta Ex1-2 = |Ex1 - Ex2|$. Зміна ексергетичних потенціалів витратних потоків буде $|Ex3 - Ex4|$ - для теплоносія першого підігріву, $|Ex5 - Ex6|$ - для зрошувальної води, $|Ex7 - Ex8|$ - для теплоносія другого підігріву.

Значення ексергетичних потенціалів та їх зміна в процесі обробки повітря в ЦСКП із адіабатним зволоженням підраховані за відомими залежностями для вологого повітря та рідини [3] і представлені в табл.1.

Таблиця 1

Значення ексергетичних потенціалів при обробці повітря в ЦСКП із адіабатним зволоженням

№ з.п.	Найменування ексергетичного потоку	Ексергія, кДж/с	
		Потоку	Зміна потенціалів потоків (абс.знач)
1	Зовнішнє повітря, $Ex1$	0	18,15
2	Припливне повітря, $Ex2$	18,15	
3	Прямий теплоносій першого підігріву, $Ex3$	174,04	65,67
4	Зворотний теплоносій першого підігріву, $Ex4$	108,37	
5	Пряма вода на зрошення, $Ex5$	44,52	2,02
6	Зворотна вода (циркуляційна), $Ex6$	42,50	
7	Прямий теплоносій другого підігріву, $Ex7$	54,23	22,34
8	Зворотний теплоносій другого підігріву, $Ex8$	31,89	

Балансове рівняння ексергетичних потоків для ЦСКП з адіабатним зволоженням з урахуванням втрат ексергії ExD має вигляд:

$$Ex1 + Ex3 + Ex5 + Ex7 = Ex2 + Ex4 + Ex6 + Ex8 + ExD, \text{ кДж/с} \quad (1)$$

Ексергетичний коефіцієнт корисної дії для ЦСКП із адіабатним зволоженням визначають із залежності:

$$ЕККД = \frac{|Ex1 - Ex2|}{|Ex3 - Ex4 + Ex5 - Ex6 + Ex7 - Ex8|} \quad (2)$$

Психрометрична діаграма обробки повітря для прямотокової системи з ізотермічним зволоженням повітря перегрітою парою для холодного періоду року представлена на рис.3.

Відміна вказаного процесу від адіабатного зволоження полягає в тому, що процес зволоження проходить по лінії постійного значення температури і відсутній другий підігрів повітря перед подачею в приміщення.

Параметри повітря в характерних точках процесів при обробці його в ЦСКП з ізотермічним зволоженням перегрітою парою в холодний період наведено в табл.2.

Схематичне зображення термодинамічної моделі для варіанту ізотермічного зволоження перегрітою парою представлено на рис.4.

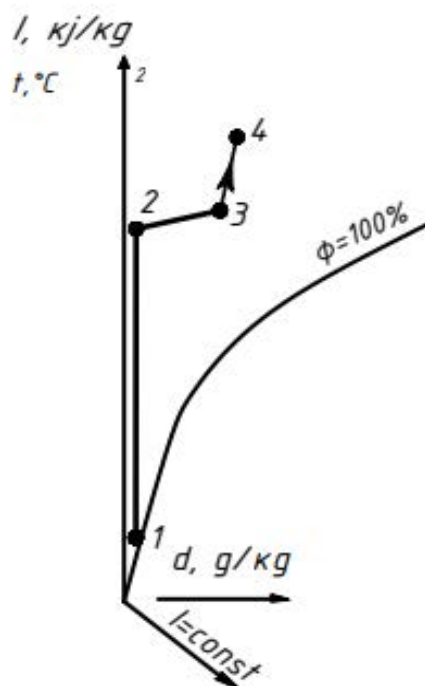


Рис.3. Психрометрична діаграма обробки повітря в прямотоковій ЦСКП для холодного періоду року з ізотермічним зволоженням повітря перегрітою парою; процеси 1-2 – нагрівання; 2-3 – ізотермічне зволоження; 3-4 – процес повітрообміну в приміщенні

Таблиця 2

Параметри повітря в характерних точках процесу
в ЦСКП з ізотермічним зволоженням перегрітою парою

№ з.п.	Стан повітря в ЦСКП	Параметри повітря		
		Температура, °С	Ентальпія, кДж/кг	Вологовміст, г/кг
1	Зовнішнє повітря	-22	-22	0,2
2	Повітря після першого підігріву	19,5	19,1	0,2
3	Повітря після зволоження	19,5	37,5	7,2

Балансове рівняння ексергетичних потоків для ЦСКП з ізотермічним зволоженням перегрітою парою з урахуванням ексергетичних втрат ExD має вигляд:

$$Ex1 + Ex3 + Ex5 = Ex2 + Ex4 + ExD, \text{ кДж/с} \quad (3)$$

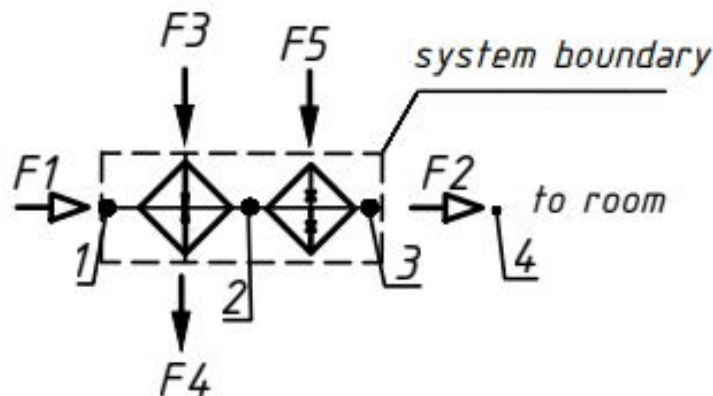


Рис.4. Термодинамічна модель прямоотокової ЦСКП з ізотермічним зволоженням перегрітою парою (точки 1,2,3,4 відповідають стану повітря на діаграмі рис.3); ексергетичні потоки: $F1$ – зовнішнє повітря, $F2$ – припливне повітря; $F3$, $F4$ – потоки прямого та зворотного теплоносія першого підігріву; $F5$ – потік перегрітої пари

Для варіанту ізотермічного зволоження повітря перегрітою парою, термодинамічна модель якого зображена на рис.4, корисним ефектом є зміна ексергетичних потенціалів основного повітря $Ex1 - Ex2 = \Delta Ex1-2 = |Ex1 - Ex2|$. Ексергетичними витратами є зміна потенціалів теплоносія першого підігріву $|Ex3 - Ex4|$, та $Ex5$ – ексергетичний потік перегрітої пари, яка повністю потрапляє в повітря.

Значення ексергетичних потенціалів та їх зміна в процесі обробки повітря в ЦСКП з ізотермічним зволоженням представлені в табл. 3.

Таблиця 3

Значення ексергетичних потенціалів при обробці повітря в ЦСКП з ізотермічним зволоженням перегрітою парою

№ з.п.	Найменування ексергетичного потоку	Ексергія, кДж/с	
		Потоку	Зміни потенціалів потоків
1	Зовнішнє повітря, $Ex1$	0	18,15
2	Припливне повітря, $Ex2$	18,15	
3	Прямий теплоносій першого підігріву, $Ex3$	211,80	65,67
4	Зворотний теплоносій першого підігріву, $Ex4$	57,20	
5	Перегріта пара на зволоження, $Ex5$	95,50	95,50

Ексергетичний коефіцієнт корисної дії для варіанту ізотермічного зволоження перегрітою парою визначено за наступною формулою:

$$ЕККД = \frac{|Ex1 - Ex2|}{|Ex3 - Ex4 + Ex5|} \quad (4)$$

Результати проведених розрахунків наведено в таб.4.

Таблиця 4

Результати ексергетичних розрахунків

№ з.п.	Результати розрахунку	Спосіб зволоження	
		парою	адіабатний
1	ЕККД, %	7,26	20,16
2	Корисні ексергетичні потоки, кВт	18,15	18,15
3	Ексергетичні втрати, кВт	231,96	71,87
4	Ексергетичні витрати, кВт	250,11	90,02
5	Втрати/витрати	0,93	0,80
6	Питомі витрати, кДж/кг	73,20	26,35
7	Питомі втрати, кДж/кг	67,89	21,04
8	Питома корисна ексергія, кДж/кг	5,31	5,31

При визначенні корисного ефекту обробки повітря умови для обох варіантів було взято однаковими. Питомі показники враховано на одиницю маси основного повітря системи.

Результати ексергетичного аналізу показують, що ЕККД варіанту зволоження повітря перегрітою парою майже втричі менше за адіабатний спосіб зволоження. Ексергетичні втрати так само майже втричі менше в

варіанті з адіабатним зволоженням. Приблизно в такому саме співвідношенні знаходяться інші показники – питомі втрати та витрати й абсолютні втрати.

Висновки. Застосування ексергетичного методу для дослідження центральних систем кондиціонування повітря за наведеним алгоритмом показує коректні результати. Обчислені абсолютні та відносні значення показників співвідносяться приблизно в одній пропорції, що свідчить про коректність отриманих результатів. Застосований при розрахунках алгоритм обчислення показників термодинамічної досконалості може бути корисним при виборі енергоощадного варіанту обробки повітря в ЦСКП.

Перспективи подальших досліджень. Подальші дослідження слід продовжити для інших способів обробки повітря та варіантів компоновки обладнання ЦСКП та вентиляційного устаткування. Крім того варто поглибити ексергетичний аналіз ЦСКП визначенням ефективності по складових ексергетичних потоків – термічній, механічній та хімічній. Запропонований алгоритм обчислень показників ексергетичного аналізу потрібно доповнити урахуванням вартості енергетичних потоків.

Використана література

1. Липа А.И. Кондиционирование воздуха. Основы теории. Современные технологии обработки воздуха. Изд. второе, перераб., доп., Одесса: ОГАХ, Издательство: «Издательство ВМВ», 2010. - 607 с., ил.
2. Росковшенко Ю.К. Центральні системи кондиціонування повітря. – ІВНВКП «Укреліотех», 2008. – 216 с.
3. Бродянский В.М., Верхивкер Г.П., Карчев Я.Я. и др. Эксергетические расчеты технических систем: Справ.пособие АН УССР. Ин-т технической теплофизики.- Киев: Наук. Думка, 1991.- 360 с. – ISBN 5-12-0011397-X.
4. ДБН В.1.2-11-2021. Енергозбереження та енергоефективність. Основні вимоги до будівель і споруд. – Чинні від 01.09.2022 р.– Київ: Мінрегіонбуд України, 2022. – 21 с.
5. Лабай В.Й., Гарасим Д.І. Стан і перспективи підвищення енергоефективності систем кондиціонування повітря чистих приміщень. Науково-технічний збірник «Енергоефективність в будівництві та архітектурі». Випуск 6. Відповідальний редактор П.М.Куліков. - КНУБА, 2014 р. - 364 с.
6. Luigi Marletta. Air Conditioning Systems from a 2-nd Law Perspective // Entropy: мережевий журн. 2010. URL: [http:// www.mdpi.com/journal/entropy](http://www.mdpi.com/journal/entropy). p=860. (дата звернення 12.12.2011);
7. Задоянний О.В. Порівняльний ексергетичний аналіз пристроїв із створення мікроклімату офісних приміщень / О. В.Задоянний, О.О. Товстограй

// Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання. – Випуск 28. – Київ: КНУБА, 2019. – С.17-27. – Режим доступу:

http://www.vothp.org.ua/PDF/28/VOTHP_2019_28_05.pdf.

8. Ratlamwala T.A.H. Efficiency assessment of key psychometric processes / T.A.H. Ratlamwala, I. Dincer // International Journal of Refrigeration. – 2013. – Vol. 36. – Iss. 3. – P. 1142-1153.

<https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2012.10.038>.

Zadoiannyi Oleksandr,

Kyiv National University of construction and architecture,

Yevdokimenko Yurii,

LIMITED LIABILITY COMPANY «Best climate technology», Kyiv, Ukraine

COMPARATIVE EXERGY ANALYSIS OF ADIABATIC AND ISOTHERMAL HUMIDIFICATION IN A DIRECT-FLOW CENTRAL AIR CONDITIONING SYSTEM

Central air conditioning systems of buildings and structures are significant consumers of electric and thermal energy of different temperature levels and are the least economical in terms of energy consumption. When designing these systems, due attention is not always paid to assessing their energy efficiency and no variant design is carried out with a comparison of the relevant indicators. This is due to the lack of proven engineering methods. The exergy method of analysing energy-consuming systems provides a correct numerical assessment of energy efficiency and enables a comparative analysis of circuit solutions and system elements. In contrast to the energy method, the peculiarity of the exergy method in relation to air conditioning systems is the possibility of taking into account all available mass and energy flows in the system in exergy units. The extension of the exergy method to systems for creating and maintaining a microclimate in buildings and structures has not yet acquired the status of practical engineering support. This article presents an example of an exergy analysis based on the original methodology for comparing methods of humidification in a central air conditioning system for a public building in order to select the best method in terms of energy efficiency. Two traditional methods of air humidification for the cold season - adiabatic and isothermal - were used for the study and comparison. The results of analytical studies are presented in the form of relative values of exergy.

Key words: public buildings; central air conditioning systems; isothermal and adiabatic humidification; energy efficiency; exergy analysis method; comparative calculations of methods; exergy efficiency.

REFERENCES

1. Lupa A.Y. Kondytsyonyrovanye vozdukha. Osnovy teoryy. Sovremennyye tekhnolohyy obrabotky vozdukha. Yzd. vtoroe, pererab., dop., Odessa: OHAKh, Yzdatelstvo: «Yzdatelstvo VMV», 2010. - 607 s., yl. {in Russian}
2. Roskovshenko Yu.K. Tsentralni systemy kondytsionuvannia povitria. – IVNVKP «Ukrheliotekh», 2008. – 216 s. {in Ukrainian}
3. Brodianskyi V.M., Verkhyvker H.P., Karchev Ya.Ia. y dr. Эксерхетыческие расчёты техныческихкх system: Sprav.posobye AN USSR. Yn-t tekhnicheskoi teplofyziky.- Kyev: Nauk. Dumka, 1991.- 360 s. – ISBN 5-12-0011397-X. {in Russian}
4. DBN V.1.2-11-2021. Enerhozberezhennia ta enerhoefektyvnist. Osnovni vymohy do budivel i sporud. – Chynni vid 01.09.2022 r.– Kyiv: Minrehionbud Ukrainy, 2022. – 21 s. {in Ukrainian}
5. Labai V.I., Harasym D.I. Stan i perspektyvy pidvyschennia enerhoefektyvnosti system kondytsiiuvannia povitria chystykh prymishchen. Naukovo-tekhnichnyi zbirnyk «Enerhoefektyvnist v budivnytstvi ta arkhitekturi». Vypusk 6. Vidpovidalnyi redaktor P.M.Kulikov. - KNUBA, 2014 r. - 364 s. {in Ukrainian}
6. Luigi Marletta. Air Conditioning Systems from a 2-nd Law Perspective // Entropy: merezhevyi zhurn. 2010. URL: [http:// www.mdpi.com/journal/entropy.p=860](http://www.mdpi.com/journal/entropy.p=860). (data zvernennia 12.12.2011). {in English}
7. Zadoiannyi O.V. Porivnialnyi ekserhetychnyi analiz prystroiv iz stvorennia mikroklimatu ofisnykh prymishchen / O.V. Zadoiannyi, O.O. Tovstohrai // Ventyliatsiia, osviltennia ta teplohazopostachannia. – Vypusk 28. – Kyiv: KNUBA, 2019. – S.17-27. – Rezhym dostupu: http://www.vothp.org.ua/PDF/28/VOTHP_2019_28_05.pdf. {in Ukrainian}
9. Ratlamwala T.A.H. Efficiency assessment of key psychometric processes / T.A.H. Ratlamwala, I. Dincer // International Journal of Refrigeration. – 2013. – Vol. 36. – Iss. 3. – P. 1142-1153. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2012.10.038>. {in English}

DOI: 10.32347/2076-815x.2024.86.284-299

УДК 625.7; 711

Івасенко В.О.,
vitaliy.ivasenko@gmail.com, ORCID: 0000-0002-4795-5731,
к.т.н., професор **Завальний О.В.**,
azavalniy@i.ua, ORCID: 0000-0002-6191-2893,
Харківський національний університет
міського господарства імені О.М. Бекетова

МЕТОДИ ТРАНСПОРТНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЯК ІНСТРУМЕНТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИ СТВОРЕННІ МОДЕЛІ БЕЗПЕКИ РУХУ У НАСЕЛЕНИХ ПУНКТАХ

Розглянуто методи транспортного моделювання, які можуть бути використані як інструменти дослідження для створення моделі безпеки руху у населених пунктах. Досліджено методологію та інструменти транспортного моделювання, включаючи мікроскопічні, мезоскопічні та макроскопічні моделі. У результаті дослідження запропоновано використання методу імітаційного мікромоделювання для оцінки рівня безпеки при аналізі існуючих рішень або на етапі проектування нових елементів вулично-дорожньої мережі в містах.

Ключові слова: транспортне моделювання, безпека руху, імітаційне мікромоделювання, моделі безпеки руху.

Постановка проблеми

В умовах сучасного міста, при наявності інтенсивного руху та зростаючої складності транспортних систем гостро постає проблема планування дорожнього руху із точки зору зменшення кількості дорожньо-транспортних пригод до можливого мінімуму.

Транспортне моделювання є одним із інструментів у дослідженні та розробці моделей дорожнього руху у населених пунктах. Він дозволяє аналізувати та прогнозувати різноманітні аспекти транспортних систем, такі як потоки трафіку, поведінку водіїв, вплив дорожніх умов, взаємодію між різними учасниками дорожнього руху та вплив різних містобудівельних факторів. Використовуючи транспортне моделювання, можна ідентифікувати потенційні небезпеки, оцінити ефективність запропонованих заходів безпеки, що зменшують ризики аварій та покращують безпеку руху у містобудуванні.

В даній статті буде представлений короткий огляд і порівняння методів транспортного моделювання як одного із інструментів експериментального дослідження моделі дорожнього руху у населених пунктах.

Класифікація методів транспортного моделювання

Транспортне моделювання використовується для аналізу та планування транспортних систем у містобудуванні, і воно включає різноманітні методи. Можна виділити основні категорії методів моделювання які застосовуються для аналізу та прогнозування поведінки транспортних систем, планування нових інфраструктур і покращення існуючих: мікроскопічне, мезоскопічне, макроскопічне, динамічне та статичне моделювання.

Метод мікроскопічного моделювання. Мікроскопічне моделювання транспорту зосереджується на детальному відтворенні поведінки окремих учасників дорожнього руху, таких як водії, пішоходи, велосипедисти. [1] Цей підхід дозволяє моделювати дуже точно кожну взаємодію між учасниками руху та їхнє середовище. До основних особливостей даного методу можна віднести:

- детальну поведінку учасників – даний метод зосереджується на детальному моделюванні поведінки кожного учасника руху. Кожен агент (автомобіль, пішохід, велосипедист) вважається окремим елементом із власними характеристиками, такими як швидкість, напрямок, та індивідуальними рішеннями, наприклад, коли і де змінювати смугу руху або зупинятися

- реалістичні взаємодії - враховуються складні взаємодії між учасниками руху, такі як обгони, реакції на світлофори, уникнення зіткнень, та відповідь на раптові зміни умов дорожнього руху. Вони також можуть включати взаємодії з дорожньою інфраструктурою

- використання просторових даних - для точного відображення геометрії доріг, включаючи кількість смуг, типи перехресть, наявність пішохідних переходів тощо. Це дозволяє агентам взаємодіяти з середовищем у спосіб, який відповідає реальному дорожньому руху

- моделювання автономних транспортних засобів - Мікроскопічне моделювання також є ідеальним інструментом для аналізу впливу нових технологій, таких як автономні транспортні засоби. Воно дозволяє досліджувати, як змінюється поведінка дорожнього руху при введенні транспортних засобів з автономним управлінням, адаптуючи їх поведінку до існуючих умов дорожнього руху. [2]

Для цього методу використовується наступне програмне забезпечення:

- VISSIM: Широко використовується для мікросимуляції транспортних потоків з детальною візуалізацією і можливістю інтеграції з іншими транспортними технологіями. [3]

- SUMO (Simulation of Urban MObility): Відкритий програмний код, що дозволяє дослідникам та розробникам моделювати різноманітні транспортні системи та їх компоненти.

Переваги методу:

- Висока точність моделювання індивідуальної поведінки.
- Здатність до детального аналізу складних взаємодій і динамічних змін у транспортній системі.

Обмеження методу:

- Велика потреба в обчислювальних ресурсах для симуляції великих масштабів.
- Необхідність великої кількості деталізованих даних для точного моделювання.

Метод мезоскопічного моделювання. Це проміжний рівень між мікроскопічним і макроскопічним, який інтегрує елементи обох підходів. Цей підхід інтегрує деякі деталі мікроскопічного моделювання, такі як динаміка окремих транспортних засобів, з агрегованими характеристиками, характерними для макроскопічних моделей. [4] Це дозволяє балансувати між детальністю та обчислювальною вимогливістю, роблячи мезоскопічне моделювання особливо підходящим для середніх і великих транспортних мереж. До основних особливостей даного методу можна віднести:

- пакетну обробку трафіку - використання пакетного підходу до обробки транспортних засобів. Транспортні засоби агрегуються в групи або "пакети", що переміщуються разом через транспортну мережу. Це дозволяє моделювати деталі поведінки на мікрорівні без необхідності трекінгу кожного індивідуального транспортного засобу, що значно знижує обчислювальні вимоги.

- моделювання потоків трафіку - моделі даного типу зазвичай використовуються для моделювання потоків трафіку, де важливо розуміти динаміку трафіку і затори. Ці моделі можуть адаптуватися до змін у потоках, таких як збільшення або зменшення трафіку під час пікових годин, забезпечуючи динамічніший аналіз, ніж макроскопічні моделі.

- сегментацію дороги - дороги у мезоскопічному моделюванні діляться на сегменти, які можуть мати різні атрибути, такі як пропускна здатність або обмеження швидкості. Кожен сегмент аналізується окремо, що дозволяє детальніше розглядати різні частини транспортної мережі.

- змінні швидкості та щільності - швидкість і щільність трафіку можуть змінюватися залежно від умов руху. Модель дозволяє імітувати ці зміни, реагуючи на загальні умови дорожнього руху і впливаючи на швидкість переміщення пакетів транспортних засобів

Для цього методу використовується наступне програмне забезпечення:

- Aimsun Next. Aimsun Next є гнучким інструментом, який підтримує мікро-, макро- та мезоскопічне моделювання. Це дозволяє користувачам

моделювати весь спектр транспортних систем від індивідуальних транспортних засобів до широких мережеских потоків. Aimsun використовується для планування, проектування та оптимізації дорожнього руху та транспортних систем на різних рівнях. [5]

- DynaMIT. Розроблений MIT, DynaMIT є потужним інструментом для динамічного моделювання та аналізу транспортних систем. Ця система зосереджена на реалістичному відтворенні змін у транспортних потоках і може використовувати мезоскопічні моделі для прогнозування поведінки трафіку та управління ним в реальному часі.

- Paramics Modeller. Пропонує рішення, що підтримує мезоскопічне моделювання, дозволяючи ефективно аналізувати середні та великі транспортні мережі. Це програмне забезпечення використовується для планування міст, оптимізації транспортних потоків та аналізу впливу нових дорожніх проектів.

Переваги методу:

- Баланс деталізації та швидкості: моделі методу надають досить детальну інформацію про рух транспорту без потреби в трекінгу кожного окремого транспортного засобу, як у мікроскопічному моделюванні. Це робить його швидшим і менш вимогливим до обчислювальних ресурсів у порівнянні з повністю мікроскопічними моделями.

- Гнучкість у моделюванні транспортних потоків: мезоскопічні моделі можуть адекватно відтворювати зміни у трафіку, які відбуваються в різний час доби, забезпечуючи аналіз пікових та міжпікових періодів, що дуже корисно для планування та управління транспортними системами.

- Ефективне використання даних: здатність інтегрувати дані з різних джерел, включаючи статистику макроскопічного трафіку та деталізовані спостереження з мікроскопічного моделювання, дозволяє використовувати мезоскопічні моделі для широкого спектру аналітичних завдань.

Обмеження методу:

- Менша деталізація порівняно з мікроскопічними моделями: хоча мезоскопічні моделі і забезпечують більшу швидкість обчислень, вони не можуть відтворити деякі складні поведінкові патерни окремих учасників руху з тією ж точністю, що й мікроскопічні моделі.

- Обмежена здатність моделювання окремих подій: мезоскопічне моделювання може не відтворювати деталі окремих дорожніх інцидентів, таких як аварії або нестандартні маневри водіїв, які критично важливі для деяких видів дорожніх досліджень.

- Компроміс між швидкістю та точністю: під час вибору мезоскопічного моделювання доводиться іноді жертвувати точністю заради більшої швидкості та меншої вимогливості до обчислювальних ресурсів, що

може бути не прийнятним для деяких деталізованих аналітичних завдань.

Метод макроскопічного моделювання. Зосереджений на аналізі загальних потоків трафіку та розподілу переміщень у транспортних мережах на великих територіях. [6] Агрегує індивідуальні елементи транспорту (такі як автомобілі, пішоходи) в ширші потоки, що дозволяє моделювати поведінку на рівні системи та фокусується на широких, агрегованих характеристиках потоку трафіку, як-от щільність, швидкість та об'єм трафіку. [7] Основні особливості макроскопічного моделювання:

- агрегування даних - в основі макроскопічного моделювання лежить агрегування даних про окремі транспортні засоби в загальні потоки або щільності. Це дозволяє аналізувати великі транспортні системи без необхідності звернення до деталей кожного учасника дорожнього руху

- математичні моделі потоку трафіку - макроскопічне моделювання часто використовує диференційні рівняння для опису зміни стану трафіку, які описують взаємодію між щільністю, швидкістю та потоками транспортних засобів. Наприклад, моделі Лайтхілла-Вітема та Річардса (LWR) або моделі з використанням фундаментальних діаграм потоку.

- фокус на загальні характеристики - макроскопічні моделі зосереджені на таких характеристиках, як загальні швидкості, час поїздки, та загальна щільність трафіку, замість деталізації окремих маневрів або поведінкових реакцій учасників дорожнього руху.

- ефективність у великомасштабних аналізах - через агрегацію даних і відносну простоту математичних моделей макроскопічне моделювання є особливо ефективним для аналізу великих транспортних мереж, таких як міські агломерації або регіональні транспортні системи.

Для цього методу використовується наступне програмне забезпечення:

- TransCAD — це програмне забезпечення, що використовується для транспортного планування і аналізу. Воно об'єднує географічні інформаційні системи (ГІС) з функціональністю транспортного моделювання, дозволяючи ефективно аналізувати транспортні потоки і вплив різних транспортних стратегій.

- EMME — це досить відомий і широко використовуваний інструмент для макроскопічного моделювання, який забезпечує детальний аналіз та планування міського та регіонального транспорту. Він включає різні модулі для прогнозування попиту на транспорт, аналізу мережі та оцінки ефективності транспортних проектів.

- VISUM від компанії PTV Group — це комплексний інструмент для транспортного моделювання, який використовується для аналізу, планування та оптимізації широких мереж різних видів транспорту. Це дозволяє аналізувати

транспортні потоки, розраховувати час поїздок та вплив транспортних змін на загальну транспортну систему.

- CUBE використовується для комплексного планування та моделювання транспорту на регіональному і міському рівнях. Програма дозволяє розробляти детальні моделі транспортної мережі, включаючи макроскопічне моделювання потоків та попиту.

- OMNITRANS є ще одним інструментом для макроскопічного моделювання, який використовується для планування та аналізу транспортних систем. Він надає засоби для моделювання різних аспектів транспортних мереж, включаючи попит на транспорт, розподіл трафіку та оцінку проектів.

Переваги методу:

- Ефективність обробки: макроскопічне моделювання дозволяє аналізувати великі мережі з високою обчислювальною ефективністю, оскільки воно агрегує дані про індивідуальні транспортні засоби в загальні потоки, що знижує обчислювальне навантаження.

- Широкий огляд мережі: дозволяє планувальникам отримати узагальнену картину потоків трафіку та їхньої поведінки на великих ділянках, таких як міські агломерації або цілі регіони, що корисно для стратегічного планування.

- Визначення заторів та потреб в інфраструктурі: здатність аналізувати загальні потоки та щільності допомагає визначити "вузькі місця" в транспортній мережі та планувати вдосконалення інфраструктури для підвищення ефективності.

- Сценарне моделювання: макроскопічне моделювання ідеально підходить для оцінки впливу різних політик або змін у транспортній мережі, дозволяючи моделювати наслідки, як-от нові дороги, зміни у транспортному розкладі чи введення плат за в'їзд в місто.

Обмеження методу:

- Недостатня деталізація: основним недоліком макроскопічного моделювання є його нездатність враховувати індивідуальну поведінку транспортних засобів та пішоходів, що може бути критично важливим у деяких сценаріях, наприклад, при детальному аналізі дорожньо-транспортних пригод або для розробки систем управління трафіком.

- Загальні припущення: макроскопічні моделі часто базуються на загальних припущеннях про поведінку потоків, які можуть не відображати реальні варіації чи динаміку транспортних потоків в певних умовах.

- Чутливість до вхідних даних: результати макроскопічного моделювання сильно залежать від якості та точності вхідних даних. Неточні або застарілі дані можуть призвести до помилкових висновків і планів дій.

- Обмежена адаптивність: макроскопічне моделювання не завжди здатне адекватно реагувати на раптові зміни у дорожніх умовах або на екстрені ситуації, що може обмежувати його застосування у сценаріях кризового реагування.

Метод динамічного моделювання. Даний метод використовує моделі що враховують зміни у транспортній системі в реальному часі та адаптуються до них. Зокрема можна виділити динамічні моделі присвоєння трафіку (DTA): Враховують часові коливання в попиті на транспорт та реакцію на зміни в дорожніх умовах. Це включає зміни маршрутів, часові затримки та вибір транспортного засобу. Особливостями даного методу є:

- часова залежність - динамічні моделі враховують, що умови дорожнього руху та попит на транспорт змінюються протягом дня. Це дозволяє моделювати пікові години, міжпікові періоди та інші зміни, які впливають на транспортну мережу.

- розширена взаємодія - динамічні моделі здатні відтворювати складні взаємодії між різними учасниками дорожнього руху, такими як автомобілі, пішоходи та громадський транспорт, враховуючи їхні реакції на зміни в трафіку та на світлофорах.

- використання великих даних і сенсорів - сучасні динамічні моделі інтегрують дані з різноманітних джерел, таких як GPS-трекери, камери спостереження, сенсори швидкості, що надають велику кількість даних про актуальні умови руху.

- адаптивність - Одна з ключових переваг динамічних моделей полягає в їхній здатності адаптуватися до поточних умов та виконувати коригування в управлінні трафіком в реальному часі, наприклад, змінюючи сигналізацію світлофорів або рекомендації GPS-навігаторам.

Для цього методу використовується наступне програмне забезпечення:

- AIMSUN також використовується для динамічного моделювання, пропонуючи інструменти для мікроскопічного, мезоскопічного та макроскопічного моделювання. Це програмне забезпечення широко використовується для планування та аналізу міських транспортних систем, дозволяючи моделювати та аналізувати реакції на зміни в транспортній мережі.

- DynusT (Dynamic Urban Systems for Transportation) — це програма для динамічного присвоєння трафіку, яка дозволяє моделювати динаміку мережі транспортних потоків з високою точністю, використовуючи динамічні методи присвоєння та симуляцію.

- Paramics дозволяє проводити динамічну симуляцію транспортних потоків, аналізуючи імпакт різних транспортних стратегій та управління. Це засіб ефективно використовується для розробки і тестування управлінських

рішень у міських умовах.

- TransModeler є ще одним програмним засобом, який може виконувати динамічне присвоєння трафіку та моделювання. Він використовується для дослідження взаємодії між різними видами транспорту і дозволяє моделювати різні транспортні умови та їхній вплив на трафік.

Переваги методу:

- висока реалістичність: динамічне моделювання дозволяє точно відтворювати поведінку транспортних потоків, реагуючи на зміни в реальному часі, що забезпечує високу реалістичність сценаріїв.

- гнучкість у реагуванні на зміни: моделі можуть швидко адаптуватися до змін у попиті на транспорт, заторах, дорожніх аваріях та інших непередбачених подіях, забезпечуючи можливість оперативного втручання та оптимізації.

- підтримка рішень щодо управління трафіком: динамічне моделювання допомагає планувати та виконувати стратегії управління трафіком, такі як регулювання часу світлофорів, розподіл трафіку та навігаційні рекомендації.

- підвищення ефективності транспортних систем: за допомогою аналізу динамічних моделей можна зменшити затори, оптимізувати час поїздки та покращити загальну ефективність транспортної мережі.

Обмеження методу:

- складність розробки та калібрування: розробка та калібрування динамічних моделей може бути складним та часомістким процесом, що вимагає глибоких знань та високої точності даних.

- залежність від якості вхідних даних: якість динамічних моделей значною мірою залежить від точності та актуальності вхідних даних, що може вимагати регулярного оновлення і перевірки даних.

- обмеження застосування в деяких сценаріях: у деяких випадках динамічні моделі можуть бути занадто складними або дорогими для реалізації, особливо в малих або менш розвинених регіонах.

Метод статичного моделювання: Традиційний метод, що припускає стабільність умов руху на певний часовий період. Статичні моделі присвоєння трафіку базуються на припущенні, що умови дорожнього руху не змінюються протягом аналізованого періоду, тому вони корисні для планування заходів на основі середніх умов. До основних особливостей даного методу можна віднести:

- середній попит і пропозицію: статичне моделювання зазвичай базується на аналізі середнього попиту на транспортні послуги та пропозиції транспортних засобів за певний, часто довший, часовий період. Наприклад, це

може бути середня кількість поїздок, що здійснюються протягом години пік або протягом цілого дня.

- фіксовані параметри: моделі не враховують зміни у трафіку або поведінці учасників руху, які можуть відбутися в різні моменти часу. Всі параметри, такі як швидкість трафіку, інтенсивність руху, пропускна спроможність доріг, вважаються фіксованими.

- спрощене представлення мережі: транспортна мережа моделюється на основі загальних шляхів переміщення без детального врахування тимчасових змін, таких як дорожні роботи, аварії або сезонні коливання.

- матрицю поїздок: основним інструментом статичного моделювання є матриця поїздок, яка вказує на кількість поїздок між різними точками мережі для стандартного періоду часу. Ця матриця служить основою для розрахунків розподілу трафіку.

Для цього методу використовується наступне програмне забезпечення:

- TransCAD - це ПС-орієнтоване програмне забезпечення для транспортного планування, яке інтегрує транспортні функції з геопросторовим аналізом. [7] Воно широко використовується для статичного моделювання, зокрема для створення матриць поїздок, моделювання попиту на транспорт та аналізу мережі.

- EMMЕ - потужне програмне рішення для макроскопічного планування транспортних систем, що використовується в багатьох містах та регіонах для аналізу попиту та пропозиції у транспортній мережі. Воно дозволяє виконувати різноманітні статичні аналізи, включаючи моделювання розподілу трафіку та оптимізацію маршрутів.

- CUBE від компанії Citilabs є ще одним важливим інструментом для статичного моделювання, який забезпечує комплексне рішення для транспортного планування та аналізу. Він дозволяє моделювати всі види транспорту, включаючи громадський транспорт, автомобільний рух та немоторизовані переміщення.

- VISUM від PTV Group — це інтегроване рішення для планування транспортних мереж, яке широко використовується для статичного моделювання. [8] Воно включає функції моделювання попиту, присвоєння трафіку та аналізу мережі, забезпечуючи можливості для детального планування та оцінки транспортних проектів.

Переваги методу:

- спрощеність та доступність: статичне моделювання є відносно простішим для розуміння та використання, оскільки воно не вимагає складних алгоритмів для моделювання змін у часі, що робить його доступним для широкого кола планувальників та інженерів.

- ефективність для довгострокового планування: цей метод ефективно використовується для довгострокового планування інфраструктурних проектів, таких як будівництво нових доріг або розширення існуючих мереж, оскільки він дозволяє оцінювати потреби на основі загальних потоків та трендів.

- коштовність: статичні моделі, зазвичай, вимагають менше обчислювальних ресурсів порівняно з динамічними моделями, що знижує витрати на аналіз та обладнання.

Обмеження методу:

- недостатня динаміка: статичне моделювання не може адекватно відображати зміни в патернах трафіку, які відбуваються протягом дня або у відповідь на тимчасові події, такі як дорожні роботи чи аварії.

- загальні припущення: модель заснована на загальних припущеннях і середніх значеннях, що можуть не враховувати локальні особливості або унікальні умови, що складаються в певних частинах транспортної мережі.

- обмеження в прийнятті оперативних рішень: статичні моделі не придатні для використання в умовах, які вимагають швидкого реагування на зміни у транспортній системі, як це потрібно, наприклад, для управління трафіком у реальному часі.

Застосування та призначення методів транспортного моделювання

Представимо завдання, які можна вирішувати, використовуючи методи моделювання транспортних потоків: [10]

- прогнозувати пасажирські і автомобільні потоки по вуличним, а також дорожнім мережам країни, області, регіону або певного міста;

- прогнозувати кількість дорожньо-транспортних пригод із урахуванням інших факторів вулично-дорожньої мережі;

- детально аналізувати зміни пасажирських / автомобільних потоків при реалізації різних рішень, пов'язаних зі зміною містобудівної або транспортної інфраструктури;

- формувати оптимальні режими світлофорного регулювання на різних об'єктах вулично-дорожньої мережі;

- вибудовувати черговість будівництва об'єктів містобудівної та транспортної інфраструктури;

- оптимізувати роботу міського транспорту.

Призначення, з точки зору практичного застосування і вирішення конкретних завдань, з'являється у моделей тільки в складі спеціальних програмних комплексів. Таким чином, класифікувати за призначенням представляється можливим тільки готове програмне забезпечення для моделювання транспортних потоків. [11] З цієї позиції існуючі програмні

продукти розділимо на застосовувані для:

- попереднього (скетч) планування, в тому числі, домережеві методи;
- стратегічного планування (прогнозування);
- тактичного планування і управління (макро- і мезомоделі);
- планування роботи окремих видів транспорту (вантажний, таксі та інший);
- детального аналізу руху потоків (мікро- і мезомодельовання);
- оптимізації параметрів координованого світлофорного регулювання, в тому числі в автоматизованих системах управління дорожнім рухом;
- розрахунку геометричних параметрів і параметрів регулювання на окремих перехрестях;
- аналізу руху пішохідних потоків;
- оцінки рівня безпеки руху.

Варто відзначити, що останнім часом спостерігається тенденція об'єднання інструментів для вирішення декількох завдань в єдиному програмному комплексі або взаємопов'язаному сімействі продуктів одного розробника. Також з'являється багато програмних модулів стикування між поширеними продуктами різного призначення для спрощення процесу введення і обміну даними. Таким чином, важким виявляється віднесення багатьох програмних продуктів до однієї з перерахованих категорій за призначенням.

Підсумовуючи, з точки зору розглянутої вище інформації, маємо можливість зробити розділення моделей на наступні типи: аналітичні макромоделі, аналітичні мікромоделі, імітаційні макромоделі, імітаційні мікромоделі.

Зі збільшенням складності транспортних мереж та систем організації руху одним із основних методів оцінки та оптимізації різних систем організації дорожнього руху (ОДР) виступає мікроскопічне імітаційне моделювання. Результати мікромоделювання руху служать підґрунтям для розбудови кіберфізичних систем дорожнього руху. Моделювання вулично-дорожньої мережі, (ВДМ) у свою чергу, дозволяє проведення інженерного аналізу і подальшого затвердження найефективнішого (з точки зору вартості, безпеки руху, пропускної спроможності та інших факторів) інженерного рішення.

Важливо відмітити, що підвищення точності оцінки рівня безпеки руху на етапі проектування елементів ВДМ дає не тільки коректний вибір методу моделювання у сукупності із конкретною реалізацією моделі, але й комплекс заходів щодо адаптації вибраної реалізації методу моделювання під конкретний тип елементу вулиць і доріг населених пунктів. [12]

Метод імітаційного мікромоделювання як інструмент аналізу і

оцінки заходів підвищення безпеки руху у міському просторі

Імітаційні моделі дозволяють виконати тестування ще не збудованого об'єкта, змоделювати різні можливі сценарії його роботи, провести ряд експериментів, пов'язаних з різними позаштатними ситуаціями, перевіривши при цьому стійкість роботи даного об'єкта в подібних ситуаціях.

При використанні даного методу динамічні процеси системи й оригіналу підміняються процесами, імітованими алгоритмом моделі, з дотриманням тих же співвідношень тривалостей, логічних і тимчасових послідовностей, як і в реальній системі. [13] Як в процесі імітації функціонування досліджуваної системи, так і під час проведення експерименту з самим оригіналом, фіксуються певні події і стани, за якими обчислюються потім необхідні характеристики якості функціонування досліджуваної системи (рівень затримок, середня швидкість, число зупинок, рівень завантаження). Кожен експеримент з моделлю має в основі випадкове число, що визначає подальший розвиток подій в моделі. Статистично достовірні результати можуть бути отримані тільки шляхом усереднення результатів по декількох реплікацій (прогонів) моделі. Число прогонів визначається відповідно до положень теорії планування експерименту.

Структуру імітаційної мікромоделі можна уявити через взаємодію елементів системи ВАДС (водій-автомобіль-дорога-середовище) [14].

Водій. Даний елемент системи містить вищеописані моделі поведінки при русі в потоці (проходження за лідером, зміни смуги, вибору розриву в потоці), також враховується притаманний водієві час реакції, бажана швидкість руху, ступінь дотримання обмеження швидкісного режиму і інші поведінкові характеристики.

Автомобіль. Елемент автомобіль описується в основному фізичними габаритами (довжина і ширина), тягово-швидкісними характеристиками, приналежністю до якого-небудь класу, пасажиромісткістю.

Дорога. В рамках даного елемента системи описуються всі параметри інфраструктури, організації та управління рухом. Сюди входять геометричні параметри ВДМ (число і ширина смуг, радіуси поворотів, ухили), параметри ОДР (напрямки по смугах, заборона маневрів, обмеження швидкості, виділені смуги), параметри управління (режими світлофорного регулювання, параметри роботи автоматизованих систем управління дорожнім рухом).

Середовище. У поняття середовища в імітаційному моделюванні входить вплив на транспортні потоки погодних умов в частині обмеження видимості і зниження зчпних якостей покриття. Ці фактори призводять до зниження швидкості руху і збільшення дистанції між автомобілями.

Таким чином, програмні комплекси мікромоделювання імітують рух

транспортних потоків на рівні взаємодії елементів системи ВАДС [15].

Можна виділити основні фактори, за наявності яких застосування мікромодельовання буде виправданим при формуванні моделі безпеки руху. До них відносимо:

- Складність і висока інтенсивність трафіку. Коли мережа характеризується складними трафічними взаємодіями та високою інтенсивністю руху, мікромодельовання дозволяє детально проаналізувати поведінку окремих учасників руху, включаючи різні маневри, зміни смуги руху, і як ці дії впливають на безпеку дорожнього руху.

- Часті дорожньо-транспортні пригоди. На ділянках доріг з високим рівнем дорожньо-транспортних пригод мікромодельовання може бути використане для ідентифікації основних причин аварійності, аналізу поведінкових факторів водіїв та пішоходів, та розробки цільових заходів з підвищення безпеки.

- Впровадження нових технологій. При введенні нових технологій, таких як автономні транспортні засоби або інтелектуальні транспортні системи, мікромодельовання дозволяє оцінити, як ці нововведення вплинуть на поведінку та безпеку всіх учасників руху.

- Розробка та переосмислення дорожньої інфраструктури. Для аналізу впливу існуючої або запланованої дорожньої інфраструктури на безпеку руху, мікромодельовання допомагає визначити найбільш ризиковані точки та запропонувати конструктивні зміни, такі як покращення освітленості, організація дорожнього руху або модифікація дорожніх знаків.

- Детальні симуляції руху. Коли потрібно виконати детальні симуляції для підготовки тренінгів, відпрацювання надзвичайних ситуацій або демонстрації планів евакуації, мікромодельовання надає точні та візуально зрозумілі засоби для оцінки і планування.

Висновок.

Розглянуто можливості різних методів транспортного моделювання за допомогою сучасних систем автоматизації, а також основні переваги та обмеження для кожного із методів моделювання. Враховуючи проведене дослідження було виявлено, що для аналізу рівня безпеки існуючих рішень елементів вулично-дорожньої мережі та під час розробки моделі безпеки руху у населених пунктах найбільш використовуваним є метод імітаційного мікромодельовання. В той же час, застосування комплексу заходів щодо адаптації вибраної реалізації даного методу під конкретний тип елемента ВДМ суттєво впливає на підвищення точності результатів оцінки безпеки руху у містах.

Список джерел

1. Gipps, P.G. (1981). "A behavioural car-following model for computer simulation." *Transportation Research Part B*, 15(2), P. 105-111.
2. Treiber, M., & Kesting, A. (2013). "Traffic Flow Dynamics: Data, Models and Simulation." Springer, P. 205-243.
3. Fellendorf, M., & Vortisch, P. (2010). "Microscopic Traffic Flow Simulator VISSIM." In: Barcelo, J. (Ed.), *Fundamentals of Traffic Simulation. International Series in Operations Research & Management Science*, 145, Springer, P. 63-93.
4. Mahmassani, H.S. (2001). "Dynamic Network Traffic Assignment and Simulation Methodology for Advanced System Management Applications." *Networks and Spatial Economics*, 1, P. 267-292.
5. AIMSUN Next (2020). "AIMSUN User's Manual.", P. 78-140.
6. Godfrey, J.W. (1969). "The Mechanism of a Road Network." *Traffic Engineering & Control*, 11(7), P. 323-327.
7. Сидоренко О.Ю., Лазарєв Л.А. (2017). "Макроскопічні моделі транспортних потоків для міських мереж." *Вісник ХНУРЕ*, 3(62), С. 80-90.
8. Caliper Corporation. (2020). "TransCAD User's Guide." URL: <https://www.scribd.com/document/369276858/218535426-Transcad-User-Manual-4-5-pdf> (Accessed: 15 April 2024).
9. PTV Group. (2022). "VISUM User Manual." URL: <https://www.scribd.com/document/582217970/PTVVisum2022-Manual> (Accessed: 11 April 2024).
10. Севрук В.В. (2013). "Сучасні методи моделювання транспортних потоків. С. 68-102.
11. Горбенко А.О., Левченко К.М. (2019). "Аналіз мікроскопічних моделей транспортних потоків для визначення показників ефективності." *Науковий вісник НУБіП України*, 1(5), С. 90-105.
12. Томашевський О.В., Іваненко О.С. (2018). "Моделювання транспортних потоків на макроскопічному рівні: проблеми та шляхи вирішення." *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Серія: Математика, Механіка*, 2(4), С. 110-125.
13. Горбенко А.О., Левченко К.М. (2019). "Аналіз мікроскопічних моделей транспортних потоків для визначення показників ефективності." *Науковий вісник НУБіП України*, 1(5), С. 90-105.
14. Кульбашна Н.І. СИСТЕМНИЙ ПІДХІД В ЕРГОНОМІЧНОМУ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ УМОВ РУХУ НА ДОРОЗІ / Н.І. Кульбашна, К.О. Сорока, І.Е. Линник // *Кибернетика и системный анализ: міжнар. наук.-техн. журн.* - Київ: Ін-т. кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, 2019. – № 3. – С. 90–98.
15. Кристопчук, М.Є. Ефективність пасажирської транспортної системи приміського сполучення: дис. ... к. т. н. / М.Є. Кристопчук. – Харків: ХНАМГ, 2009. – 214 с.

PhD student **Vitalii Ivasenko**,
Candidate of Technical Sciences, Professor **Oleksandr Zavalny**,
O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv

METHODS OF TRANSPORT MODELLING AS RESEARCH TOOLS IN CREATING TRAFFIC SAFETY MODELS IN URBAN AREAS

In a modern city with heavy traffic and increasing complexity of transportation systems, the issue of traffic planning to minimize the number of road accidents becomes particularly acute.

Transport modelling is one of the tools used in the research and development of traffic models in urban areas. By using transport modelling, it is possible to identify potential hazards and evaluate the effectiveness of proposed safety measures that reduce accident risks and improve traffic safety in urban planning.

Existing transport modelling methods, including microscopic, mesoscopic, macroscopic, dynamic, and static, have been examined. An analysis of the main characteristics of each method was conducted, along with the software that supports their implementation, evaluating the advantages and limitations of each method as research tools in creating traffic safety models in urban areas.

As a result of the study, the simulation micromodelling method was proposed for assessing safety levels when analyzing existing solutions or during the design phase of new elements of the street and road network in cities. Key factors have been identified that justify the use of micromodelling when forming a traffic safety model.

Based on the research, it was found that for assessing the safety level of existing solutions for street and road network elements and during the development of a traffic safety model in urban areas, the simulation micromodelling method is the most appropriate. At the same time, applying a set of measures to adapt the chosen implementation of this method to a specific type of street and road network element significantly improves the accuracy of traffic safety assessment results in cities.

Keywords: transport modelling; traffic safety; simulation micromodelling; traffic safety models.

REFERENCES:

1. Gipps, P.G. (1981). "A behavioural car-following model for computer simulation." *Transportation Research Part B*, 15(2), P. 105-111. {in English}
2. Treiber, M., & Kesting, A. (2013). "Traffic Flow Dynamics: Data, Models and Simulation." Springer, P. 205-243. {in English}
3. Fellendorf, M., & Vortisch, P. (2010). "Microscopic Traffic Flow Simulator VISSIM." In: Barcelo, J. (Ed.), *Fundamentals of Traffic Simulation*.

International Series in Operations Research & Management Science, 145, Springer, P. 63-93. {in English}

4. Mahmassani, H.S. (2001). "Dynamic Network Traffic Assignment and Simulation Methodology for Advanced System Management Applications." *Networks and Spatial Economics*, 1, P. 267-292. {in English}

5. AIMSUN Next (2020). "AIMSUN User's Manual.", P. 78-140. {in English}

6. Godfrey, J.W. (1969). "The Mechanism of a Road Network." *Traffic Engineering & Control*, 11(7), P. 323-327. {in English}

7. Sydorenko, O.Y., & Lazarev, L.A. (2017). "Macroscopic Models of Traffic Flows for Urban Networks." *Visnyk KhNURE*, 3(62), P. 80-90. {in Ukrainian}

8. Caliper Corporation. (2020). "TransCAD User's Guide." URL: <https://www.scribd.com/document/369276858/218535426-Transcad-User-Manual-4-5-pdf> (Accessed: 15 April 2024). {in English}

9. PTV Group. (2022). "VISUM User Manual." URL: <https://www.scribd.com/document/582217970/PTVVisum2022-Manual> (Accessed: 11 April 2024). {in English}

10. Sevruk, V.V. (2013). "Modern Methods of Traffic Flow Modelling." P. 68-102. {in Ukrainian}

11. Horbenko, A.O., & Levchenko, K.M. (2019). "Analysis of Microscopic Models of Traffic Flows to Determine Efficiency Indicators." *Scientific Bulletin of NUBiP of Ukraine*, 1(5), P. 90-105. {in Ukrainian}

12. Tomashevskiy, O.V., & Ivanenko, O.S. (2018). "Modeling of Traffic Flows at the Macroscopic Level: Problems and Solutions." *Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Series: Mathematics, Mechanics*, 2(4), P. 110-125. {in Ukrainian}

13. Horbenko, A.O., & Levchenko, K.M. (2019). "Analysis of Microscopic Models of Traffic Flows to Determine Efficiency Indicators." *Scientific Bulletin of NUBiP of Ukraine*, 1(5), P. 90-105. {in Ukrainian}

14. Kulbashna, N.I., Soroka, K.O., & Lynnyk, I.E. (2019). "Systemic Approach in Ergonomic Support of Road Traffic Conditions." *Cybernetics and Systems Analysis*, 3, P. 90-98. {in Ukrainian}

15. Krystopchuk, M.Ye. (2009). *Efficiency of the Passenger Transport System of Suburban Connections [PhD dissertation]*. Kharkiv: KhNAMG, 214 p. {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2076-815x.2024.86.300-313

УДК 691.335

к.т.н., професор **Керш В.Я.**,
vkersh@hotmail.com, ORCID: 0000-0001-6085-5260,
Левицький Д.В., levin3893@gmail.com, ORCID:0000-0001-5350-522X,
Тихонюк С.А., tihoniuk1984@gmail.com, ORCID: 0009-0009-9444-3905,
к.т.н., доцент **Фощ А.В.**, nikitkos@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1299-1094,
Одеська державна академія будівництва та архітектури

ПІДВИЩЕННЯ ВОДОСТІЙКОСТІ ШТУКАТУРНОЇ СУМІШІ НА ОСНОВІ ГІПСОВМІЩУЮЧОГО В'ЯЖУЧОГО

Розглядаються перспективи застосування композиційних матеріалів на основі гіпсу для ремонту пошкоджених стін будівель з вапняку-черепашника. Ремонт пошкоджених конструкцій з черепашнику цементними складами інтенсифікує руйнівні процеси; використання вапняно-піщаних сумішей для ремонтних робіт на фасадах будівель є проблемним через їх тривале твердіння. Обґрунтовується прийняття гіпсу в якості основи ремонтного складу. Застосування гіпсових композитів для зовнішніх робіт вимагає значного збільшення їхньої водостійкості. Запропоновано штукатурну суміш на золотіпсоцементному в'язучому з добавкою вапна; в планованому експерименті виготовлена серія зразків з різним вмістом компонентів. Досліджено їхню водостійкість з застосуванням двох критеріїв: звичайного - коефіцієнта розм'якшення (K_p) та нового - індексу водостійкості (I_v); виконано порівняння цих критеріїв. Встановлено істотну залежність цих критеріїв від умов проведення вимірювань, які в даний час не нормуються. Побудовано математичні моделі характеристик водостійкості, за допомогою яких проаналізовано вплив вмісту компонентів на стійкість штукатурного складу до дії води. Для додаткового підвищення водостійкості суміші обрано гідрофобізуючу добавку за показниками змочування поверхні та водопоглинання. Подальші дослідження спрямовані на оптимізацію ремонтного складу з використанням пластифікуючих, гідрофобізуючих і адгезійних добавок.

Ключові слова: вапняк-черепашник; гіпсові композити; гіпсоцементно-пуцоланове в'язуче; водостійкість; коефіцієнт розм'якшення; індекс водостійкості; математичне моделювання; гідрофобізація.

Постановка проблеми. Руйнування будівель з вапняку-черепашника в Одеському регіоні частішає і стає соціально-економічною проблемою, яка з часом загострюється [1-3]. Поряд з іншими факторами, найважливішою, на

наш погляд, причиною ослаблення та подальшої руйнації несучих конструкцій старих будівель є зволоження черепашника, що призводить до зниження несучої здатності конструкції аж до її повної втрати.

Деякі будівлі мають пошкоджене штукатурне оздоблення, у інших штукатурний шар відсутній взагалі, тому що не передбачений проєктом. Незахищені конструкції надмірно звожуються, внаслідок чого починається їх руйнація. Цей процес прискорюється в холодну пору року при заморожуванні води в порах і тріщинах матеріалу.

Ремонт пошкоджених конструкцій з черепашнику цементними складами інтенсифікує руйнівні процеси, механізми яких визначаються властивостями взаємодіючих матеріалів. По-перше, цементна суміш при схоплюванні схильна до усадки і, за рахунок більшої міцності, в процесі твердіння створює напруження в поверхневих шарах ракушняка. По-друге, паропроникність черепашника значно перевищує паропроникність цементного шару, який є перешкодою на шляху виходу пари з конструкції [4].

Використання вапняно-піщаних сумішей для ремонтних робіт на фасадах будівель є проблемним через їх тривале твердіння; потребує захисту від атмосферних опадів, замерзання, пересушування нагрівання вище 25°C та інтенсивного наскрізного провітрювання [5].

У зв'язку з вищевикладеним, актуальним завданням є розробка сумісних з вапняком ремонтних складів вітчизняного виробництва, спроможних конкурувати з зарубіжними, значно дорожчими аналогами. Ремонтно-захисна композиція, що розробляється, має бути хімічно сумісною з матеріалом вапняку – черепашника, та мати додаткові особливі властивості: узгоджену с основним матеріалом міцність і паропроникність, підвищену водостійкість, покращену адгезію, прискорене твердіння, відносно невелику вартість.

Виходячи з перерахованих вище вимог, основним в'язучим компонентом суміші прийнято будівельний гіпс Г5. Прийняття гіпсу в якості основи ремонтного складу обґрунтовується наступним: гіпс за своїм хімічним складом є сумісним до вапняку; він прискорює процес твердіння і набору міцності штукатурного шару; гіпс нівелює усадку цементного компоненту та запобігає появі тріщин на поверхні штукатурки і порушенню монолітності шару; він є відносно дешевою в'язучою речовиною, відповідає вимогам екологічної безпеки та економії ресурсів і енергії під час його виробництва.

Але суттєвим недоліком матеріалів на чистих гіпсових в'язучих є їх низька водостійкість, у зв'язку з чим їх використовують тільки всередині будівель.

Метою публікації є аналіз шляхів підвищення водостійкості штукатурних сумішей на основі гіпсових в'язучих, призначених для ремонту зовнішніх стін будівель з вапняку-черепашника.

Аналіз досліджень та публікацій по темі дослідження. Причини низької водостійкості гіпсу розглядаються у багатьох роботах [6-8], основними вважаються наступні: висока розчинність дигідрату сульфату кальцію; розклинювальна дія молекул води при проникненні в міжкристалічні порожнини (ефект Ребіндера); висока сполучна пористість затверділого гіпсового каменю.

За останні десятиліття виявлені найбільш ефективні шляхи підвищення водостійкості матеріалів на основі гіпсового в'язучого [7-13]: 1) створення сумішей зі зниженою розчинністю на основі гіпсу та цементу з добавкою компонентів з пуцоланічною активністю (золи і шлаки, трепел, опока) для запобігання утворенню етtringіту; 2) застосування гідрофобізуючих добавок, 3) застосування комплексних добавок, що включають у свій склад мелені наповнювачі (наприклад – керамзитовий пил), вапно, пластифікатор.

На першому етапі розробки ремонтної композиції реалізовано варіант з використанням гіпсоцементно-пуцоланового в'язучого (ГЦПВ) – гіпсу в поєднанні з цементом (мелений клінкер) і золою як пуцолановою добавкою. Для ймовірного підвищення пластичності та водостійкості до складу вихідної суміші вводили гашене вапно. В планованому 3-х факторному експерименті варіювались масовий вміст компонентів у відсотках від фіксованої кількості гіпсу: цементу – x_1 (40-60%), вапна - x_2 (40-60%) і золи – x_3 (20-60%). Кількість води підбиралась за нормальною густиною суміші. Було виготовлено 15 x 3 стандартних балочок розміром 40x40x160 мм.

Водостійкість будівельних матеріалів та виробів зазвичай оцінюється коефіцієнтом розм'якшення K_p – це відношення міцності матеріалу, насиченого водою, до його міцності в сухому стані – $K_p = R_{вол}/R_{сух}$. При значенні коефіцієнта розм'якшення більше 0,8 матеріал вважається водостійким. Коефіцієнт розм'якшення будівельного гіпсу коливається в межах від 0,3 до 0,45 [9]. Використання високоміцного гіпсу у поєднанні з цементом, комплексними мінеральними та хімічними добавками може підвищити коефіцієнт розм'якшення до 0,7 - 0,8 [10], тобто такий матеріал вже можна використовувати для зовнішніх робіт. Але з точки зору економічності суміші бажаним є використання звичайного будівельного гіпсу. Тим більше, що штукатурка не є фінішним шаром, а повинна мати захисно-декоративне покриття.

Визначення коефіцієнта розм'якшення гіпсовмісних матеріалів ускладнюється відсутністю українських нормативних вимог до умов проведення вимірювань. Навіть для суто гіпсових в'язучих немає таких

вказівок у відповідному ДСТУ [14]. Більше за того, немає нормативних вимог до умов визначення коефіцієнта розм'якшення комбінованих в'язучих на основі гіпсу в поєднанні з цементом, вапном або полімерами. Насамперед маються на увазі тривалість витримки зразків у сухому стані та час замочування зразків. Немає унормованих вимог щодо зволоження зразків – чи треба їх висушувати перед зволоженням, або можна їх зволожувати безпосередньо з рівноважно-вологісного стану. Наприклад, у скасованому на даний момент ГОСТ 23789-79 вимагалось зразки висушувати в сушильній шафі протягом 48 годин при температурі $(50 \pm 5)^\circ\text{C}$ і стільки ж часу насичувати їх водою. У прийнятому на його заміну ГОСТ 23789-2018 (EN 13279-2:2004, NEQ) пункт «Визначення водостійкості гіпсового каменю» вилучено взагалі. Сам термін «у сухому стані» трактується по-різному. У роботі [8] при розрахунку K_r як міцність у сухому стані прийнята «границя міцності зразків при стисканні (після 28 діб вологого зберігання)», час насичення зразків водою не вказано. Можна припустити, що, якби в розрахунках була прийнята міцність висушених зразків, коефіцієнт розм'якшення був би значно нижчим. В інших роботах також не зазначаються умови визначення коефіцієнта розм'якшення.

Основна частина. В даній роботі розглядаються питання, пов'язані з підвищенням стійкості штукатурної суміші, що розробляється, до дії води. Треба розуміти, що зволоження штукатурного шару відбувається не тільки за рахунок атмосферної вологи, але і при проходженні пари скрізь конструкцію з можливою конденсацією в поверхневому шарі.

Коефіцієнт розм'якшення, як критерій оцінки, неоднозначно відображає фактичну водостійкість матеріалу. Його величина залежить від співвідношення міцностей у водонасиченому та сухому стані: $K_r = R_{\text{вол}}/R_{\text{сух}}$; в деяких випадках матеріали з меншою міцністю можуть мати більший K_r , ніж матеріали з більшою міцністю [15, 16]. В результаті такої формальної оцінки до водостійких матеріалів можуть бути віднесені матеріали з неприпустимо низькими значеннями міцності, і навпаки, матеріали з високими значеннями міцності (особливо у вологому стані) будуть необґрунтовано обмежені у застосуванні.

Для прийняття більш обґрунтованого рішення про можливість застосування гіпсовмісного матеріалу в умовах підвищеної вологості, зокрема для оштукатурювання зовнішніх стін, необхідний коректніший критерій оцінки водостійкості. Таким критерієм, на наш погляд, може бути індекс водостійкості, в якому «посилена» роль міцності матеріалу у водонасиченому стані, що збільшує роль цієї характеристики, як більш значущої для проектувальників, $I_v = R^2_{\text{вол}}/R_{\text{сух}}$. Переваги та доцільність використання цього критерію для об'єктивної оцінки водостійкості гіпсових композитів викладені у [15]. У даній роботі використані обидва наведені вище критерії.

Водостійкість визначалась через 2 години замочування зразків та через 48 годин замочування, враховуючи наявність у суміші повільно твердіючих компонентів - цементу та вапна. Зниження міцності в останньому випадку, порівняно з двогодинним зволоженням, склало в середньому 30 відсотків. Втім мінімальна міцність зразків через 48 годин замочування була в межах 2,1÷2,5 МПа, що перевищує міцність більшості видів вапняку-черепашника навіть у природному стані вологості [17]; максимальна міцність вологих зразків досягає майже 5 МПа. За міцність у сухому стані прийнято міцність висушених зразків після 7 та 28 діб твердіння.

Значення міцності дослідних зразків у вологому стані, їх коефіцієнтів розм'якшення та індексів водостійкості наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Значення міцності у вологому стані $R_{вол}$, коефіцієнту розм'якшення K_p та індексу водостійкості I_v зразків при різних термінах їх замочування (г- годин) та твердіння (д - діб)

№ зразків	$R_{вол}$, МПа при замочуван.		$K_p = R_{вол}/R_{сух}$ за умов				$I_v = R_{вол}^2/R_{сух}$ за умов			
	г	8г	г/7д	г/28д	8г/7д	8г/28д	г/7д	г/28д	8г/7д	8г/28д
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	3,36	2,72	0,85	0,58	0,69	0,47	2,85	1,96	1,87	1,28
2	4,00	3,35	0,63	0,45	0,56	0,40	2,50	1,79	1,75	1,25
3	5,90	4,96	0,79	0,59	0,67	0,50	4,52	3,39	3,31	2,48
4	3,20	2,40	0,73	0,54	0,55	0,41	2,33	1,73	1,31	0,97
5	4,64	4,00	0,66	0,55	0,57	0,47	3,06	2,54	2,27	1,89
6	3,20	2,40	0,56	0,39	0,42	0,29	1,80	1,25	1,01	0,71
7	3,36	2,56	0,63	0,58	0,48	0,44	2,12	1,93	1,23	1,12
8	3,84	2,24	0,55	0,53	0,32	0,31	2,09	2,05	0,71	0,70
9	3,36	2,56	0,58	0,45	0,44	0,34	1,96	1,50	1,14	0,87
10	3,52	2,40	0,78	0,63	0,53	0,43	2,74	2,21	1,27	1,03
11	2,88	2,08	0,62	0,55	0,45	0,39	1,79	1,57	0,93	0,82
12	4,00	2,88	0,64	0,57	0,46	0,41	2,56	2,27	1,33	1,18
13	3,52	2,88	0,64	0,44	0,52	0,36	2,24	1,55	1,50	1,04
14	3,84	3,28	0,64	0,51	0,61	0,49	2,46	1,96	1,79	1,43
15	4,06	2,56	0,79	0,63	0,50	0,40	3,22	2,58	1,28	1,02

Аналіз даних у таблиці дозволяє зробити такі висновки:

1. Коефіцієнт розм'якшення (так само, як і індекс водостійкості) істотно залежить від умов проведення випробувань, особливо для складів на змішаних в'язучих з різними термінами твердіння. Загальна тенденція для обох критеріїв – вони зменшуються з збільшенням термінів твердіння та тривалості замочування, проте для K_r спостерігаються відхилення від цієї закономірності, а для I_v зменшення - монотонне.

2. Коефіцієнт розм'якшення не дозволяє коректно порівнювати склади на змішаних в'язучих за водостійкістю: порівнюючи показники зразків №1 і №5, бачимо, що у 5-го зразка міцність вища за обох термінів замочування. У той самий час його K_r менше чи дорівнює K_r 1-го зразка. Якщо судити тільки по K_r , то зразок №1 більш водостійкий порівняно зі зразком №5, хоча міцність у вологому стані «п'ятірки» майже в півтора рази вища за перший зразок.

І навпаки, склади, з порівнянною міцністю у водонасиченому стані, але різною міцністю у сухому стані, мають суттєво різні коефіцієнти розм'якшення, хоча саме міцність у вологому стані визначає можливості застосування матеріалу для фасадних робіт; такий самий некоректний висновок про водостійкість матеріалу можна зробити, порівнюючи K_r 3-го складу з іншими зразками експериментальної серії.

Індекс I_v , як видно з таблиці, адекватніше відбиває водостійкість матеріалу, та дозволяє більш коректно порівнювати склади на змішаних в'язучих за водостійкістю.

3. Коефіцієнти розм'якшення, визначені як відношення міцності зразків після 2-годинної витримки у воді до міцності сухих у 7-добовому віці (стовпчик 4 таблиці 1), максимальні для всіх зразків; значення K_r деяких зразків наближаються до 0,8, що дозволяє розглядати ці склади як водостійкі навіть без застосування гідрофобізуючих добавок. У той же час коефіцієнти розм'якшення цих же гіпсоцементно-пуцоланових складів, визначені за інших умов, не дозволяють визнати їх водостійкими, що суперечить здоровому глузду. Є нагальна потреба в стандартизації умов проведення випробувань гіпсовмісних композицій на стійкість до дії води.

Для міцності у вологому стані $R_{вол}$ і критеріїв K_r та I_v , які визначені за умови твердіння зразків 7 і 28 діб та замочування 2 і 48 годин, розраховані математичні моделі за програмою *Comrex* (розроблена на кафедрі ПАТБМ ОДАБА [18]), завдяки яким вивчено вплив вмісту компонентів – цементу (фактор x_1), вапна (x_2) і золи (x_3) на водостійкість суміші. Як приклад, значимі коефіцієнти деяких моделей $R_{вол}$, K_r та I_v за різних термінів твердіння та зволоження наведено в таблиці 2, а відповідні зображення ізоперхонь – на рис. 1 і 2.

Проведений аналіз моделей показав, що коефіцієнт розм'якшення неоднозначно оцінює роль компонентів суміші, наприклад вапна, в забезпеченні водостійкості матеріалу. У моделі 2-го годинного зволоження K_p 2г/7д (табл. 2) відсутній лінійний коефіцієнт b_2 при x_2 (вапно), враховуються тільки лінійні ефекти впливу цементу і золи, а також незначний вплив взаємодії вапна і золи.

Водночас роль золи явно перебільшується (коефіцієнт b_3 - найвищий), хоча відомо, що водостійкі властивості матеріалу надає саме цемент. Найбільше розрахункове значення K_p 2г/7д має місце при максимальному рівні (в досліджуваному факторному просторі) вмісту вапна (рис. 1а).

В моделі K_p 48г/7д (табл. 2) з'являється незначний позитивний лінійний ефект впливу вапна (b_2) і негативні ефекти – квадратичний (b_{22}) і взаємодії вапна з цементом (b_{12}). Виходячи з цієї моделі, найбільшій рівень водостійкості забезпечується при середньому рівні вмісту вапна (рис. 1б). У той же час моделі міцності на стиск вологих зразків $R_{вол}$ після замочування впродовж 2 та 48 годин (котрі можна умовно вважати контрольними) показують, що, незалежно від терміну замочування, найбільш водостійкими є зразки, до складу яких входить мінімальна кількість вапна (табл. 2).

Таблиця 2

Коефіцієнти моделей $R_{вол}$, K_p і I_v після 7 діб (д) твердіння і 2 та 48 годин (г) зволоження

Умови вимірювань 2г/7д		
$R_{вол}$	K_p	I_v
1. $b_0 = 3.564$	1. $b_0 = 0.673$	1. $b_0 = 2.549$
2. $b_1 = 0.414$	2. $b_1 = 0.026$	2. $b_1 = 0.381$
3. $b_2 = -0.510$	3. $b_{23} = 0.022$	3. $b_2 = -0.308$
4. $b_{23} = -0.178$	4. $b_3 = 0.060$	4. $b_3 = 0.215$
5. $b_{12} = -0.298$		5. $b_{13} = 0.156$
6. $b_{13} = 0.138$		6. $b_{12} = -0.269$
7. $b_{33} = 0.322$		
Умови вимірювань 48г/7д		
$R_{вол}$	K_p	I_v
1. $b_0 = 2.496$	1. $b_0 = 0.489$	1. $b_0 = 1.190$
2. $b_1 = 0.559$	2. $b_1 = 0.063$	2. $b_1 = 0.481$
3. $b_2 = -0.369$	3. $b_2 = 0.017$	3. $b_2 = -0.198$
4. $b_{33} = 0.583$	4. $b_3 = 0.043$	4. $b_3 = 0.169$
5. $b_{23} = -0.239$	5. $b_{12} = -0.020$	5. $b_{12} = -0.293$
6. $b_{12} = -0.361$	6. $b_{22} = -0.034$	6. $b_{23} = -0.143$
	7. $b_{33} = 0.076$	7. $b_{33} = 0.485$

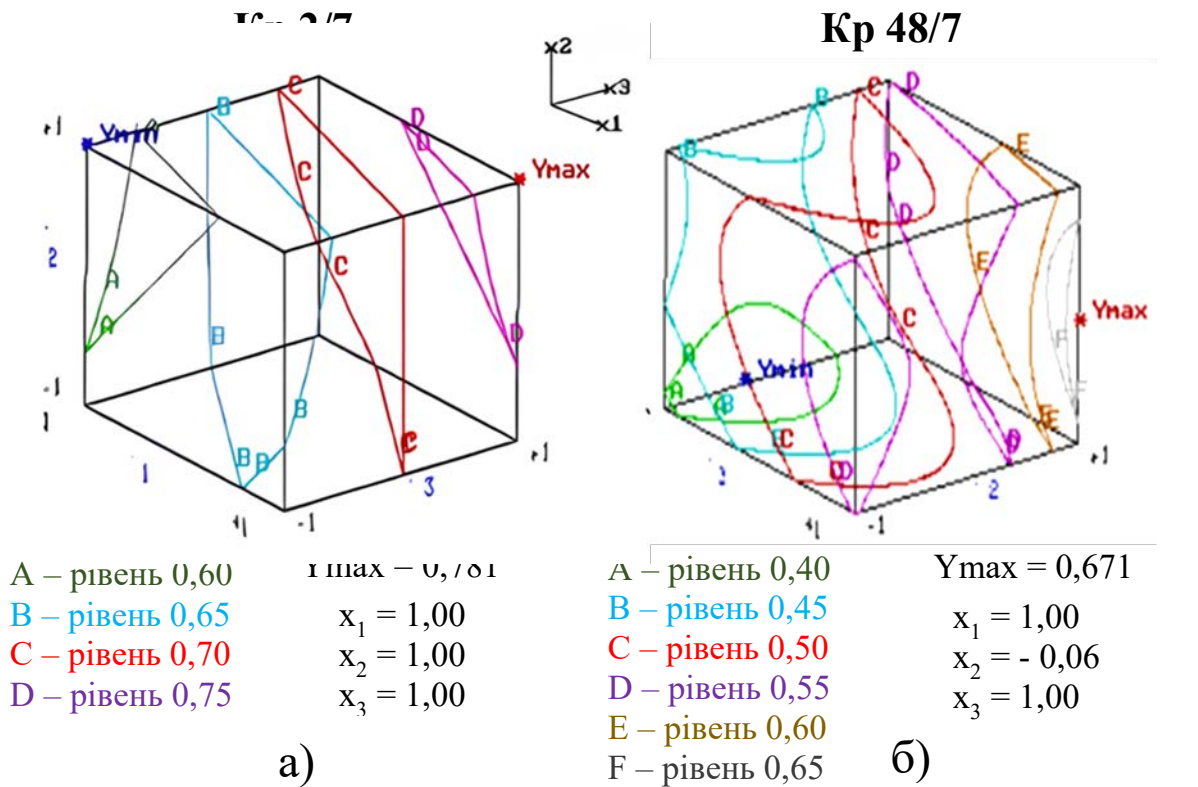


Рис. 1. Ізоповерхні коефіцієнта розм'якшення Кр після твердіння зразків 7 діб та зволоження: а) - 2 годин, б) - 48 годин

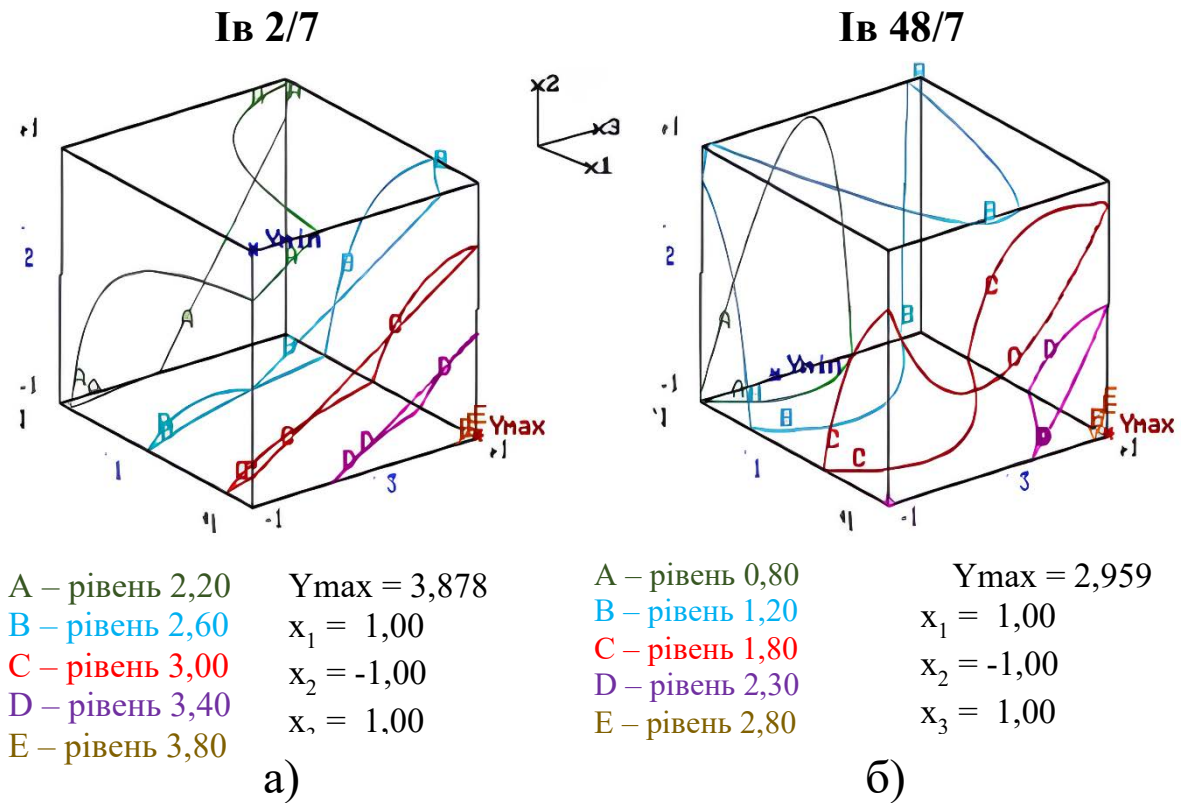


Рис. 2. Ізоповерхні індексу водостійкості Ів після твердіння зразків 7 діб та зволоження: а) - 2 годин, б) - 48 годин

Моделі запропонованого нами критерію водостійкості I_v за знаком та величиною коефіцієнтів практично співпадають з моделями R_{vol} при обох термінах замочування (табл. 2), що є підтвердженням його коректності.

Аналізуючи моделі I_v та їх графічні відображення (рис. 2) можна зробити наступні висновки:

- найбільший позитивний вплив на водостійкість ремонтної композиції на ГЦП в'язучому передбачувано чинить вміст цементу;
- наступний за значимістю компонент суміші - зола, з підвищенням вмісту якої (в досліджуваному інтервалі) водостійкість зростає;
- підвищення вмісту вапна в досліджуваному інтервалі знижує стійкість штукатурної композиції до води.

Таким чином припущення щодо корисності додавання вапна для підвищення водостійкості гіпсоцементної суміші не виправдалося. Враховуючи також, що вапно нівелює дію пуцоланової добавки, а введення кожного додаткового компонента до того ж ускладнює технологію виготовлення матеріалу, прийнято рішення про виключення вапна зі складу експериментальної суміші.

Водостійкість ремонтного складу, що розробляється, може бути додатково підвищена за рахунок об'ємної (як найбільш доцільної) гідрофобізації при виготовленні суміші.

Для досліджень з визначення порівняльної ефективності гідрофобізуючих добавок обрано шість гідрофобізаторів різної хімічної природи: ГКЖ-11К є водним розчином метилсілконату натрію; BRB «Aquisil WO» - сілан-силоксанова емульсія; BRB «SR 349» - водний розчин сілконата калію; «Coral Master Hidro» - комплекс полімерів; MC Vauchemie «Centrament HM 20» - універсальний пластифікатор-модифікатор для бетонів, відноситься до групи карбоксилатів; КО-А – кремній-органічна рідина. Дослідження проводилися на гіпсовому в'язучому марки Г-5-Б-II при $V/G = 0,56$. Добавки застосовувалися шляхом об'ємної гідрофобізації у кількості 1% від маси в'язучого [18].

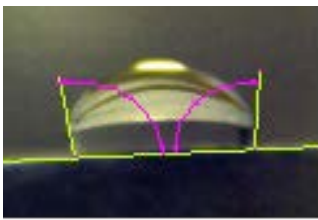
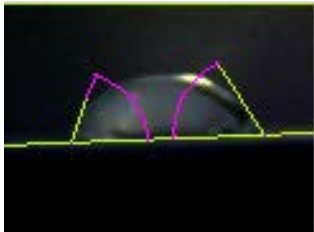
В якості критеріїв ефективності гідрофобізуючої добавки прийняті такі показники: водопоглинання (за масою) W_m , крайовий кут змочування Θ та коефіцієнт розм'якшення K_r (оскільки використовується однокомпонентне гіпсове в'язуче) [19, 20]. Деякі результати наведено в таблиці 3.

Найбільш ефективним з розглянутих гідрофобізаторів виявився ГКЖ-11К. При застосуванні гідрофобізатора ГКЖ-11К водопоглинання гіпсового каменю зменшується на 72% по відношенню до контрольного складу (без добавок). Введення гідрофобізуючої добавки дозволяє підвищити коефіцієнт розм'якшення з 0,4 (контрольний склад) до 0,51. Крайовий кут змочування між краплею води та поверхнею гіпсу, гідрофобізованого добавкою ГКЖ-11К, –

максимальний, порівняно з іншими добавками, і дорівнює 96° , що свідчить про незмочування поверхні. Застосування добавки ГКЖ-11К вітчизняного виробництва для гідрофобізації штукатурної суміші на основі ГЦПВ дозволило отримати матеріал з K_p , що перевищує 0,8.

Таблиця 3

Порівняльна ефективність деяких гідрофобізуючих добавок

Назва добавки	$W_m, \%$	Коефіцієнт розм'якшення, K_p	Крайовий кут змочування, Θ°
Контрольний зразок без добавки	21,5	0,4	Не визначається
ГКЖ-11К	6,1	0,51	 96°
МС-Vauchemie	17,9	0,41	 55°

Подальші дослідження спрямовані на встановлення оптимального вмісту гідрофобізатора при його введенні у суміш сумісно з пластифікуючою і адгезійною добавками.

Висновки та рекомендації.

1. Запропонована штукатурна суміш з підвищеною водостійкістю на основі зологіпсоцементного в'язучого для ремонту будівель з вапняку-ракушняка.

2. За результатами досліджень складів з різним вмістом компонентів побудовані математичні моделі характеристик водостійкості K_p та I_v і встановлено вміст компонентів, при якому забезпечується максимальна водостійкість ремонтного складу. Коефіцієнт розм'якшення K_p є недостатньо адекватним критерієм оцінки водостійкості. Індекс водостійкості I_v дозволяє більш коректно порівнювати подібні за якісним складом матеріали. Обидва критерії істотно залежать від умов проведення вимірювань.

3. Для підвищення стійкості зологіпсоцементної штукатурної суміші до дії

води доцільна об'ємна гідрофобізація. Досліджена ефективність ряду гідрофобізаторів вітчизняного та іноземного виробництва. Найкращою за рядом ознак серед них виявилась добавка українського виробництва ГКЖ-11К.

4. Подальші дослідження мають на меті удосконалення ремонтного складу за рахунок введення у суміш гідрофобізуючої, пластифікуючої та адгезійної добавок при їх оптимальному співвідношенні.

Список літератури

1. Обвал 4-поверхівки в Одесі...URL: <https://tsn.ua/ukrayina/obval-4-roverhivki-v-odesi-vzhe-p-yatyy-za-4-misyaci-chomu-ce-vidbuvayetsya-i-na-schochekati-lyudyam-1563342.html> (дата звернення: 12.03.2024).
2. В Одессе вторая за два дня авария...URL: <https://kr.ua/incidents/687698-v-odesse-vtoraia-za-dva-dnia-avaryia-v-ystorycheskoi-chasty-obrushylos-nezhyloezdanye> (дата звернення: 12.03.2024).
3. Na grani razrusheniya:...URL: <https://usionline.com/na-grani-razrusheniya-v-odesse-poschitali-avarijnye-doma/> (дата звернення: 12.03.2024).
4. Керш В.Я., Левицький Д.В., Тихонюк С.А. Repair mixture for limestone-shell buildings: зб. тез V Міжнар. наук.-техн. конф. «Актуальні проблеми енергоресурсозбереження та екології», ОДАБА, Одеса, 13-14 грудня 2023 р., с. 76-78.
5. Защитно-отделочная известковая штукатурка Тайфун Мастер. URL: <https://www.taifun.by/upload/iblock/647/6475d58a1a4b590d26f7ebde8680822e.pdf> (дата звернення: 12.03.2024).
6. Ферронская А.В. Гипсовые материалы и изделия (производство и применение): Справочник. М: Изд.-во АСВ, 2004. 484 с.
7. Коровяков В.Ф. Гипсовые вяжущие и их применение в строительстве. *Рос. хим. ж.*, 2003, т. XLVII, № 4. С. 18–25.
8. Кондращенко О.В. Гіпсові будівельні матеріали підвищеної міцності і водостійкості (фізико-хімічні та енергетичні основи): автореф. дис. ...д-ра техн. наук: 05.23.05. Харків: УкрДАЗТ, 2005. 40 с
9. Волженский А.В. Минеральные вяжущие вещества. М.: Стройиздат, 1986. 464 с.
10. Волженский А.В., Стамбулко В.И., Ферронская А.В. Гипсоцементно-пуццолановые вяжущие, бетоны и изделия – М.: Стройиздат, 1971. 318 с.
11. Дворкин Л.И., Дворкин О.Л. Строительные минеральные вяжущие материалы. М.: Инфра-Инженерия, 2011. 544 с.
12. Єфіменко А.С. Підвищення водостійкості гіпсових матеріалів поліфракційними мінеральними добавками: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05. Харків: УкрДУЗТ, 2021. 167 с.

13. Новосад П. В., Саницький М. А., Позняк О. Р. Підвищення водостійкості гіпсових в'язучих. *Вісник Національного університету "Львівська політехніка"*. Серія: Теорія і практика будівництва. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2018. № 888. С. 111–116.
14. ДСТУ Б В.2.7-82:2010. Будівельні матеріали. В'язучі гіпсові. Технічні умови. [Чинний від 2010-08-18]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. Київ, 2010. 29 с.
15. Керш В.Я., Фоц А.В., Колесніков А.В. Описание водостойкости гипсосодержащих композиций с помощью комбинированного критерия. Зб. праць УкрДУЗТ. Харків, 2017. Вип. №168. С. 133-139.
16. Фоц А.В., Керш В.Я. Оценка качества гидрофобизирующих добавок методами поверхностного натяжения. *Вісник ОДАБА*. Одеса: Зовнішрекламсервіс, 2016. Вип. № 62. С.185-188.
17. Новский А.В., Новский В.А., Тугаенко Ю.Ф. Известняк-ракушечник. Исследование и использование в качестве основания фундаментов. Одесса: Астропринт, 2014, с.32.
18. Вознесенский В.А. Ляшенко Т.В., Иванов Я.П., Николов И.И. ЭВМ и оптимизация композиционных материалов. Київ: Будивельник, 1989. 240 с.
19. Фоц А.В. Керш В.Я., Колесніков А.В. Оцінка якості гідрофобізуючих добавок та їх вплив на водостійкість гіпсу. Зб. праць УкрДУЗТ. Харків, 2015. Вип. №157. С. 49-53.
20. Левицький Д.В., Загинайло И.В. Установка для измерения краевого угла смачивания образцов стройматериалов. Зб. тез доп. III всеукр. наук.-практ. конф. здобув. вищої освіти та молодих вчених «Фізичні процеси в енергетиці, екології та будівництві». Одеса: ОДАБА, 2020. С. 58 – 62.

PhD in technical science, Professor **Volodymyr Kersh**,
PhD student **Dmytro Levytskyi**, PhD student **Sergey Tihoniuk**,
PhD in technical science, associate Professor **Aljona Foshch**,
Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture

INCREASING THE WATER RESISTANCE OF THE PLASTER MIXTURE BASED ON GYPSUM-CONTAINING BINDER

The article considers the prospects of using gypsum-based composite materials for repairing damaged walls of limestone-shell rock buildings. Repairing damaged shell rock structures with cement compositions intensifies destructive processes; the use of lime-sand mixtures for repair work on building facades is problematic due to their prolonged hardening. The article substantiates the use of gypsum as the basis of

the repair composition. The use of gypsum composites for exterior works requires a significant increase in their water resistance. A plaster mixture based on an ash-cement binder with an addition of lime is proposed; a series of samples with different component contents were made in the planned experiment. Their water resistance was studied using two criteria: the conventional softening coefficient (K_p) and the new one - the water resistance index (I_w); a comparison of these criteria was performed. The significant dependence of these criteria on the measurement conditions, which are not currently standardized, is established. Mathematical models of water resistance characteristics have been built, with the help of which the influence of the content of components on the resistance of the plaster composition to water has been analyzed. To further improve the water resistance of the mixture, a hydrophobizing additive was selected in terms of surface wetting and water absorption. Further research is aimed at optimizing the repair composition using plasticizing, hydrophobizing, and adhesive additives.

Keywords: limestone-shell rock; gypsum composites; gypsum-cement-pozzolanic binder; water resistance; softening coefficient; water resistance index; mathematical modeling; hydrophobization.

REFERENCES

1. Obval 4-poverkhivky v Odesi...URL: <https://tsn.ua/ukrayina/obval-4-poverkhivki-v-odesi-vzhe-p-yatyy-za-4-misyaci-chomu-ce-vidbuvayetsya-i-na-schochekati-lyudyam-1563342.html> (data zvernennya: 12.03.2024). {in Ukrainian}
2. V Odesse vtoraia za dva dnia avaryia...URL: <https://kp.ua/incidents/687698-v-odesse-vtoraia-za-dva-dnia-avaryia-v-ystorycheskoi-chasty-obrushylos-nezhyloezdanye> (data zvernennya: 12.03.2024). {in Russian}
3. Na grani razrusheniya:... URL: <https://usionline.com/na-grani-razrusheniya-v-odesse-poschitali-avarijnye-doma/> (data zvernennya: 12.03.2024). {in Russian}
4. Kersh V.Ia., Levytskyj D.V., Tihoniuk S.A. Repair mixture for limestone-shell buildings: zb. tez V Mizhnar. nauk.-tekhn. konf. «Aktualni problemy enerhoresurso-zberezhennia ta ekolohii» ODABA, Odesa, 13-14 hrudnia 2023 r., s. 76-78. {in English}
5. Zashchytno-otdelochnaia yzvestkovaia shtukaturka Taifun Master. URL: <https://www.taifun.by/upload/iblock/647/6475d58a1a4b590d26f7ebde8680822e.pdf> (data zvernennya: 12.03.2024). {in Russian}
6. Ferronskaya A.V. Hypsovie materyali i izdeliya (proyzvodstvo i pryomenenye): Spravochnyk. M: Yzd.-vo ASV, 2004. 484 s. {in Russian}
7. Korovyakov V.F. Hypsovie viazhushchiye i ykh pryomenenye v stroytelstve. Ros. khym. zh., 2003, t. XLVII, № 4. S. 18–25. {in Russian}
8. Kondrashchenko O.V. Hipsovi budivelni materialy pidvyshchenoi

mitsnosti i vodostiikosti (fizyko- khimichni ta enerhetychni osnovy): avtoref. dys. ...d-ra tekhn. nauk: 05.23.05. Kharkiv: UkrDAZT, 2005. 40 s. {in Ukrainian}

9. Volzhenskyi A.V. Myneralnie viazhushchye veshchestva. M.: Stroiyzdat, 1986. 464 s. {in Russian}

10. Volzhenskyi A.V., Stambulko V.Y., Ferronskaya A.V. Hipsotsementno-putstsolanovye viazhushchye, betony i izdelya – M.: Stroiyzdat, 1971. 318 s. {in Russian}

11. Dvorkyn L.Y., Dvorkyn O.L. Stroytelnye myneralnye viazhushchye materyali. M.: Ynfra-Ynzheneryia, 2011. 544 s. {in Russian}

12. Yefimenko A.S. Pidvyshchennia vodostiikosti hipsovykh materialiv polifraktsiinymy mineralnymy dobavkamy: dys. ... kand. tekhn. nauk: 05.23.05. Kharkiv: UkrDUZT, 2021. 167 s. {in Ukrainian}

13. Novosad P.V., Sanytskyi M.A., Pozniak O.R. Pidvyshchennia vodostiikosti hipsovykh viazhuchykh. Visnyk Natsionalnoho universytetu “Lvivska politekhnika”. Serii: Teoriya i praktyka budivnytstva. Lviv: Vydavnytstvo Lvivskoi politekhniki, 2018. № 888. S. 111–116. {in Ukrainian}

14. DSTU B V.2.7-82:2010. Budivelni materialy. V'iazhuchi hipsivi. Tekhnichni umovy. [Chynnyi vid 2010-08-18]. Vyd. ofits. Kyiv: Minrehionbud Ukrainy, 2010. Kyiv, 2010. 29 s. {in Ukrainian}

15. Kersh V.Ia., Foshch A.V., Kolesnikov A.V. Opysanye vodostoikosty hypsosoderzhashchykh kompozytsyi s pomoshchiu kombynyrovannoho kryteriya. Zb. prats UkrDUZT. Kharkiv, 2017. Vyp. №168. S. 133-139. {in Russian}

16. Foshch A.V., Kersh V.Ia. Otsenka kachestva hydrofobyzryuiushchykh dobavok metodamy poverkhnostnoho natiazheniya. Visnyk ODABA. Odesa: Zovnishreklamservis, 2016. Vyp. № 62. S.185-188. {in Russian}

17. Novskyi A.V., Novskyi V.A., Tuhaenko Yu.F. Yzvestniak-rakushechnyk. Yssledovanye y yspolzovanye v kachestve osnovanyia fundamentov. Odessa: Astroprint, 2014, s.32. {in Russian}

18. Voznesenskyi V.A. Liashenko T.V., Yvanov Ya.P., Nykolov Y.Y. ЭVM y optymizatsiya kompozytsyonnykh materyalov. Kyiv: Budyvelnyk, 1989. 240 s. {in Russian}

19. Foshch A.V. Kersh V.Ia., Kolesnikov A.V. Otsinka yakosti hidrofobizuiuchykh dobavok ta yikh vplyv na vodostiikist hipsu. Zb. prats UkrDUZT. Kharkiv, 2015. Vyp. №157. S. 49-53. {in Ukrainian}

20. Levytskyi D.V., Zagynaylo Y.V. Ustanovka dlia yzmereniy kraevoho uhla smachyvanyia obraztsov stroimateryalov. Zb. tez dop. III vseukr. nauk.-prakt. konf. zdobuv. vyshchoi osvity ta molodykh vchenykh «Fizychni protsesy v enerhetytsi, ekolohii ta budivnytstvi». Odesa: ODABA, 2020. S. 58 – 62. {in Russian}

DOI: 10.32347/2076-815x.2024.86.314-328

УДК 539.3

к.т.н., доцент **Кошевий О.П.**,

koshevyi.op@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-7796-0443

к.т.н. **Лазарева М.В.**,

lazareva.mv@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-7573-1268,

Янсонс М.О.,

iansons.mo@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-6174-0403,

Чубарев А.Г.,

chubarev_ah@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-6620-639X,

Марчук О.С.,

marchuk.os@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-2497-1405

Смоленський А.О.,

smolensky.artur@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5464-5064

Київський національний університет будівництва і архітектури

ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОСТОРОВОЇ МОДЕЛІ СТАНУ ПОШКОДЖЕНОГО ДЕВ'ЯТИПОВЕРХОВОГО БУДИНКУ ДЛЯ ОЦІНКИ МІЦНОСТІ ТА ЖОРСТКОСТІ НА ОСНОВІ РЕЗУЛЬТАТІВ ОБСТЕЖЕННЯ

Приведено основні ідеї та можливості створення комплексної просторової чисельної моделі, дослідження та аналізу напружено-деформованого стану, міцності та жорсткості пошкодженого дев'ятиповерхового будинку за допомогою власного програмного забезпечення, з використанням модифікованого методу прямих, та розрахункового програмного комплексу LIRA від дії комплексного навантаження на основі результатів інженерного обстеження експериментальними методами. Створена комплексна модель споруди на основі BIM технологій використовується для подальшого прийняття оптимальних проектних рішень і значно прискорює проектні роботи. Результати чисельного дослідження комплексної просторової моделі та висновків про міцнісні характеристики конструкцій та будівлі в цілому значно розширюють можливості в прийнятті проектних рішень та створенні перспективних розробок на їх основі.

Ключові слова: комплексні чисельні просторові моделі; комп'ютерне моделювання; BIM технології; модифікований метод прямих; напружено-деформований стан; міцність; жорсткість; зруйновані та пошкоджені споруди; концепція підсилення конструкцій; інженерне обстеження експериментальними методами; оптимальний варіант проекту.

В результаті збройної агресії РФ на території України були зруйновані та пошкоджені значна кількість будівель і споруд. Для відновлення та реконструкції пошкоджених будівель виникає необхідність створення комплексної методики дослідження напружено-деформованого стану, міцності та стійкості конструкцій, що враховує світовий і вітчизняний досвід проектування та відновлення конструкцій, з використанням сучасних розрахункових чисельних методів та ВІМ технологій, яка спрямована на вирішення важливої соціально-економічної та наукової проблеми, і є актуальною проблемою прикладної механіки. Розробка проектів сучасних будівель та споруд потребує використання не стандартних підходів в проектуванні, що використовують новітні методи на основі ВІМ технологій [7], та сучасних розрахункових програмних комплексів для чисельного моделювання стану споруди, створення просторових моделей будівель, для забезпечення оптимальної матеріалоемності, із збереженням або відновленням несучої здатності конструкцій. Для створення просторової моделі необхідно використовувати сучасні методи обстеження стану об'єкту, досвід проектування та відновлення конструкцій з використанням сучасних ВІМ технологій та розрахункових чисельних методів [5,6]. Результати досліджень дають змогу визначити стан руйнувань та пошкоджень конструкцій будівлі, оцінити можливості подальшого відновлення та експлуатації, дослідити міцність і жорсткість та стійкість споруди на основі створення комплексної просторової чисельної моделі, створити проект подальшого відновлення і реконструкції будівлі [1,2,3].

В статті розглядається чисельне моделювання будівлі виробничої бази зі складськими та офісними приміщеннями у с. Чайки, вул. В. Чайки, 16, Бучанського району Київської обл., Україна рис. 1. Для визначення фактичного стану будівлі після пожежі та температурних впливів було проведено її технічне обстеження результати якого представлені в звіті [14]. Обстеження було проведено інструментальними методами для оцінки технічного стану будівельних конструкцій споруди, визначення пошкоджень та дефектів, що впливають на міцність та несучу спроможність будівлі, її залишковий ресурс. Створена комплексна просторова чисельна модель будівлі, з використанням ВІМ технологій, для аналізу стану конструкцій та будівлі в цілому, визначення напружено-деформованого стану всіх елементів споруди, з використанням сучасних розрахункових комплексів, та розробки проекту реконструкції з рекомендаціями щодо усунення виявлених недоліків та можливості подальшої безпечної експлуатації рис. 2 [4,5,6].



Рис. 1 Загальний вигляд пошкодженої офісної будівлі виробничої бази.

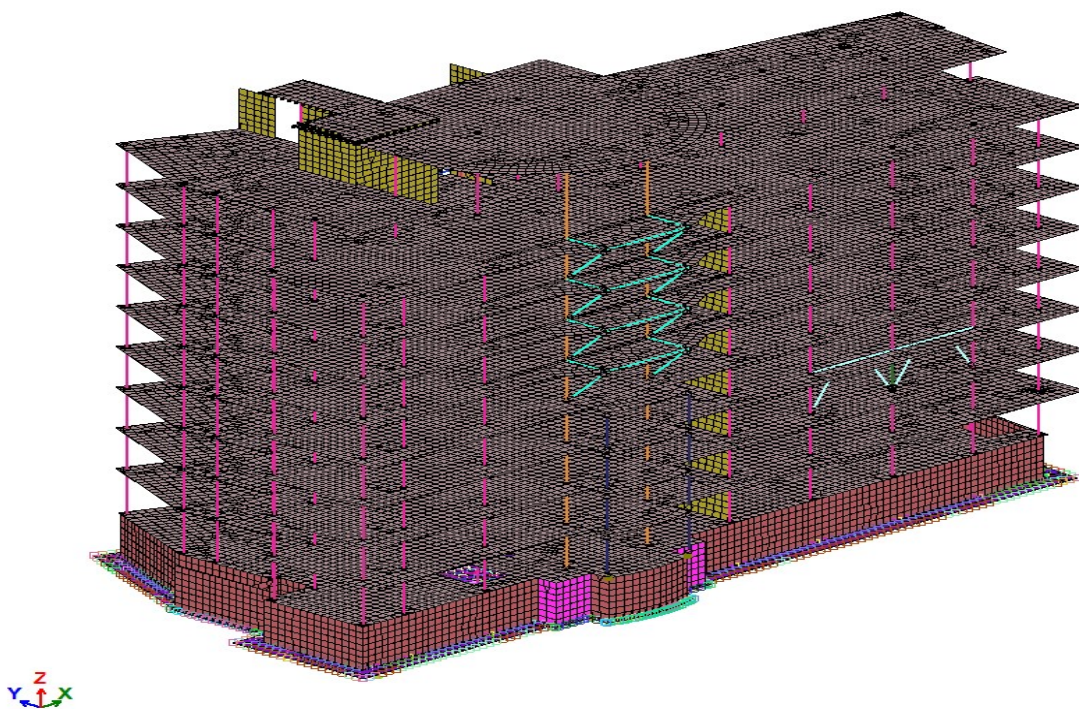


Рис. 2. Чисельна модель пошкодженої офісної будівлі виробничої бази.

Чисельна модель пошкодженої офісної будівлі виробничої бази сформована в середовищі AvtoCAD [7] і в подальшому була експортована для розрахунків НДС та стійкості елементів конструкцій на комплексні та температурні навантаження модифікованим методом прямих у власний програмний комплекс [8,9], результати роботи якого, в подальшому, використовувались в програмному комплексі LIRA для моделювання методом

скінчених елементів напружено-деформованого стану та стійкості офісної будівлі в цілому, від всіх видів навантаження [5,6,13]. Конструктивна схема будівлі – повний залізобетонний каркас – залізобетонні монолітні плити перекриття та покриття опираються на залізобетонні монолітні колони та стіни сходових клітин. Фундаменти пальові. Палі залізобетонні бурін'єкційні. Технічний стан фундаментів оцінювався опосередковано. Вертикальні несучі елементи:– залізобетонні монолітні колони перерізом 400 x 400 мм та залізобетонні монолітні стіни сходових клітин. Конструкції перекриття – залізобетонні монолітні плити товщиною 200 мм. Конструкції покриття – залізобетонні монолітні плити товщиною 200 мм. Забезпечення просторової жорсткості – залізобетонні монолітні стіни сходових клітин та залізобетонні монолітні ребра жорсткості товщиною 200 мм між колонами [13,14].

На першому етапі чисельного моделювання на розрахункову модель були прикладені всі навантаження на момент вибухів в середині та поряд зі спорудою, від пожежі та температурних впливів на конструктивні елементи, а також зовнішні навантаження на споруду, що були враховані при її проектуванні [4,11]. На рис. 3,а представлені результати розрахунку згинальних моментів M_y в несучих конструкціях будівлі на відмітці 3,900м (третій поверх); на рис. 3,б – результати розрахунку поздовжніх сил N в несучих конструкціях будівлі на відмітці 3,900м (третій поверх); на рис. 3,в – ізополя переміщень U_z по перекриттю будівлі на відмітці 7,200м (перекриття над третім поверхом), що найбільше постраждали від вибухів та температурних впливів. На другому етапі чисельного моделювання в розрахункову модель були внесені всі зруйновані та пошкоджені елементи в конструкції будівлі та проведений розрахунок напружено-деформованого стану від комплексного навантаження, яке діє на споруду, та дана оцінка міцності та стійкості конструктивних елементів та споруди в цілому. На рис. 4,а представлені результати розрахунку згинальних моментів M_y в несучих конструкціях будівлі на відмітці 3,900м (третій поверх); на рис. 4,б – результати розрахунку поздовжніх сил N в несучих конструкціях будівлі на відмітці 3,900м (третій поверх); на рис. 4,в – ізополя переміщень U_z по перекриттю будівлі на відмітці 7,200м (перекриття над третім поверхом). В розрахунковій моделі відсутні зруйновані конструкції та змінені розрахункові параметри деяких конструкцій, що найбільше постраждали від вибухів та температурних впливів [4,11,13].

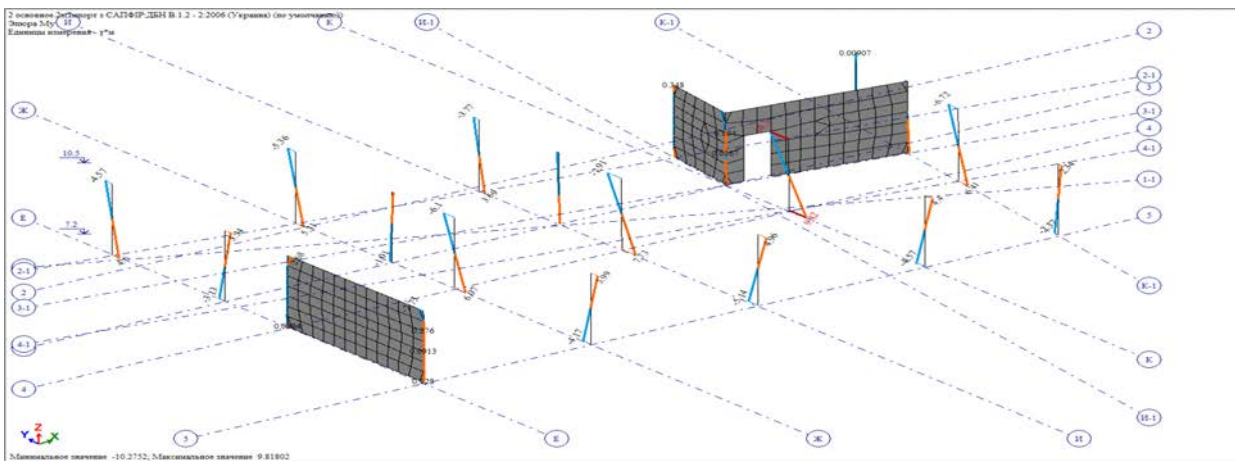


Рис. 3,а. Згинальні моменти M_y в конструкціях на відмітці 3,900м

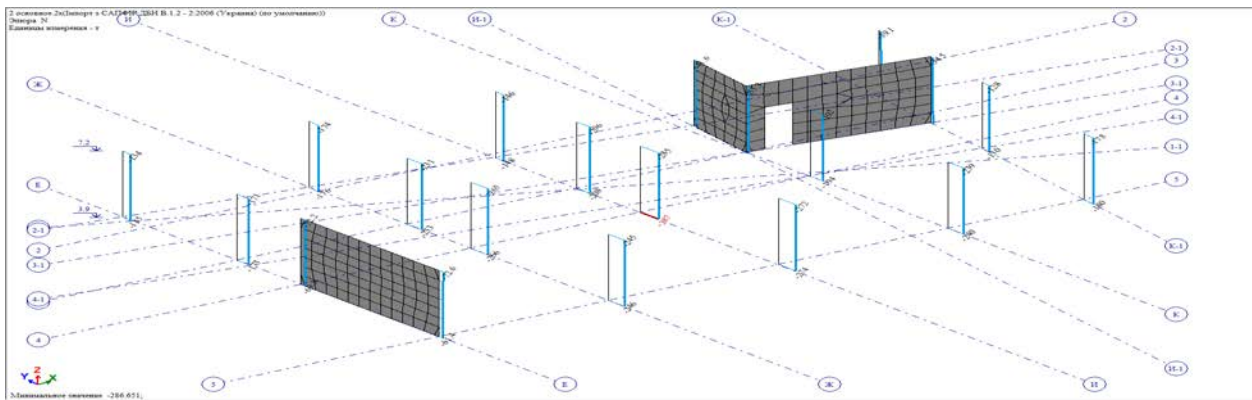


Рис. 3,б. Поздовжні сили N в конструкціях на відмітці 3,900м

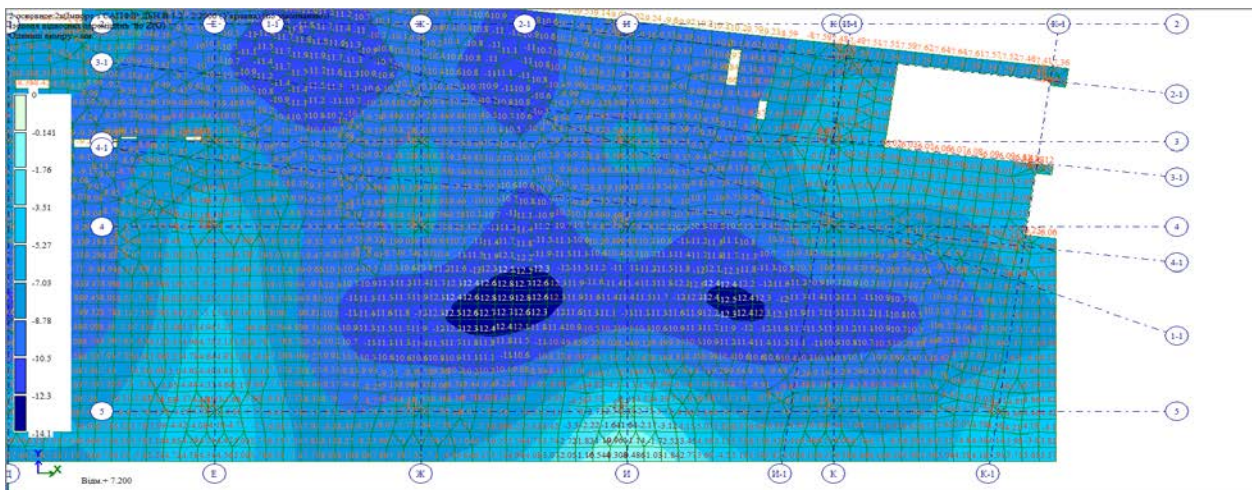


Рис. 3,в. Ізополя переміщень U_z на відмітці 7,200м

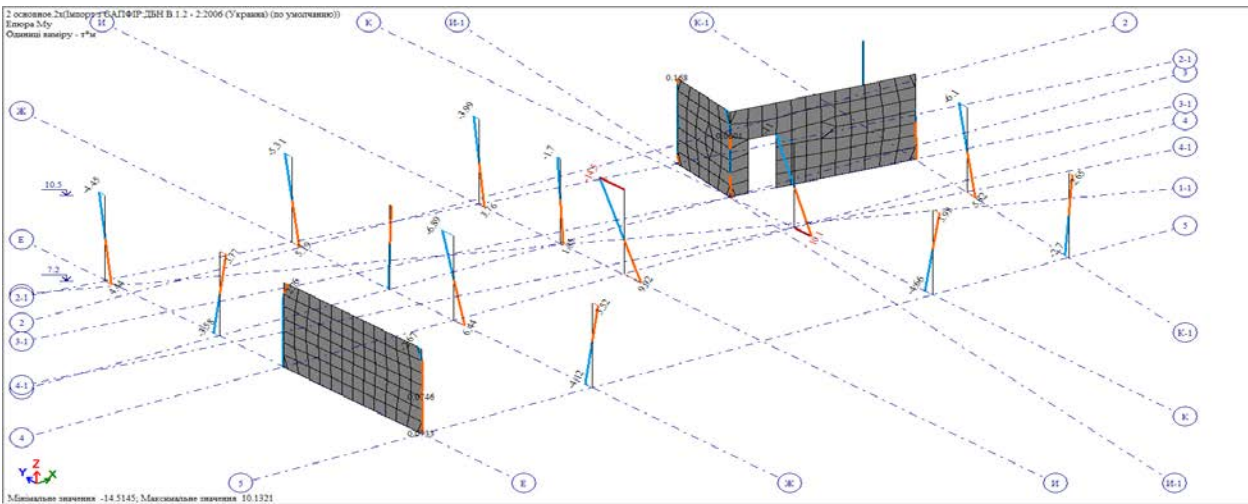


Рис. 4,а. Згинальні моменти M_y в конструкціях на відмітці 3,900м

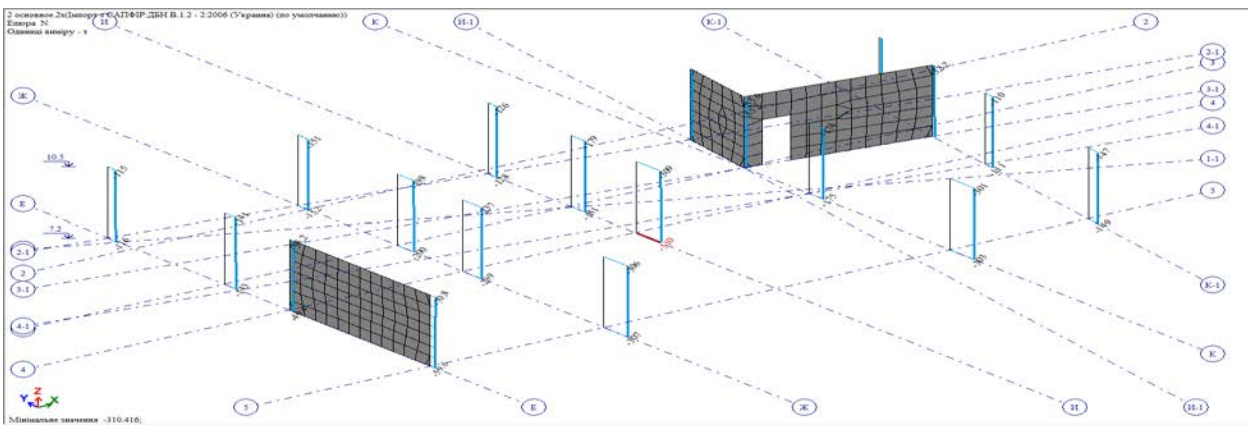


Рис. 4,б. Поздовжні сили N в конструкціях на відмітці 3,900м

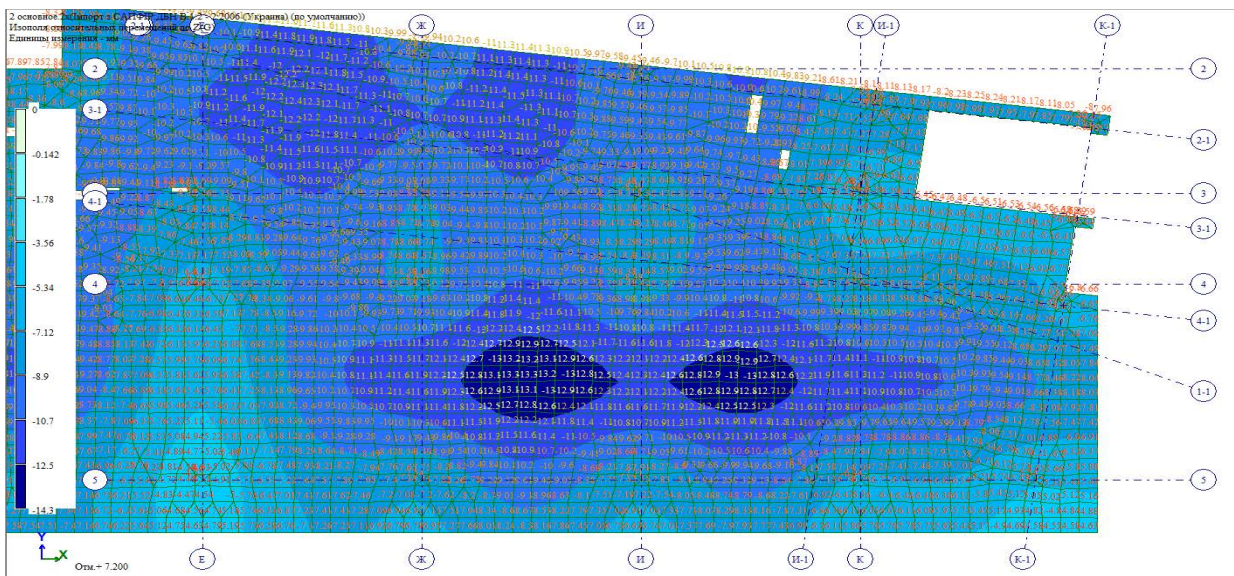


Рис. 4,в. Ізополя переміщень U_z на відмітці 7,200м

Проведені розрахунки дали змогу оцінити величину руйнувань конструктивних елементів та можливість розглянути варіанти їх відновлення в процесі реконструкції будівлі поряд з результатами інженерного обстеження

експериментальними методами. На рис. 5 – руйнування колони третього поверху на відмітці 3,900м; на рис. 6 – руйнування захисного шару перекриття над третім поверхом на відмітці 7,200м по результатам інженерного обстеження експериментальними методами, що підтверджує результати чисельного моделювання та правильність побудови розрахункової моделі [14].

На третьому етапі чисельного моделювання по результатам проведених обстежень стану несучих конструкцій були розроблені можливі варіанти підсилення пошкоджених і зруйнованих конструкцій та проведений розрахунок напружено-деформованого стану конструкції будівлі в цілому, що дало змогу оцінити можливості відновлення споруди та розробити проект реконструкції на основі цих розрахунків. Був вибраний варіант підсилення пошкоджених колон за рахунок обв'язки металевими кутниками 100x100x6,5мм, 160x160x10, 200x200x12 в залежності від обстеження стану їх руйнувань та результатів чисельного моделювання напружено-деформованого стану будівлі в цілому. Також в найбільше пошкодженій частині будинку чисельні розрахунки показали необхідність встановлення додаткових порталних в'язів між колонами з двотаврів №16 та швелерів №20. Для підсилення пошкоджених перекриттів в місцях найбільшого температурного впливу створюється балочна опорна клітина з металевих швелерів №20 встановлених між колонами та двотаврів №14 в прольотах плит перекриття. Всі консольні частини перекриття підсилюються додатковими порталними в'язями з двотаврів № 14.

Результати чисельного моделювання напружено-деформованого стану будівлі в цілому, з урахуванням розрахунків підсилення пошкоджених конструкцій представлені на рис. 6,а - результати розрахунку згинальних моментів M_y в несучих конструкціях будівлі на відмітці 3,900м (третій поверх); на рис. 6,б – результати розрахунку поздовжніх сил N в несучих конструкціях будівлі на відмітці 3,900м (третій поверх); на рис. 6,в – ізополя переміщень U_z по перекриттю будівлі на відмітці 7,200м (перекриття над третім поверхом).

По результатам технічного обстеження та чисельного моделювання створений проект реконструкції (підсилення несучих залізобетонних конструкцій) дев'ятиповерхової офісної будівлі, розташованої за адресою: с. Чайки, вул. Чайки, буд. 16, Бучанського району, Київської області. В проекті передбачається підсилення колон на 2-му, 3-му, 4-му, 5-му, 6-му, 8-му поверхах.



Рис. 5. Руйнування колони третього поверху



Рис. 6. Руйнування захисного шару перекриття над третім поверхом

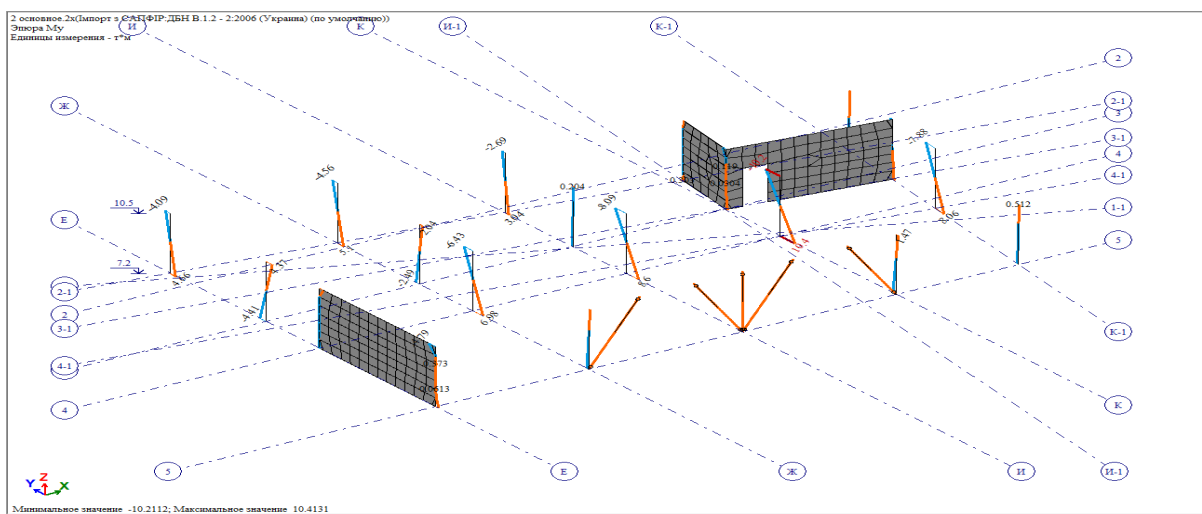


Рис. 6,а. Згинальні моменти M_y на відмітці 3,900м після підсилення

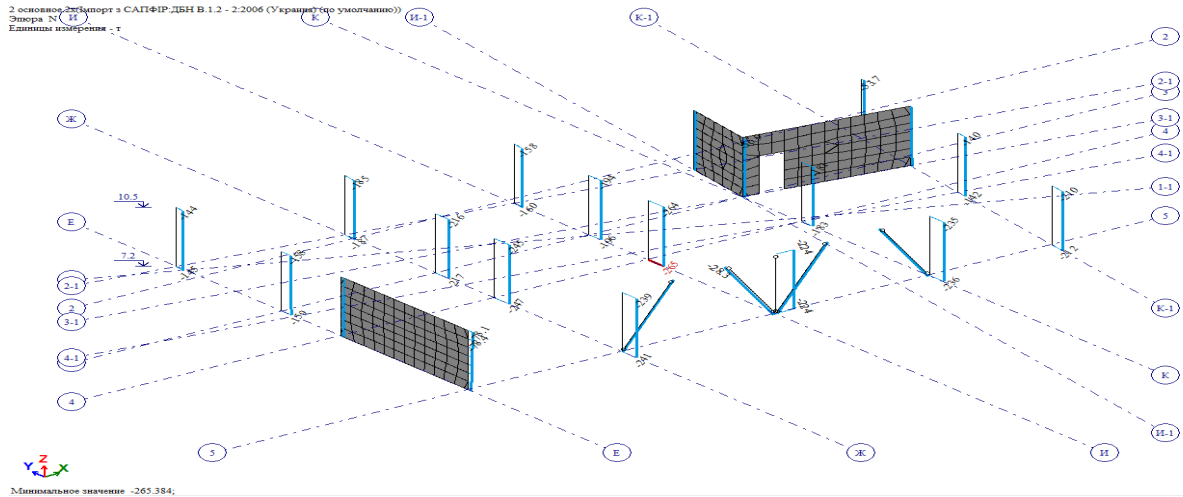


Рис. 6,б. Поздовжні сили N в конструкціях на відмітці 3,900м після підсилення

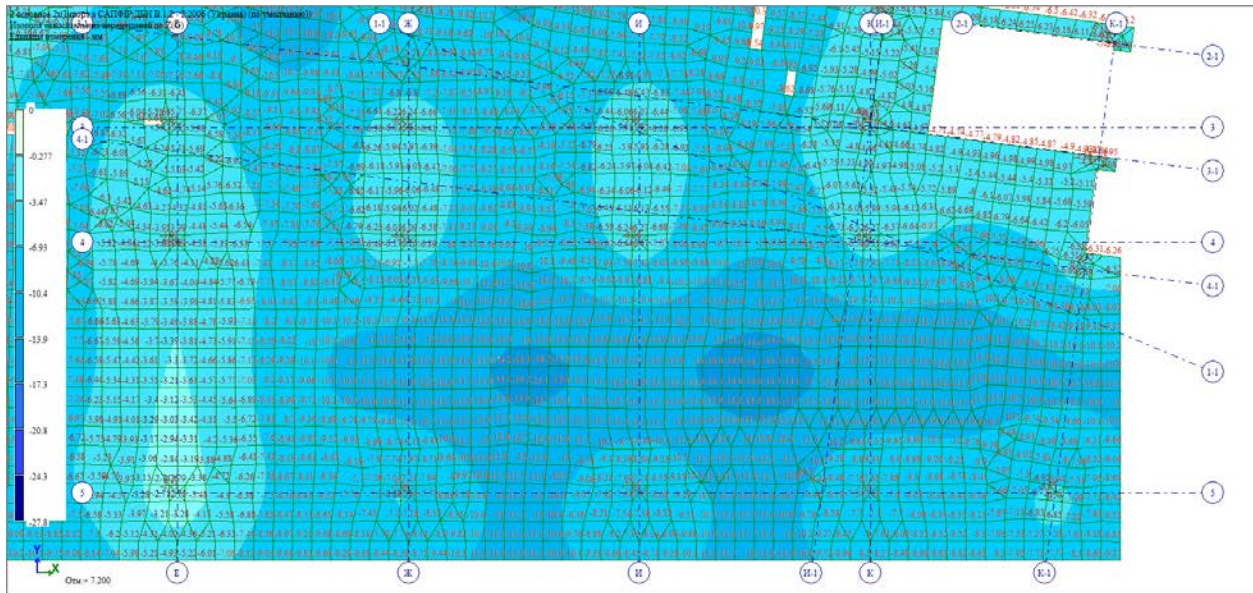


Рис. 6,в. Ізополя переміщень U_z на відмітці 7,200м після підсилення

Всього підсиленню підлягають 59 пошкоджених колон. Підсилення колон виконується за допомогою металевих обойм з кутиків прокатного металу перерізами 100x100x6,5; 160x160x10; 200x200x12 та ін. Додатково для підсилення плит перекриття запроектовано порталні в'язі з прокатного металу двутаврів №16 та швеллерів №20. Зводяться нові колони в осях Г-Д/5. Для реконструкції (підсилення) запроектовано використання металевого прокату загальною вагою 50,864 т. На рис. 7 показане підсилення колони в осях 4/И, на рис. 8 – підсилення перекриття в місцях руйнування захисного шару бетону та встановлення металеві балочної клітини, на рис. 9 – конструкція порталних в'язів і підсилення консольної частини в перекриттях 3-го, 4-го, 5-го поверхів.

Розроблений проект пройшов державну експертизу та внесений в державний реєстр [13,14].

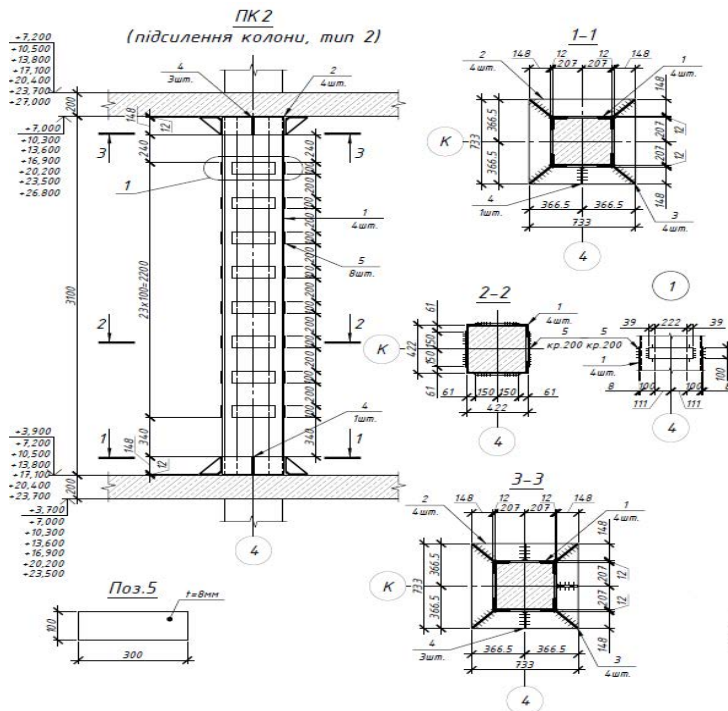


Рис. 7. Підсилення колони в осях 4/И

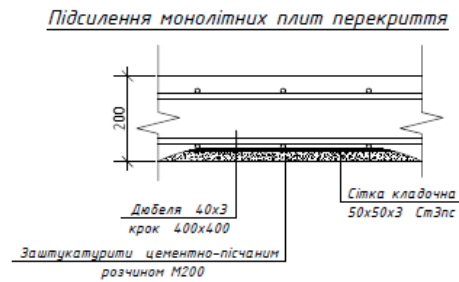


Рис. 8. Підсилення перекриття

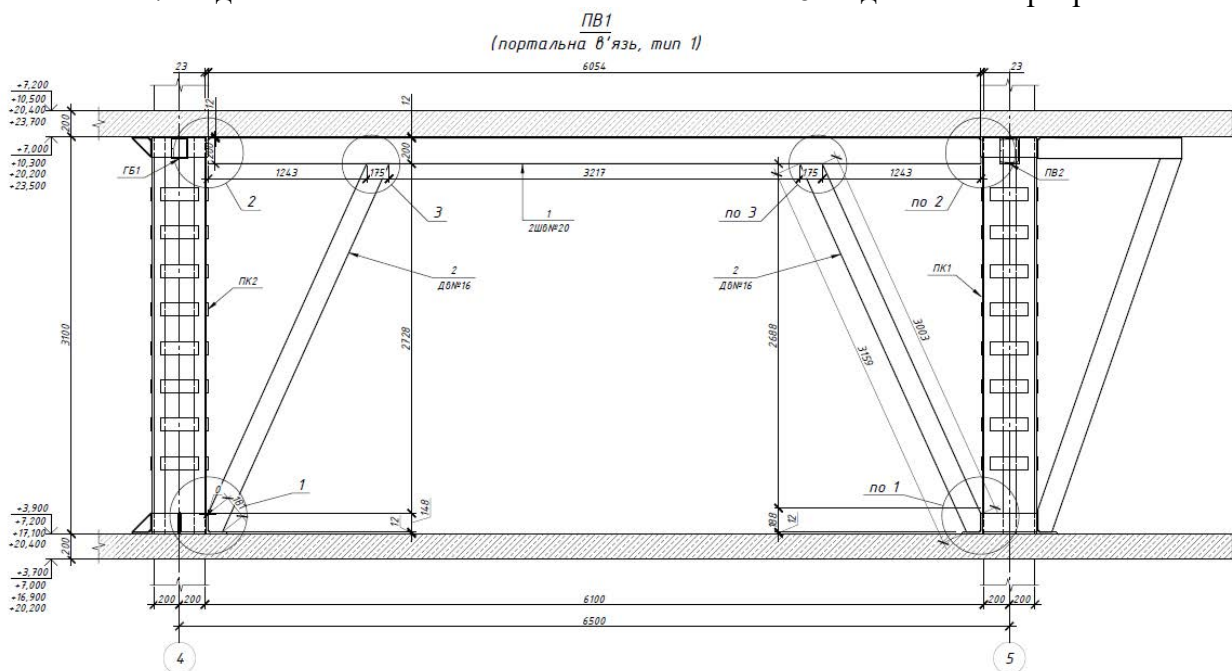


Рис. 9. Конструкція порталних в'язів і підсилення консолі

Висновки. Комплексна методика чисельного моделювання просторової моделі стану пошкодженого дев'ятиповерхового будинку за допомогою програмного комплексу, що використовує напіваналітичний модифікований метод прямих [12] в комплексі з розрахунковим комплексом LIRA, дає можливість визначення напружено-деформованого стану, міцності та

жорсткості конструкцій будівлі і зробити висновки про загальний стан споруди в цілому, поряд з інженерними обстеженнями стану споруди експериментальними методами, що значно прискорює прийняття проектних рішень.

Завдяки створеній чисельній моделі пошкодженої будівлі та врахуванню всіх зовнішніх навантажень на неї виявляються найбільш невідгідні місця концентрації впливів (силових, температурних, динамічних) на конструкції будівлі, що може привести до її руйнування, розкриття тріщин в бетоні, оголення та корозії робочої арматури, зміни механічних характеристик конструктивних матеріалів та загального зниження несучої спроможності, що підтверджується результатами інженерного обстеження стану дев'ятиповерхового будинку експериментальними методами.

По результатам чисельного моделювання та інженерного обстеження стану дев'ятиповерхового будинку була створена просторова комп'ютерна модель для прийняття рішень по підсиленню зруйнованих та пошкоджених конструкцій, подальшого відновлення та реконструкції будівлі. Авторами запропоновано декілька варіантів, на основі створеної просторової чисельної моделі дев'ятиповерхового будинку, для вибору оптимального варіанту проекту реконструкції [10]. Розроблений проект реконструкції на основі концепції підсилення зруйнованих та пошкоджених конструкцій елементами з прокатного металу, створення додаткових порталних в'язів для підвищення просторової жорсткості будівлі, відновлення пошкоджених захисних шарів в залізобетонних конструкціях та створення додаткових металевих балочних клітин для підвищення несучої спроможності перекриття в місцях найбільших руйнувань. Можливість такого рішення підтверджена розрахунками створеної просторової комп'ютерної моделі будівлі з використанням результатів чисельного моделювання впливів на конструкції споруди за допомогою власного програмного забезпечення в комплексі з програмним комплексом LIRA [13].

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Чибіряков В.К., Станкевич А.М., Кошевий О.П., Левківський Д.В., Краснеєва А.О., Пошивач Д.В., Чубарев А.Г., Шорін О.А., Янсонс М.О., Сович Ю.В. Модифікований метод прямих, алгоритм його застосування, можливості та перспективи. // Н. т. збірник «Містобудування та територіальне планування», в. 70, К.:КНУБА, 2019р. – с.595-616.
2. Чибіряков В.К., Станкевич А.М., Кошевий О.П., Левківський Д.В., Краснеєва А.О., Пошивач Д.В., Чубарев А.Г., Шорін О.А., Янсонс М.О., Сович Ю.В. Чисельна реалізація модифікованого методу прямих. // Н. т. збірник

«Містобудування та територіальне планування», в. 74, К.:КНУБА, 2020р. – с.341-359.

3. Кошевий О.П., Левківський Д.В., Чубарев А.Г., Янсонс М.О. Модифікований метод прямих в статичних задачах вісесиметричних нетонких пластин/ Scientific-and-technical collected articles “Strength of materials and theory of structures”.Issue 109. – Kyiv: KNUCA, 2022. – 313 p. 342-358.

4. О.П. Кошевий, Д.В. Левківський, М.О. Янсонс, А.Г. Чубарев, О.С. Марчук Моделювання температурних впливів в масивних тілах за допомогою модифікованого метода прямих / Містобудування та територіальне планування: Наук.-техн. Збірник. – Вип. 82. – Київ, КНУБА, 2023. – С. 185-197.

5. О.П. Кошевий, Д.В. Левківський, В.О. Кошева, М.О. Янсонс, А.Г. Чубарев, О.С. Марчук Побудова комплексної моделі реконструкції шляхопроводу на основі обстеження з використанням вим-технологій/ Містобудування та територіальне планування: Наук.-техн. Збірник. – Вип. 83. – Київ, КНУБА, 2023. – С. 143-155.

6. О.П. Кошевий, Д.В. Левківський, В.О. Кошева, М.О. Янсонс, А.Г. Чубарев, О.С. Марчук Чисельне моделювання просторової моделі шляхопроводу для оцінки міцності та жорсткості на основі обстеження з використанням розрахункового комплексу LIRA / Містобудування та територіальне планування: Наук.-техн. Збірник. – Вип. 84. – Київ, КНУБА, 2023. – С. 171-180.

7. Кошевий О.П., Кошева В.О., Тробюк О.М. Системно графічно-інтерпретовані моделі створення енергоефективних будівель / Н.т. збірник “Прикладна геометрія та інженерна графіка”. Випуск 100. Відповідальний редактор Ванін В. В. – Київ : КНУБА, 2021 р. – 230 с. 172-181.

8. Чубарев А.Г. Про застосування модифікованого метода прямих в задачах термопружності нетонких пластин // Н. т. збірник «Містобудування та територіальне планування», в. 80, К.:КНУБА, 2022р. – с.486-498.

9. Янсонс М.О. Застосування узагальненого методу прямих для дослідження динамічного напружено-деформованого стану кільцевих нетонких пластин // Н.т. збірник «Математичні проблеми технічної механіки – 2021» Міжнародна наукова конференція м. Дніпро, Кам’янське 2021р

10. Григор’єва Л.О. Іванченко Г.М., Кошевий О.О., Кошевий О.П. Чисельне дослідження параметричної оптимізації вимушених частот коливання оболонки мінімальної поверхні на трапецевидному контурі при термосиловому навантаженні/ “Strength of materials and theory of structures”.Issue 110. – Kyiv: KNUCA, 2023. – 313 p. 430-446.

11. Чибіряков В.К., Кошевий О.П., Чубарев А.Г. Про один алгоритм для розв’язування задач термопружності на основі узагальненого метода прямих //

BUILD-MASTER-CLASS-2018: Proceedings of international scientific-practical conference of young scientists. «Видавництво Ліра-К». – Вип. 74 –К.: КНУБА, 2018. – 190-191 с.

12. Кошевий О.П., Левківський Д.В., Кошева В.О., Янсонс М.О., Чубарев А.Г., Марчук О.С. Чисельне моделювання напружено-деформованого стану магістральних трубопроводів в місцях переходів та компенсаторів при комплексному навантаженні / Містобудування та територіальне планування: Наук.-техн. Збірник. – Вип. 85. – Київ, КНУБА, 2024. – С. 257-267

13. Проект реконструкції дев'ятиповерхової офісної будівлі, розташованої за адресою: с. Чайки, вул. В. Чайки, буд 16, Бучанського району Київської обл., PD01:0740-2928-6942-4200, https://e-construction.gov.ua/document_detail/doc_id=3181407522024064441/optype=4.

14. Технічний звіт за результатами технічного обстеження Виробнича база зі складськими та офісними приміщеннями, с.Чайки, вул. В.Чайки, 16, Бучанського району Київської обл. Будівля літер «А», TO01:8588-0057-8638-7884, https://e-construction.gov.ua/document_detail/doc_id=3272956059936884613/optype=7.

Ph.D, Associate Professor **Koshevyi Oleksandr**,
Ph.D **Lazareva Maryna**, **Iansons Maryna**,
Chubarev Anton, **Marchuk Oleksandr**, **Smolensky Artur**,
Kyiv national university of construction and architecture

NUMERICAL SIMULATION OF THE SPATIAL MODEL OF THE DAMAGED NINE-STORY BUILDING FOR STRENGTH AND RIGIDITY ASSESSMENT BASED ON SURVEY RESULTS

The paper presents the main ideas and possibilities of creating a complex spatial numerical model, research and analysis of the stress-strain state, strength and stiffness of a damaged nine-story building with the help of our own software, using the modified method of straight lines, and the calculation software complex LIRA from the action of a complex load based on the results of an engineering survey by experimental methods. The created complex model of the building based on BIM technologies is used for further adoption of optimal project decisions and significantly accelerates project work. The results of a numerical study of a complex spatial model and conclusions about the strength characteristics of structures and the building as a whole significantly expand the possibilities in making project decisions and creating promising developments based on them.

Keywords: complex numerical spatial models; computer modeling; BIM technologies; modified method of straight lines; stress-strain state; strength; stiffness; destroyed and damaged structures; the concept of strengthening structures; engineering survey by experimental methods; optimal project option.

REFERENCES

1. Chybiryakov V.K., Stankevych A.M, Koshevyi O.P., Krasneyeva A.O., Poshyvach D.V., Chubarev A.H., Shorin O.A., Iansons M.O., Sovych YU.V. Modyfikovanyy metod pryamykh, alhorytm yoho zastosuvannya, mozhlyvosti ta perspektyvy (The modified straight line method, its application algorithm, possibilities and prospects) // *Mistobuduvannya ta terytorial'ne planuvannya: Nauk.-tekhn. Zbirnyk.* – Vol. 70. – Kyiv, KNUBA, 2019. – p. 633-655. {in Ukrainian}
2. V.K. Chybiryakov, A.M. Stankevych, O.P. Koshevyi, D.V. Levkivskyi, A.O. Krasneyeva, D.V. Poshyvach, A.H.Chubarev, O.A. Shorin, M.O. Iansons, YU.V. Sovych Chysel'na realizatsiya modyfikovanoho metodu pryamykh (Numerical implementation of the modified method of straight lines) // *Mistobuduvannya ta terytorial'ne planuvannya: Nauk.-tekhn. Zbirnyk.* – Vol. 74. – Kyiv, KNUBA, 2020. – p. 341-359. {in Ukrainian}
3. Koshevyi O.P., Levkivskyi D.V., Chubarev A.H., Iansons M.O. Modyfikovanyi metod pryamykh v statychnykh zadachakh visesymetrychnykh netonkykh plastyn (Modified method of direct lines in static problems of axisymmetric thin plates) // *Scientific-and-technical collected articles “Strength of materials and theory of structures”.* Issue 109. – Kyiv: KNUCA, 2022. – p. 342-358. ISSN 2410-2547. {in Ukrainian}
4. O.P. Koshevyi, D.V. Levkivskyi, M.O. Iansons, A.H. Chubarev, O.S. Marchuk Modelyuvannya temperaturnykh vplyviv v masyvnykh tilakh za dopomohoyu modyfikovanoho metoda pryamykh (Modeling temperature effects in massive bodies using of the modified method of direct lines) // *Mistobuduvannya ta terytorial'ne planuvannya: Nauk.-tekhn. Zbirnyk.* – Vol. 82. – Kyiv, KNUBA, 2023. – p. 185-197. {in Ukrainian}
5. O.P. Koshevyi, D.V. Levkivskyi, V.O. Kosheva, M.O. Iansons, A.H. Chubarev, O.S. Marchuk Pobudova kompleksnoyi modeli rekonstruktsiyi shlyakhoprovodu na osnovi obstezhennya z vykorystanniam vim-tekhnolohiy (Construction of a complex reconstruction model overpass based on survey using vim-technologies) // *Mistobuduvannya ta terytorial'ne planuvannya: Nauk.-tekhn. Zbirnyk.* – Vol. 83. – Kyiv, KNUBA, 2023. – p. 143-155. {in Ukrainian}
6. O.P. Koshevyi, D.V. Levkivskyi, V.O. Kosheva, M.O. Iansons, A.H. Chubarev, O.S. Marchuk Chysel'ne modelyuvannya prostorovoyi modeli shlyakhoprovodu dlya otsinky mitsnosti ta zhorstkosti na osnovi obstezhennya z vykorystanniam rozrakhunkovoho kompleksu LIRA (Numerical modeling of a spatial model overpass to assess the strength and rigidity based on the examination of using the calculation complex LIRA) // *Mistobuduvannya ta terytorial'ne planuvannya: Nauk.-tekhn. Zbirnyk.* – Vol. 84. – Kyiv, KNUBA, 2023. – p. 171-180. {in Ukrainian}

7. Koshevyi O.P., Kosheva V.O., Trobyuk O.M. Systemno hrafichno-interpretovani modeli stvorennya enerhoefektyvnykh budivel' (System graphically interpreted models of creating energy-efficient buildings) // N.t. zbirnyk "Prykladna heometriya ta inzhenerna hrafika". Vol. 100. Vidpovidal'nyy redaktor Vanin V. V. – Kyiv: KNUBA, 2021. – 230 s. p.172-181. {in Ukrainian}

8. Chubarev A.H. Pro zastosuvannya modyfikovanoho metoda pryamykh v zadachakh termopruzhnosti netonkykh plastyn (The application of the modified method of direct lines in problems of thermoelasticity of non-thin plates) // N. t. zbirnyk «Mistobuduvannya ta terytorial'ne planuvannya», vol. 80, K.:KNUBA, 2022. – p.486-498. {in Ukrainian}

9. Iansons M.O. Zastosuvannya uzahal'nenoho metodu pryamykh dlya doslidzhennya dynamichnoho napruzhenno-deformovanoho stanu kil'tsevykh netonkykh plastyn (Application of the generalized method of straight lines for study of the dynamic stress-strain state of rings non-thin plates) // N.t. zbirnyk «Matematychni problemy tekhnichnoyi mekhaniky – 2021» Mizhnarodna naukova konferentsiya m. Dnipro, Kam"yans'ke 2021. {in Ukrainian}

10. Hryhor'yeva L.O. Ivanchenko H.M., Koshevyi O.O., Koshevyi O.P. Chysel'ne doslidzhennya parametrychnoyi optymizatsiyi vymushenykh chastot kolyvannya obolonky minimal'noyi poverkhni na trapetsevydnomu konturi pry termosylovomu navantazhenni (Numerical optimization of forced vibration frequencies of minimal surface shells under thermomechanical loading)// "Strength of materials and theory of structures".Issue 110. – Kyiv: KNUCA, 2023. – 313 p. 430-446. {in Ukrainian}

11. Chybiryakov V.K., Koshevyi O.P., Chubarev A.H. Pro odyin alhorytm dlya rozv"yazuvannya zadach termopruzhnosti na osnovi uzahal'nenoho metodu pryamykh (About one algorithm for solving problems of thermoelasticity based on the generalized method of straight lines) // BUILD-MASTER-CLASS-2018: Proceedings of international scientific-practical conference of young scientists. «Vydavnytstvo Lira-K». – Vyp. 74 –K.: KNUBA, 2018. – 190-191 s. {in Ukrainian}

12. Koshevyi O.P., Kosheva V.O., Levkivskyi D.V., Iansons M.O., Chubarev A.G., Marchuk O.S. Numerical simulation of stress-strain state of main pipelines at transitions and expansion joints areas under complex loading // Mistobuduvannya ta terytorial'ne planuvannya: Nauk.-tekhn. Zbirnyk. – Vol. 85. – Kyiv, KNUBA, 2024. – p. 257-267. {in Ukrainian}

13. The project of reconstruction of a nine-story office building located at the address: Chayki village, str. V. Chayki, building 16, Buchansky district, Kyiv region. PD01:0740-2928-6942-4200, https://e-construction.gov.ua/document_detail/doc_id=3181407522024064441/optype=4. {in English}

14. Technical report based on the results of the technical inspection of the production base with warehouse and office premises, Chayki village, st. V. Chayki, 16, Buchansky district, Kyiv region. Building of letters "A", TO01:8588-0057-8638-7884, https://e-construction.gov.ua/document_detail/doc_id=3272956059936884613/optype=7. {in English}

DOI: 10.32347/2076-815x.2024.86.329-339

УДК 656.1

к.т.н. **Осипов В.О.**,
Osipov.valentin100@gmail.com, ORCID: 0000-0001-9284-7919,
Київський національний університет будівництва і архітектури

ДИСКРЕТНО-НЕПЕРЕРВНІ ПРОЦЕСИ, ЯК МАТЕМАТИЧНА ОСНОВА НАДІЙНОСТІ ПОВЕДІНКИ ПІДСИСТЕМ СИСТЕМИ «ВОДІЙ- АВТОМОБІЛЬ-ДОРОГА-СЕРЕДОВИЩЕ»

Робота присвячена вивченню питання надійності поведінки підсистем системи водій-автомобіль-дорога-навколишнє середовище.

Ключові слова: надійнісна модель; статистичне імітаційне моделювання; процес деградації.

Постановка проблеми. За визначенням низки дослідників, безпека дорожнього руху - це комплекс та система правил, заходів і засобів, що забезпечують умови безпечного дорожнього руху, які спрямовані на захист і збереження життя і здоров'я активним та пасивним учасникам дорожнього руху, а також захист і збереження довкілля та майна [1-7]. Тому гостро стає питання вивчення всіх аспектів роботи системи «Водій-автомобіль-дорога-середовище» (В-А-Д-С) [8-9].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. При написанні роботи вивчались дослідження вітчизняних та закордонних авторів з питань основ надійності та оцінювання ризиків.

Метою публікації є вивчення підходів до забезпечення надійності складних систем.

Основна частина. Основною характеристикою системи В-А-Д-С є її надійність. Взагалі надійність об'єкта - властивість виконувати задані функції, зберігаючи у часі значення встановлених експлуатаційних показників в заданих межах, що відповідають заданим режимам і умовам використання, технічного обслуговування, ремонту. Надійність - складна властивість, що складається з більш простих (безвідмовності, ремонтпридатності, довговічності, збереженості). Змістовне значення кожного зі згаданих термінів прописано у відповідних нормативних документах. В залежності від виду об'єкта, його надійність може визначатись всіма чи частиною перерахованих властивостей. Для об'єкта В-А-Д-С надійність залежить, насамперед, від безвідмовності. Безвідмовність - властивість об'єкта безперервно зберігати працездатний стан протягом деякого часу [10].

Система В-А-Д-С безумовно належить до класу складних технічних систем, яким притаманні такі властивості:

- наявність в їх структурі великої кількості підсистем, які взаємодіють згідно із заданим алгоритмом у процесі функціонування системи, що спричиняє велику розмірність математичної моделі надійності системи;

- підсистемам системи можуть бути властиві не один, а декілька видів відмов (наприклад, екстрене гальмування через перешкоду, втрата свідомості водієм);

- у випадках багатофункціональних систем можливі ситуації, коли не всі функції виконуються у повному обсязі чи виконуються неодноразово, або виконуються з погіршенням відповідних характеристик, що ускладнює визначення поняття “відмова системи”;

- складні системи відповідального призначення мають властивість відмовостійкості, тобто здатні нормально функціонувати в умовах відмов окремих підсистем. Ця властивість досягається введенням різного роду надлишковості (структурної, алгоритмічної, часової тощо), що призводить до ускладнення алгоритму внутрішньої поведінки системи внаслідок введення функцій контролю, локалізації несправностей, комутації та відновлення працездатності системи, що в результаті істотно ускладнює модель надійності системи. Перелічені властивості повинні відображати моделі надійності, і цю обставину треба враховувати, вибираючи метод моделювання надійної поведінки складних систем.

Загальний підхід до формування надійних моделей системи В-А-Д-С полягає у тому, що цю модель у формалізованому вигляді описують з позиції надійності взаємодії підсистем у процесі функціонування і відображають ступінь впливу надійності окремих підсистем на надійність системи загалом. Зазвичай показники надійності елементів системи (інтенсивності відмов) визначають на підставі законів розподілу часу безвідмовної роботи, причому поняття “відмова” чітко визначають для кожної підсистеми. Для відновлюваних елементів, крім інтенсивності відмов, визначають також інтенсивність відновлень. Ці показники прийнято вважати незалежними самостійними даними. Моделі надійності, сформовані в термінах відмов елементів, є основним видом надійних моделей систем. Із цього випливає, що сукупність комбінацій можливих станів елементів визначає множину можливих станів системи загалом, яка називається простір станів системи (теорія керування).

Формування надійних моделей складних відмовостійких систем у загальному випадку здійснюють за таких припущень:

- перехід будь-якого елемента із одного стану в інший відбувається миттєво внаслідок відмови чи відновлення, що одночасно спричиняє зміну стану усієї системи;
- розподіли часу безвідмовної роботи та часу відновлення підсистем відомі;
- у разі відмови робочого елемента він миттєво замінюється резервним, якщо резервних елементів декілька, порядок заміни відомий;
- контроль стану підсистем є неперервним і відмова будь-якого елемента системи виявляється одразу ж;
- реакція водія починається або негайно після відмови, або згідно з пріоритетністю, яку виставляє водій спираючись на отриману інформацію;
- результатом відновлення елементів є повне відновлення їх працездатності.

Отже, із перелічених вище припущень випливає, що будь-який елемент системи може перебувати в одному з таких станів:

- працездатності (нормального функціонування);
- відновлення;
- простою внаслідок припинення функціонування, спричиненого відмовою (відновленням) іншого елемента, або своєю чергою, кожен стан системи у відповідний момент часу характеризується вектором станів усіх елементів у той самий момент.

Всю множину станів системи поділяють на дві підмножини: стани працездатності та стани непрацездатності (або часткової непрацездатності). Система переходить з одного стану в інший миттєво внаслідок відмови чи відновлення одного із елементів. Сформована в такий спосіб модель описує надійну поведінку системи загалом як траєкторію у просторі станів працездатності та непрацездатності.

Можливі два підходи до забезпечення надійності складних систем:

- на підставі статистичного імітаційного моделювання;
- на підставі аналітичного моделювання.

Аналітичні методи є найпоширенішими під час моделювання та розрахунку показників надійності складних технічних систем [11].

Серед численних відомих аналітичних методів відзначимо:

- логіко-ймовірнісні методи, які ґрунтуються на припущенні, що кожен елемент системи може перебувати у одному із двох можливих станів: працездатності та відмови (непрацездатності);
- топологічні методи, які уможливають визначення показників надійності систем на підставі графу станів, який є одним зі способів опису процесу функціонування системи з погляду надійності;

- методи на основі марківських випадкових процесів, які застосовують для моделювання надійної поведінки технічних систем як засіб математичного опису еволюції системи з точки зору надійності [12].

Складність технічних систем зумовлює великі розмірності їхніх математичних моделей, що практично унеможлиблює їх формування та аналіз ручними способами. Необхідне поєднання аналітичних методів дослідження надійності з обчислювальними можливостями програмних продуктів. Вибір моделей надійності здійснюють на основі аналізу фізики процесів, що призводять до відмов, досвіду експлуатації, законів розподілу наробітку виробів до відмови аналогів. У ряді випадків наявні визначені залежності між механізмами відмов і видами функцій розподілу, які дозволяють зробити їх обґрунтований вибір. При цьому важливо апроксимувати характеристики надійності відомими теоретичними функціями розподілу.

В табл. 1 наведені головні закони розподілу часу безвідмовної роботи, що застосовуються як моделі надійності виробів, та їхні характеристики. Як додаткову інформацію використовують відомості про характер зміни $R_i(t)$, $f_i(t)$, і $\lambda_i(t)$, які визначають за формулами:

$$R(t) = \frac{N(t)}{N_0}; \lambda_i(t) = \frac{N(t) - N(t + \Delta t)}{N(t) \Delta t}; R(t) = \frac{N(t)}{N_0}; \quad (1)$$

де Δn_i - кількість відмов у i -му інтервалі;

N_0 - загальна кількість виробів;

Δt - інтервал наробітку;

$N(t)$ - кількість працездатних виробів до моменту часу t .

На ранніх стадіях життєвого циклу технічних виробів потрібна модель прогнозування надійності, оскільки немає відомостей про відмови. Моделі такого типу призначені для передбачення кількості помилок і зараховані до імовірнісних моделей надійності.

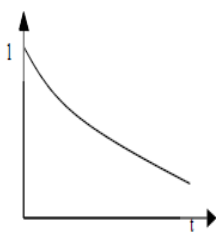
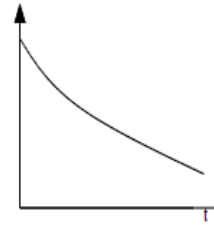
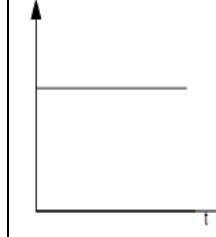
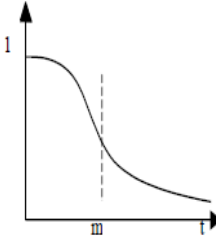
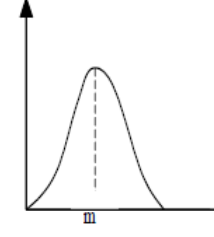
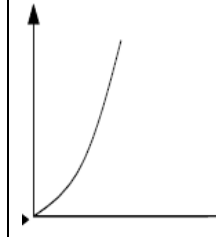
Модель зростання надійності потрібна для оцінки поточного рівня надійності, часу і ресурсів, необхідних для досягнення заданого рівня надійності. Моделі такого типу належать до імовірнісно-фізичних моделей надійності технічних об'єктів. Незалежно від складності об'єкт (елемент, система, складна система з резервуванням) має певну функцію розподілу наробітку (модель відмов), і вся проблема оцінки показників надійності об'єкта зводиться до оцінки параметрів цього розподілу.

Імовірнісно-фізичні моделі (DM-, DN- і α - розподіл) спеціально побудовані для опису відмов об'єктів на підставі аналізу фізичних процесів деградації, які зумовлюють відмови. На відміну від імовірнісних моделей вони

є фізично обґрунтованими моделями, які враховують фізичну природу відмов та дозволяють для оцінки надійності використовувати характеристики фізичних явищ, які формують відмови об'єктів.

Таблиця 1.

Закони розподілу та їхні характеристики

Закон розподілу	Характеристики			Застосування розподілу
	$P(t)$	$f(t)$	$\lambda(t)$	
1	2	3	4	5
<p>Експоненційний</p> $P(t) = e^{-\lambda t}$ $f(t) = \lambda e^{-\lambda t}$ $\lambda(t) = const$				<p>При аналізі складних систем, які пройшли період пристосування; раптових відмовах, що виникли внаслідок дефектів технології, в теорії масового обслуговування. Цьому закону підпорядкований наробіток між послідовними відмовами, в режимі який встановлений</p>
<p>Нормальний:</p> $P(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_t^{\infty} e^{-\frac{(t-m)^2}{2\sigma^2}} dt$ $f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t-m)^2}{2\sigma^2}}$ $\lambda(t) = \frac{1}{\sigma} \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{2} \Phi\left(\frac{t-m}{\sigma}\right) \right)$				<p>При відмовах внаслідок зношення та старіння елементів При відмовах внаслідок впливу великої кількості факторів, рівнозначних за величиною</p>

1	2	3	4	5
<p>Вейбулла:</p> $P(t) = e^{-\left(\frac{t}{a}\right)^\beta}$ $f(t) = \frac{b}{a} \left(\frac{t}{a}\right)^{b-1} e^{-\left(\frac{t}{a}\right)^\beta}$ $\lambda(t) = \frac{b}{a} t^{b-1}$				<p>При описі термінів служби елементів доріг, характеристики міцності, втомлісної стійкості авто., а також рівня навичок водія</p>
<p>Гамма-розподіл:</p> $P(t) = \int_0^t \frac{\alpha^\beta t^{\beta-1} e^{-\alpha t}}{\Gamma(\beta)}$ $f(t) = \frac{\alpha^\beta}{\Gamma(\beta)} e^{-\alpha t} t^{\beta-1}$ $\lambda(t) = \frac{t^{\beta-1} e^{\alpha t}}{\int_t^\infty t^{\beta-1} e^{-\alpha t} dt}$				<p>При описі наробітку до відмови внаслідок зношення чи накопичення пошкоджень, наробітку системи з резервними одиницями, часу відновлення ($\Gamma(\beta)$-гама функція)</p>

Типові моделі випадкових фізичних процесів деградації наведені на рис. 1, де показано реалізації визначальних параметрів для сукупності однотипних об'єктів. Наведені моделі відповідають широкому класу фізичних процесів деградації (втоми, зношування, корозії, старіння тощо). Усі зовнішні чинники, які визначають надійність та пов'язані з конструкцією, властивостями використовуваних матеріалів, технологією виготовлення, рівнем виробництва й експлуатації, у кінцевому підсумку впливають на нахил (середню швидкість процесів деградації) і розсіяння реалізацій, не змінюючи схеми формалізації і типу розподілу. Тип розподілу у схемі формалізації, що розглядається, визначається характером фізичного процесу деградації. Зокрема, детермінованим, монотонним чи немонотонним видом його реалізацій.

Параметри α -розподілу мають таку інтерпретацію:

- параметр масштабу β дорівнює величині, зворотній середній швидкості змінювання визначального параметра;
- параметр форми α дорівнює зворотній величині коефіцієнта варіації швидкості змінювання визначального параметра.

Якщо фізичний процес деградації об'єкта описується випадковим віяловим процесом типу (Рис. 1, модель *a*), то у такому випадку розподіл відмов буде апроксимуватися α -розподілом (табл. 2).

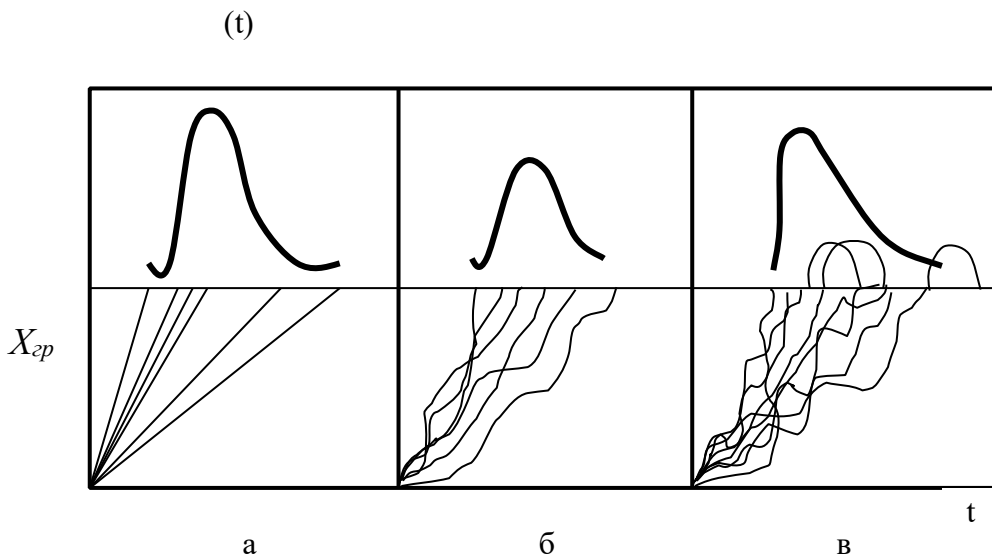


Рис. 1. Моделі випадкових процесів деградації і схем формування розподілу наробітку до відмови:

a - віяловий процес (α -розподіл); *б* - марковський монотонний процес (DM-розподіл);
в - марковський немонотонний процес (DN-розподіл)

Таблиця 2.

Основні характеристики α - розподілу

Характеристика α -розподілу	Розрахункова формула
Щільність імовірності	$P(t) = \int_{0t}^t \frac{\alpha^b t^{b-1} e^{-at}}{\Gamma(b)}$ $f(t) = \frac{\alpha^b}{\Gamma(b)} e^{-at} t^{b-1}$ $\lambda(t) = \frac{t^{b-1} e^{at}}{\int_t^{\infty} t^{b-1} e^{-at} dt}$
Модель відмов (функція розподілу)	$F(t) = \Phi\left(\frac{at - \beta}{t}\right)$
Модель надійності (ймовірність безвідмовної роботи)	$R(t) = \Phi\left(\frac{\beta - at}{t}\right)$

Характеристики процесу деградації повністю визначаються початковим станом і не залежать від механо-фізико-хімічних та інших процесів деградації, які відбуваються в об'єктах під впливом зовнішніх умов та часу.

Обидві моделі подаються однорідним марковським процесом дифузійного типу. Визначення розподілу напрацювання до першої відмови об'єктів у такому випадку зводиться до вирішення завдання першого досягнення процесом межі ділянки (граничного рівня). Параметри двопараметричних дифузійних розподілів мають фізичну інтерпретацію:

- параметр масштабу μ дорівнює величині, зворотній середній швидкості змінювання визначального параметра (нормованого на граничне значення);
- параметр форми ν дорівнює коефіцієнту варіації швидкості змінювання визначального параметра.

Якщо фізичний процес деградації об'єкта описується випадковим процесом з монотонними реалізаціями, то розподіл відмов буде апроксимуватися дифузійним монотонним розподілом (DM-розподіл) (табл. 3). Незворотний характер мають процеси руйнування у разі втоми, механічного зношення, корозії та старіння, тобто процеси, притаманні механічним об'єктам (автомобіль, дорога).

Таблиця 3.

Основні характеристики DM-розподілу

Характеристика DM-розподілу	Розрахункова формула
Щільність ймовірності	$f(t) = \frac{(t + \mu)}{2\nu t \sqrt{2\pi\mu t}} \exp\left(\frac{t - \mu}{2\nu^2 \mu t}\right)^2$
Модель відмов (функція розподілу)	$F(t) = DM(t; \mu; \nu) \left(\frac{t - \mu}{\nu \sqrt{\mu t}}\right)$
Модель надійності (ймовірність безвідмовної роботи)	$R(t) = \Phi\left(\frac{\mu - t}{\nu \sqrt{\mu t}}\right)$

Якщо фізичний процес деградації об'єкта описується випадковим процесом з немонотонними реалізаціями, чи у загальному випадку з монотонними і немонотонними реалізаціями, то розподіл відмов буде апроксимуватися дифузійним немонотонним розподілом (DN-поділ, табл. 4).

Таблиця 4.

Основні характеристики DN-розподілу

Характеристика DN-розподілу	Розрахункова формула
Щільність ймовірності	$f(t) = \frac{\sqrt{\mu}}{\nu t \sqrt{2\pi t}} \exp\left[\frac{(t - \mu)^2}{2\nu^2 \mu t}\right]$
Модель відмов (функція розподілу)	$F(t) = DN(t; \mu; \nu) = \Phi\left(\frac{t - \mu}{\nu \sqrt{\mu t}}\right) + e^{2\nu-2} \Phi\left(\frac{t + \mu}{\nu \sqrt{\mu t}}\right)$
Модель надійності (імовірність безвідмовної роботи)	$R(t) = \Phi\left(\frac{\mu - t}{\nu \sqrt{\mu t}}\right) - e^{2\nu-2} \Phi\left(\frac{\mu + t}{\nu \sqrt{\mu t}}\right)$

Висновки. Таким чином, процеси деградації підсистем поряд з монотонними реалізаціями (скупчення дислокацій, пластичні деформації, механічне руйнування через втому) внаслідок низки явищ мають і немонотонні реалізації. Тому у загальному випадку прийнято розглядати деградацію підсистем як процес з немонотонними реалізаціями. Якщо встановлено, що відмови зумовлені незворотними процесами типу механічне зношення, втома, то за теоретичну модель відмов слід прийняти DM-розподіл. Для всіх механічних елементів (деталей автомобілів, елементів доріг) найбільш придатною моделлю відмов є DM-розподіл, при цьому оцінка коефіцієнта варіації може бути в інтервалі від 0,3 до 0,7 [13].

Список джерел.

1. Ю.С. Шемшученко. Безпека дорожнього руху // Юридична енциклопедія : [у 6 т.] / ред. кол.: Ю.С. Шемшученко (відп. ред.) [та ін.]. - К. : Українська енциклопедія ім. М.П. Бажана, 1998. - Т. 1 : А-Г. - 672 с. - ISBN 966-7492-00-X.].
2. McMahon, K & Dahdah, S. (2008). The True Cost of Road Crashes: Valuing life and the cost of serious injury. iRAP: Hamshire, UK;]
3. Статистика аварійності в Україні. – Електронний ресурс. Режим доступу: <https://patrolpolice.gov.ua/statystyka/>.
4. Section 402: State Highway Safety Programs. - U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration/ - Електронний ресурс. Режим доступу: <https://highways.dot.gov/>.
5. National Road Safety Strategy 2021-30. - Infrastructure and transport ministers, Commonwealth of Australia 2021. December 2021 /. - 32 p. ISBN 978-1-922521-09-1.
6. EU Road Safety: Towards “Vision Zero”. - European Climate, Infrastructure and Environment Executive Agency (CINEA) © European Union, 2022. 38 p. ISBN 978-92-9208-142-3 doi: 10.2840/853053.
7. Ben Hamilton-Baillie (2 February 2008). "Hans Monderman". Obituaries. The Guardian. Retrieved 5 February, 2008.
8. Линник І.Е. Теоретичні основи прогнозування еволюції ергономічної системи «Водій - транспортний засіб - транспортна мережа - середовище»/ І.Е. Линник // Харків: Національна академія міського господарства, 2013. - 41 с.
9. Шпачук В.П. Модель функціонування системи «Людина - автомобіль - дорога - приземний простір» у замкнутому стані / В.П. Шпачук, І.Е. Линник // Вісник Донецького інституту автомобільного транспорту. № 4. - Донецьк, 2009. - С. 31-35.
10. Безпека дорожнього руху: навчальний посібник / А.А. Кашканов, О.Г. Грисюк, І.І. Гуменюк. - Вінниця: ВНТУ, 2017. - 90 с.
11. Хенлі Е.Дж. Надійнісне проектування технічних систем і оцінка ризику / Е.Дж. Хенлі, Х. Кумамото: пер. з англ. за ред. Ю.Г. Зареніна. - К.: Вища школа, гол. вид-во, 1987. - 544 с.
12. За ред. проф. Ю.Я. Бобала, проф. Б.А. Мандзія. Математичні моделі та методи аналізу електронних кіл . - Навчальний посібник. - 2013. - 320 с. ISBN 978-617-607-355-0
13. Бурлаков В.І., Ленков С.В., Салімов Р.М. Основи надійності повітряних суден та авіаційних двигунів. Київ : НАУ, 2004. 172 с.

Osypov Valentyn

Kyiv National University of Construction and Architecture

**DISCRETE-CONTINUOUS PROCESSES AS THE MATHEMATICAL BASIS
OF THE RELIABILITY OF THE BEHAVIOR OF SUBSYSTEMS OF THE
"DRIVER-VEHICLE-ROAD-ENVIRONMENT" SYSTEM**

The work is devoted to the study of the reliability of the behavior of subsystems of the driver-car-road-environment system. According to the definition of a number of researchers, traffic safety is a complex and system of rules, measures and means that ensure safe traffic conditions, which are aimed at protecting and preserving the life and health of active and passive road users, as well as protecting and preserving the environment and property. Therefore, the question of studying all aspects of the operation of the "Driver-car-road-environment" system becomes acute. The general approach to the formation of reliability models of the B-A-D-S system consists in the fact that this model is described in a formalized form from the standpoint of the reliability of the interaction of subsystems in the process of functioning and reflects the degree of influence of the reliability of individual subsystems on the reliability of the system as a whole. Usually, reliability indicators of system elements (failure intensity) are determined on the basis of the laws of distribution of time of failure-free operation, and the concept of "failure" is clearly defined for each subsystem. Reliability models formed in terms of element failures are the main type of system reliability models. It follows that the set of combinations of possible states of elements determines the set of possible states of the system in general, which is called the space of system states (control theory).

When writing the work, the research of domestic and foreign authors on the issues of the basics of reliability and risk assessment was studied. The purpose of the publication is to study approaches to ensuring the reliability of complex systems. It was determined that for all mechanical elements (car parts, road elements) the most suitable failure model is the DM-distribution, while the estimation of the coefficient of variation can be in the range from 0.3 to 0.7

Key words: reliability model; statistical simulation modeling; degradation process.

REFERENCES

1. Yu.S. Shemshuchenko. Traffic safety // Legal encyclopedia: [in 6 volumes] / editor. col.: Yu.S. Shemshuchenko (rep. editor) [etc.]. - K.: Ukrainian encyclopedia named after M.P. Bazhana, 1998. - T. 1: A-G. - 672 p. - ISBN 966-7492-00-X.} {in Ukrainian}

2. McMahon, K & Dahdah, S. (2008). The True Cost of Road Crashes: Valuing life and the cost of serious injury. iRAP: Hamshire, UK;] {in English}
3. Accident statistics in Ukraine. - Electronic resource. Access mode: <https://patrolpolice.gov.ua/statystyka/>. {in Ukrainian}
4. Section 402: State Highway Safety Programs. - U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration/ - Електронний ресурс. Режим доступу: <https://highways.dot.gov/>. {in English}
5. National Road Safety Strategy 2021-30. - Infrastructure and transport ministers, Commonwealth of Australia 2021. December 2021 /. - 32 p. ISBN 978-1-922521-09-1. {in Ukrainian}
6. EU Road Safety: Towards “Vision Zero”. - European Climate, Infrastructure and Environment Executive Agency (CINEA) © European Union, 2022. 38 p. ISBN 978-92-9208-142-3 doi: 10.2840/853053. {in English}
7. Ben Hamilton-Baillie (2 February 2008). "Hans Monderman". Obituaries. The Guardian. Retrieved 5 February, 2008. {in English}
8. Lynnyk I.E. Teoretychni osnovy prohnovuvannya evolyutsiyi erhonomichnoyi systemy «Vodiy - transportnyy zasib - transportna merezha - seredovyshe»/ I.E. Lynnyk // Kharkiv: Natsional'na akademiya mis'koho hospodarstva, 2013. - 41 s. {in Ukrainian}
9. Shpachuk V.P. Model' funktsionuvannya systemy «Lyudyna - avtomobil' - doroha - pryzemnyy prostir» u zamknutomu stani / V.P. Shpachuk, I.E. Lynnyk // Visnyk Donets'koho instytutu avtomobil'noho transportu. № 4. - Donets'k, 2009. - S. 31-35. {in Ukrainian}
10. Bezpeka dorozhn'oho rukhu: navchal'nyy posibnyk / A.A. Kashkanov, O.H. Hrysyuk, I.I. Humenyuk. - Vinnytsya : VNTU, 2017. - 90 s. {in Ukrainian}
11. Khenli E.Dzh. Nadiynisne proektuvannya tekhnichnykh system i otsinka ryzyku / E.Dzh. Khenli, KH. Kumamoto: per. z anhl. za red. YU.H. Zarenina. - K.: Vyscha shkola, hol. vyd-vo, 1987. - 544 s. {in Ukrainian}
12. According to the ed. Prof. Yu. Ya. Bobala, prof. B. A. Mandzia. Mathematical models and methods of analysis of electronic circuits. - Tutorial. - 2013. - 320 p. ISBN 978-617-607-355-0. {in English}
13. Burlakov V.I., Lenkov S.V., Salimov R.M. Basics of reliability of aircraft and aircraft engines. Kyiv: NAU, 2004. 172 p. {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2076-815x.2024.86.340-352

УДК 624.04

д.т.н., професор Сур'янінов М.Г.,

sng@odaba.edu.ua, ORCID: 0000-0003-2592-5221,

к.т.н., доцент Неутов С.П.,

neutov.stepan@ogasa.org.ua, ORCID: 0000-0002-0132-124X,

к.т.н., доцент Сорока М.М.,

soroka@odaba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-9551-9475,

Метлицький В.В.,

metlizkiy98@gmail.com, ORCID: 0000-0002-1668-9936,

Одеська державна академія будівництва та архітектури, м. Одеса

НЕСУЧА ЗДАТНІСТЬ І ТРІЩИНОУТВОРЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННОЇ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ОБОЛОЧКИ ПРИ ЗМІНІ ЇЇ ТОВЩИНИ

Викладено результати експериментальних досліджень довгих циліндричних оболонок з метою визначення їх напружено-деформованого стану, несучої здатності та тріщиностійкості при зміні товщини оболонки. Для реалізації поставленого завдання авторами розроблено спеціальний стенд. Виготовлено та досліджено 4 моделі циліндричної оболонки із залізобетону (зразки RC1-RC4). Товщина зразків становила 45, 50, 55, 60 мм, а розміри поперечного перерізу бортових елементів змінювалися відповідним чином. Розподілене навантаження (вертикальне) було прикладено по чотирьох смугах, шириною 13 см кожна, і лише тілом оболонки, тобто бортові елементи не навантажені. Оболонка шарнірно спирається з кутів на пластини 100x100мм. Усередині кожного бортового елемента по два арматурні стрижні діаметром 10мм. З метою отримання повної та достовірної картини деформації поверхні оболонки у кожному з трьох зон, розташованих між ланцюгами навантаження, закріплені по 4 індикатори годинного типу. Крім індикаторів, на оболонку наклеєні тензометричні датчики, за допомогою яких відстежувалися деформації на верхній та нижній поверхнях. Процес навантаження закінчувався тоді, коли випробувана оболонка втрачала здатність чинити опір зовнішньому навантаженню. Величина навантаження, що відповідає цьому моменту, бралася за несучу здатність оболонки. Одночасно із зразками-оболонками виготовлялися контрольні зразки призми та кубів для визначення фізико-механічних характеристик бетону. Побудовано графіки залежності відносної деформації від навантаження. Визначено несучу здатність оболонок та навантаження, при якому утворилася перша тріщина. До моменту втрати несучої здатності у всіх оболонках утворилися тріщини з однаковою початковою шириною розкриття 0,05 мм. Кінцева ширина розкриття тріщин,

як і несуча здатність, децю зростала за умови зростання товщини оболонки. А ось навантаження початку тріщиноутворення виявилось найбільшим для двох середніх значень товщини оболонки – 50 та 55 мм. Загальна картина тріщиноутворення всіх зразків майже однакова. Методика випробувань та розроблений стенд мають універсальний характер, і будуть використані для проведення подальших досліджень.

Ключові слова: залізобетон; експеримент; стенд для випробувань; циліндрична оболонка; несуча здатність; тріщиноутворення.

Вступ. Одним із актуальних шляхів розвитку техніки є все ширше застосування легких та економічних тонкостінних конструкцій. В даний час тонкостінні просторові системи типу циліндричних оболонок та їх з'єднань знаходять широке застосування в різних галузях сучасної техніки: на автомобільному та залізничному транспорті, у тунелебудуванні, у промисловому та цивільному будівництві та інших галузях. Завдяки криволінійній формі, оболонки працюють як просторові елементи і мають високі характеристики міцності, що дозволяє при раціональному проектуванні створювати з них легкі і міцні конструкції. Подібні системи часто використовуються при будівництві будівель та підземних споруд, трубопроводів, виготовленні залізничних та автомобільних цистерн, а також у суднобудуванні, авіабудуванні, хімічному та енергійному машинобудуванні, газовій, нафтовій та інших галузях промисловості.

Аналіз попередніх досліджень. Нині створено досить досконалу теорію тонких оболонок, у розвиток якої значний внесок зробили вчені різних країн світу: С.А. Амбарцумян, І.М. Векуа, О.М. Гузь [1], В.З. Власов [2], А.С. Вольмір [3], І.І. Ворович, І.Г. Галеркін, К.З. Галімов, А.Л. Гольденвейзер [4], Я.М. Григоренко [5], Н.А. Кільчевський, М.С. Корнішін, А.І. Лур'є, Х.М. Муштарі, В.В. Новожилов [6], І.Х. Саїтов, С.П. Тимошенко [7], К.Ф. Чорних, І.Я. Штаерман, П.М. Нахді (P.M. Naghdi), Е. Рейсснер (E. Reissner), А. Ляв (A.E.H. Love), А. Бессет (A.V. Basset), Х. Лемб (H.Lamb) та інші дослідники.

Питання міцності та тріщиностійкості залізобетонних циліндричних оболонок давно привертають увагу вчених [8]. Цей інтерес не слабшає і зараз. Мета роботи [9] – дослідити, як експериментально, так і чисельно, модернізовану міцність бетонних циліндричних оболонок, армованих одним шаром, при зосередженому навантаженні. У статті [10] представлено математичну модель деформування тонких ортотропних оболонок обертання, засновану на моделі Тимошенка – Рейснера. Модель враховує розрахунок арматури з урахуванням зсувної та крутильної жорсткості ребер, геометричної нелінійності, а також неправильної форми оболонки. Показано можливість

застосування методів та алгоритмів, що використовуються при дослідженні ізотропних оболонок. Представлена модель більш адекватно досліджує напружено-деформований стан та стійкість тонких армованих ортотропних оболонок обертання. У статті [11] представлений підхід до моделювання поступового руйнування циліндричних оболонок під дією комбінованого осевого стискаючого зусилля та згинального моменту. У цьому методі поведінка поступового руйнування циліндричних оболонок оцінюється шляхом урахування локальної реакції кожного волокнистого елемента. Цей підхід пропонує обчислювально ефективну та надійну схему для розрахунку межі міцності циліндричних оболонок. Крім того, це дозволяє моделювати розподіл навантаження між вигнутими та неушкодженими елементами оболонки на стороні стиснення, а також руйнування податливості на стороні розтягування, що, очевидно, ігнорується у існуючих нормах проектування. Дослідження [12] є параметричним дослідженням непідкріплених циліндричних оболонок, що піддаються осевому стиску. Особливу увагу приділено граничним характеристикам міцності та їх зв'язку з вихідною геометричною недосконалістю. У [13] представлено комплексне параметричне дослідження статичної поведінки довгих циліндричних бетонних оболонок, що піддаються навантаженню від власної ваги. Аналіз проводився з використанням програмного забезпечення ANSYS, і систематично вивчався вплив трьох факторів, а саме розмаху, центрального кута та товщини. Новий метод оцінки міцності циліндричних оболонок з тріщинами при різних навантаженнях за коефіцієнтом інтенсивності напружень (КІН) представлений в [14].

Мета. Метою роботи було дослідження несучої здатності та тріщиноутворення залізобетонної циліндричної оболонки при зміні її товщини.

Матеріали та методи дослідження. Матеріал досліджуваної оболонки — залізобетон. Використовуються методи будівельної механіки, математичного аналізу та експериментальні методи.

Результати та обговорення.

Силова частина випробувального стенду (рис. 1, 2) була змонтована таким чином, що на оболонку передавалося навантаження, рівномірно розподілене за чотирма смугами, які перебували на рівній відстані одна від одної. В процесі випробувань визначалася несуча здатність оболонки, а всі етапи навантаження (яке здійснювалося поступово) фіксувалися індикаторами.

Було встановлено 2 однакових манометри, ціна поділки кожного з них становить 1 діл. = 267,857 кг = 2,68 кН.

База індикаторів на оболонці становила 24 мм.



Рис. 1. Випробувальний стенд оболонки

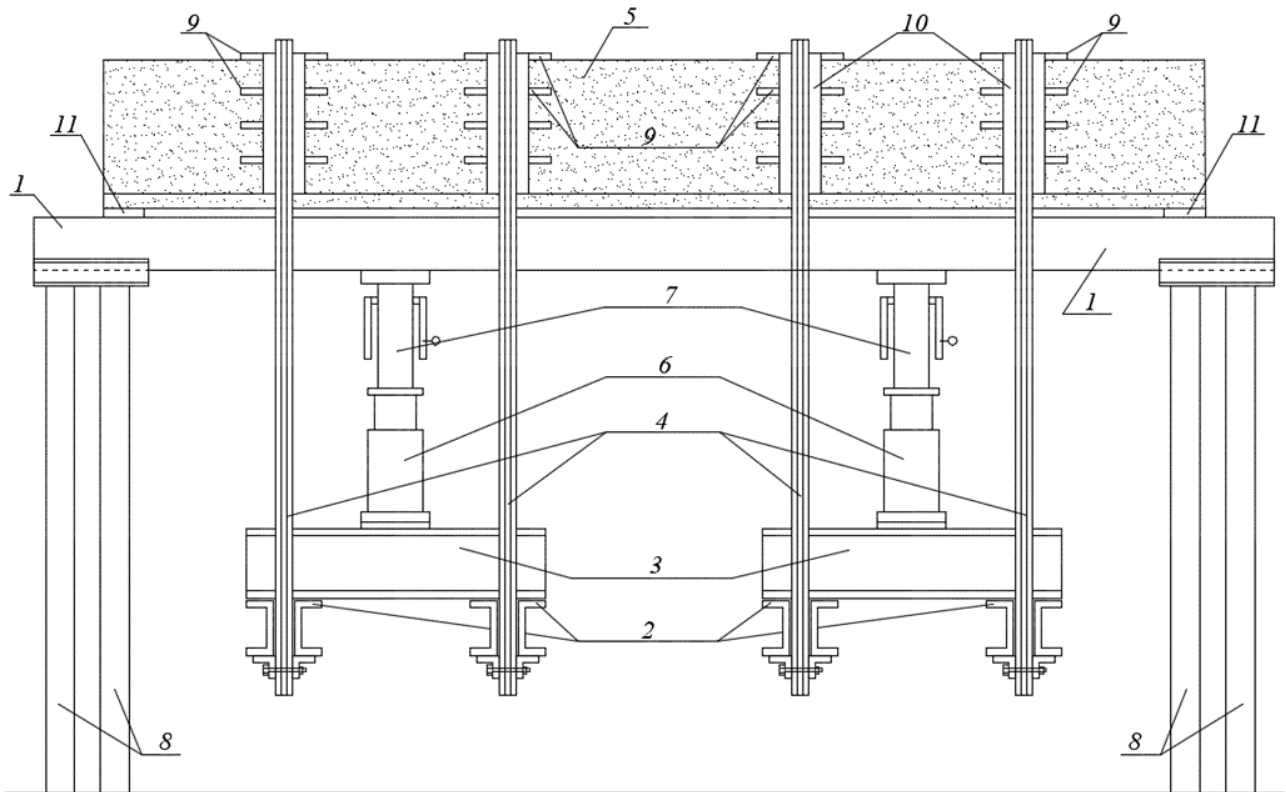


Рис. 2. Загальна схема стенду: 1 – рама навантаження; 2 – балка навантаження; 3 – передавальні балки; 4 – ланцюги навантаження; 5 – циліндрична оболонка; 6 – домкрати; 7 – зразкові динамометри 500 кН; 8 – опорні стійки; 9 – стрижні, що передають навантаження з ланцюга на оболонку; 10 – металевий лист; 11 – опорна металева пластина

Випробування оболонки на стенді виконується в наступному порядку: оболонку 5 встановлюють на раму навантаження 1, яка спирається на чотири опорні стійки 8. На верхню поверхню оболонки, що випробовується, укладають гнучкі металеві листи з жерсті 11, до яких через кожні 10 см за допомогою шурупів прикріплені передавальні бруси 9. Лист з жерсті в силу малої жорсткості приймає обрис зовнішньої поверхні оболонки 5 і дозволяє ланцюгам навантаження вільно ковзати по поверхні оболонки. На листи з жерсті укладають ланцюги навантаження 4, які охоплюють оболонку. Довжина кожного кола 4,8 метри, міцність на розрив 250 кН. У процесі прикладення навантаження балки навантаження 2 за допомогою гідравлічних домкратів 6 зміщуються щодо рами навантаження 1, на яку опирається оболонка. Переміщення балок навантаження призводить до того, що всі чотири ланцюги навантаження, що охоплюють оболонку, натягуються і передають рівномірно розподілене навантаження на поверхню. Процес навантаження починається після зняття нульових (початкових) показань на всіх без винятку вимірювальних приладах. Навантаження здійснюється ступенями, згідно з Національним стандартом України [15]. Кожна ступінь закінчується п'ятихвилинною витримкою з фіксацією всіх параметрів.

З метою отримання повної та достовірної картини деформації поверхні оболонки у кожному з трьох зон, розташованих між ланцюгами навантаження, закріплені по 4 індикатори годинного типу з ціною поділу 0,01мм. Три індикатори (перший, п'ятий та дев'ятий) закріплені на бортовому елементі оболонки. Кожен четвертий з дванадцяти — на гребені оболонки. Два середні індикатори з кожної четвірки (2 і 3; 6 і 7; 10 і 11) розташовані на рівнях $1/3$ і $2/3$ стріли підйому оболонки відповідно (рис. 3).

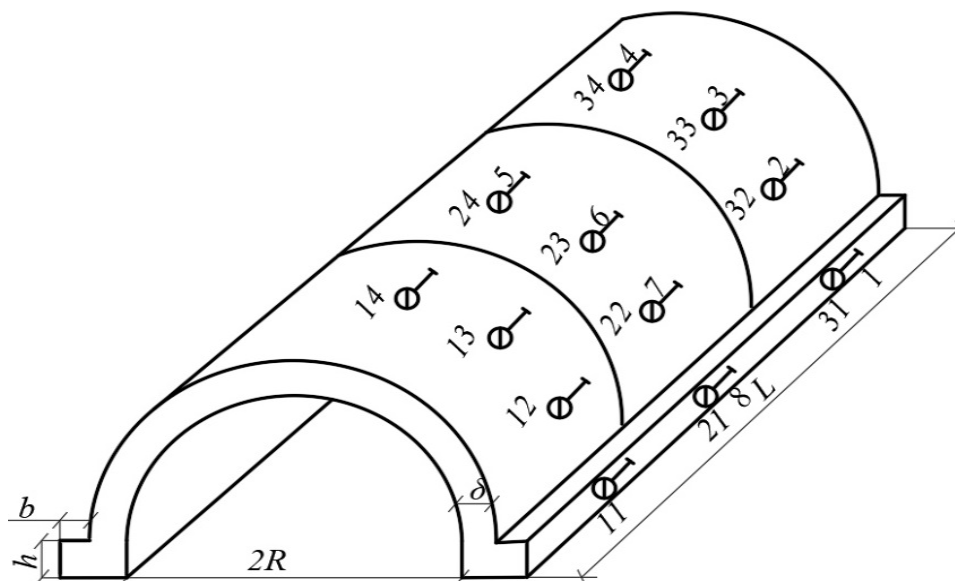


Рис. 3. Розташування вимірювальних приладів

Крім індикаторів, на оболонку наклеєні тензометричні датчики, за допомогою яких відстежувалися деформації на верхній та нижній поверхнях. Процес навантаження закінчувався тоді, коли випробувана оболонка втрачала здатність чинити опір зовнішньому навантаженню. Величина навантаження, що відповідає цьому моменту, бралася за несучу здатність оболонки.

Відповідно до програми випробувань циліндричних оболонок у рамках науково-дослідної роботи "Аналітичні, комп'ютерні та експериментальні дослідження напружено-деформованого стану фібробетонних конструкцій" (реєстраційний номер 0121U111755) на кафедрі будівельної механіки Одеської державної академії будівництва та архітектури виготовлено 4 моделі циліндричної оболонки із залізобетону (зразки RC1-RC4).

Для визначення фізико-механічних характеристик бетону в кожній серії було випробувано по шість контрольних кубів розміром 100x100x100 мм та три призми розміром 100x100x400 мм. Випробування контрольних зразків виконано за ДСТУ Б В.2.7-214:2009 [16]. За результатами цих випробувань встановлено, що бетон зразків-оболонок представлений класом C20/25 за міцністю на стиск.

Всі зразки-оболонки мали постійну довжину $L = 2450 \text{ мм}$ та радіус поперечного перерізу $R = 270 \text{ мм}$, а варіювалися товщина оболонки δ та розміри поперечного перерізу бортових елементів b , h .

Товщина зразків (табл. 1) становила 45, 50, 55, 60 мм, а розміри поперечного перерізу бортових елементів змінювалися відповідним чином.

Розподілене навантаження (вертикальне) було прикладено по чотирьох смугах, шириною 13 см кожна, і лише тілом оболонки, тобто. бортові елементи не навантажені. Оболонка шарнірно спирається з кутів на пластини 100x100мм. Усередині кожного бортового елемента по два арматурні стрижні діаметром 10мм.

Для усіх зразків побудовано графіки залежності відносної деформації від навантаження. Деякі з них наведені на рис. 4-7.

Несуча здатність оболонок та навантаження, при якому утворилася перша тріщина, наведена у табл. 1.

Таблиця 1

Несуча здатність та навантаження на початку тріщиноутворення

Модель	Товщина, мм	Несуча здатність, кН	Навантаження початку тріщиноутворення, кН	Відсоток від несучої здатності
RC1	45	96,4	42,9	44,5
RC2	50	101,6	64,5	63,5
RC3	55	109,6	64,5	58,9
RC4	60	117,9	53,6	45,5

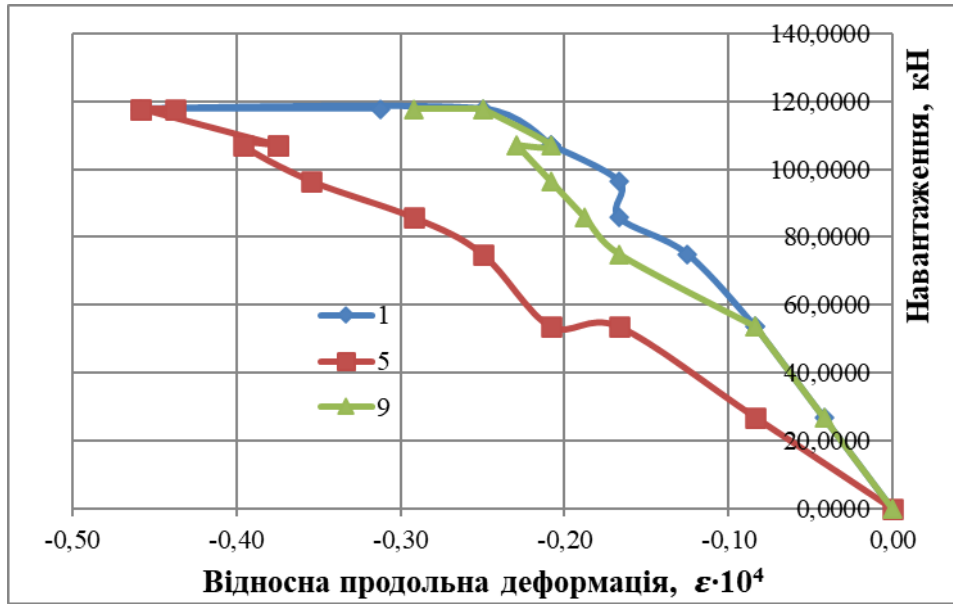


Рис. 4. Графік залежності відносної деформації від навантаження для частини оболонки 1-5-9

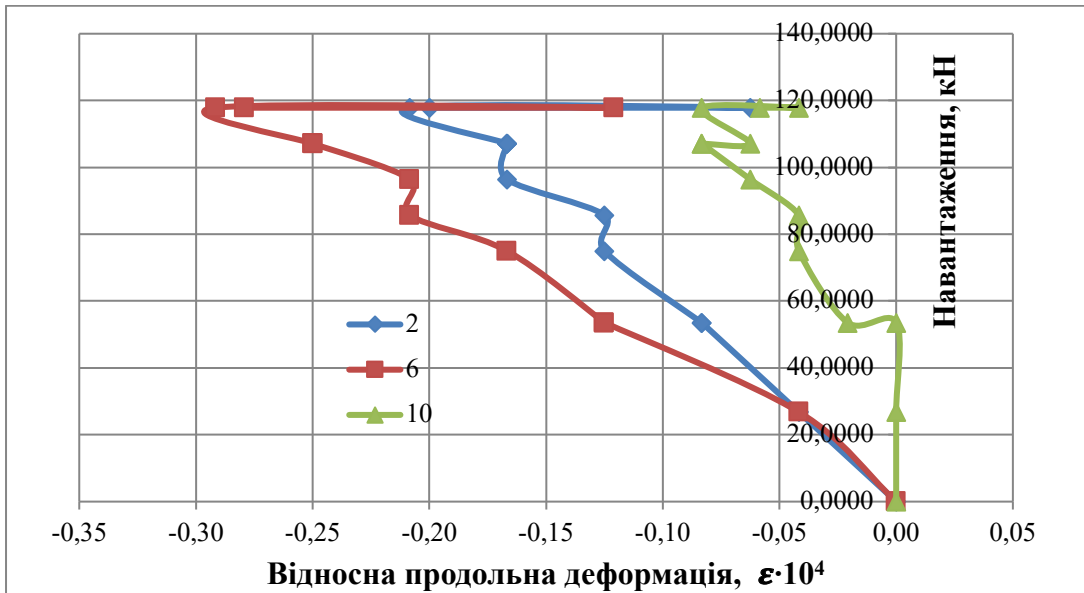


Рис. 5. Графік залежності відносної деформації від навантаження для частини 2-6-10

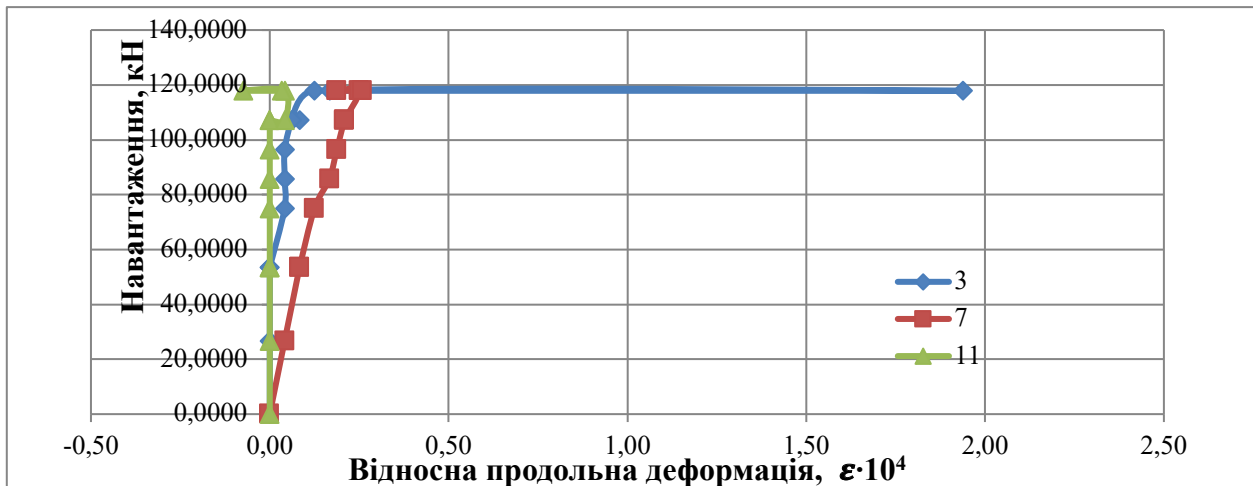


Рис. 6. Графік залежності відносної деформації від навантаження для частини 3-7-11

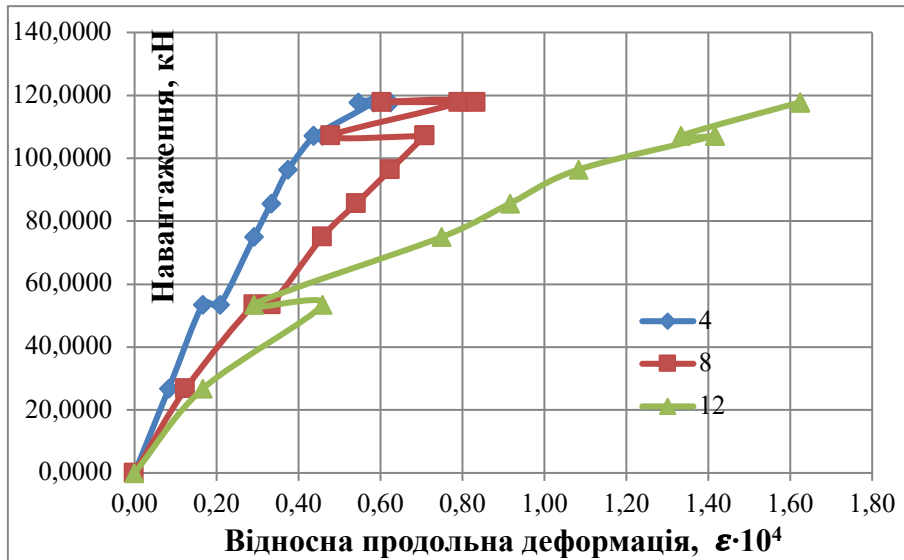


Рис. 7. Графік залежності відносної деформації від навантаження для частини 4-8-12

Величина та кількість ступеней навантаження зразків до втрати несучої здатності приведена в табл. 2.

Таблиця 2

Навантаження зразків по ступенях

Номер ступеню навантаження	Навантаження, кН			
	RC1	RC2	RC3	RC4
RC1, RC2, RC3, RC4				
1	21,4	24,2	24,2	21,4
2	32,2	40,3	40,3	32,2
3	42,9	48,4	56,4	42,9
4	53,6	56,4	64,5	53,6
5	64,3	64,5	72,5	64,3
6	75,0	72,5	80,6	74,9
7	85,8	80,6	88,7	85,8
8	96,4	88,7	96,7	96,4
9		96,7	104,8	107,1
10		101,6	109,6	117,8

На рис. 8 показано загальну картину тріщиноутворення у зразках.

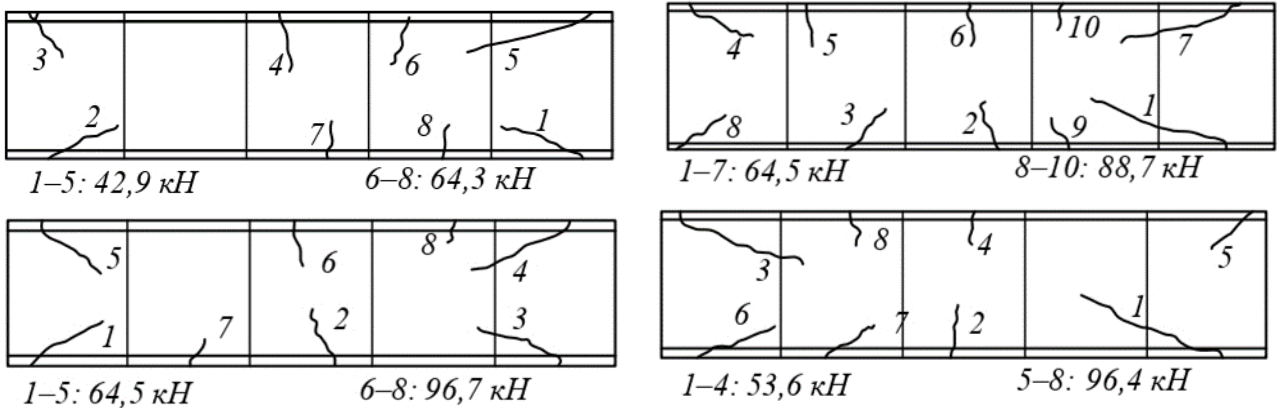


Рис. 8. Тріщиноутворення у зразках оболонки

Початкова ширина розкриття тріщин виявилася однаковою — 0,05 мм. Кінцева ширина розкриття тріщин наведена у табл. 3.

Таблиця 3

Кінцева ширина розкриття тріщин

Номер тріщини				Навантаження, кН				Кінцева ширина розкриття, мм			
RC1	RC2	RC3	RC4	RC1	RC2	RC3	RC4	RC1	RC2	RC3	RC4
1	1	1	1	42,9	64,5	64,5	53,6	0,5	0,5	0,4	0,5
2	2	2	2	42,9	64,5	64,5	53,6	0,4	0,7	0,7	0,8
3	3	3	3	42,9	64,5	64,5	53,6	0,3	0,1	0,4	0,6
4	4	4	4	42,9	64,5	64,5	53,6	0,8	0,4	0,6	0,6
5	5	5	5	42,9	64,5	64,5	96,4	0,5	0,05	0,4	0,3
6	6	6	6	64,3	64,5	96,7	96,4	0,1	0,6	0,7	0,4
7	7	7	7	64,3	64,5	96,7	96,4	0,7	0,7	0,05	0,1
8	8	8	8	64,3	88,7	96,7	96,4	0,05	0,3	0,1	0,1
	9				88,7				0,05		
	10				88,7				0,05		

Висновки

Таким чином, розглянуто результати експериментальних досліджень довгих циліндричних оболонок з метою визначення їх напружено-деформованого стану, несучої здатності та тріщиноустійкості при зміні товщини оболонки. Виготовлено та досліджено 4 моделі циліндричної оболонки із залізобетону (зразки RC1-RC4). Товщина зразків становила 45, 50, 55, 60 мм, а розміри поперечного перерізу бортових елементів змінювалися відповідним чином. Розподілене навантаження (вертикальне) було прикладено по чотирьох смугах, шириною 13 см кожна, і лише тілом оболонки, тобто бортові елементи не навантажені. Оболонка шарнірно спирається з кутів на пластини 100x100мм. У середині кожного бортового елемента по два арматурні стрижні діаметром 10мм. У кожному з трьох зон, розташованих між ланцюгами навантаження, закріплені по 4 індикатори годинного типу. Крім індикаторів, на оболонку наклеєні тензометричні датчики, за допомогою яких відстежувалися деформації на верхній та нижній поверхнях. Побудовано графіки залежності відносної деформації від навантаження. Визначено несучу здатність оболонок та навантаження, при якому утворилася перша тріщина. До моменту втрати несучої здатності у всіх оболонках утворилися тріщини з однаковою початковою шириною розкриття 0,05 мм. Кінцева ширина розкриття тріщин, як і несуча здатність, дещо зростала за умови зростання товщини оболонки. Навантаження початку тріщиноутворення виявилось найбільшим для двох середніх значень товщини оболонки – 50 та 55 мм. Загальна картина тріщиноутворення всіх зразків майже однакова.

Список літератури

1. Гузь А.Н. (ред.) Методы расчета оболочек. Том 1. Теория тонких оболочек, ослабленных отверстиями. Монография / А.Н. Гузь, И.С. Чернышенко, Вал. Н. Чехов, Вик. Н. Чехов, К.И. Шнеренко. Киев: Наукова думка, 1980. 636 с.
2. Власов, В.З. Общая теория оболочек и ее приложение в технике [Текст] / В.З. Власов. М.: Гостехиздат, 1949. 784 с.
3. Вольмир, А.С. Гибкие пластинки и оболочки [Текст] / А.С. Вольмир. М.: Гостехиздат, 1956. 420 с.
4. Гольденвейзер, А.А. Теория упругих тонких оболочек [Текст] / А.А. Гольденвейзер. М.: Наука, 1976. 512 с.
5. Григоренко, Я.М. Розв'язання задач теорій оболонок на ЕОМ [Текст] / Я.М. Григоренко, А.П. Мукоєд. Київ: Вища школа, 1979. 280 с. {in Ukrainian}
6. Новожилов, В.В. Теория тонких оболочек [Текст] / В.В. Новожилов. Л.: Судостроение, 1962. 431 с.
7. Тимошенко, С.П. Пластинки и оболочки [Текст] / С.П. Тимошенко, С. Войновский-Кригер. М.: Наука, 1966. 635 с.
8. Кан С.Н., Каплан Ю.И., Розрахунок циліндричних оболонок покриттів будівель. Рік: 1973р. Видавництво: Вища школа 244 с.
9. Tanaka, Masafumi & Mashita, Kazuhiko. (2010). Retrofitted strength of concrete cylindrical shells reinforced with single layer under concentrated load. *Journal of Structural and Construction Engineering (Transactions of AIJ)*. 75. 1681-1689. 10.3130/aijs.75.1681.
10. Karpov, Vladimir & Semenov, Alexey. (2013). Mathematical model of deformation of orthotropic reinforced shells of revolution. *Magazine of Civil Engineering*. 40. 100-106. 10.5862/MCE.40.11.
11. Shen Li, Do Kyun Kim, Qing Quan Liang. Fibre-Based modelling for predicting the progressive collapse of cylindrical shells under combined axial compression and bending moment, *Engineering Structures*, Volume 272, 2022, 114988, ISSN 0141-0296, doi.org/10.1016/j.engstruct.2022.114988.
12. Shen Li, Do Kyun Kim. Ultimate strength characteristics of unstiffened cylindrical shell in axial compression, *Ocean Engineering*, Volume 243, 2022, 110253, ISSN 0029-8018, https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2021.110253.
13. Ahmed A. Yaseen, Majed A. Khalaf, Fareed H. Majeed. Mathematical Modelling of Engineering Problems. Vol. 10, No. 3, June, 2023, pp. 815-820.
14. Rong Li, Meng Yang, Bin Liang. A new and convenient method for strength evaluation of cracked cylindrical shell based on the ratio of crack tip stresses. *Structures*, Volume 52, 2023, Pages 146-157, ISSN 2352-0124, https://doi.org/10.1016/j.istruc.2023.03.130.

15. ДСТУ Б В.2.7-214:2009 (2010). Бетон. Методи визначення міцності за контрольними зразками / К.: Мінрегіонбуд України.

16. ДСТУ Б В.2.6-7-95 (1997). Вироби будівельні бетонні та залізобетонні збірні. Методи перевірення навантаженням. Правила оцінки міцності, жорсткості та тріщиностійкості. К.: Державний комітет України у справах містобудування і архітектури IV.

17. Лазарєва Д.В., Сорока М.М., Шиляєв О.С. Прийоми роботи з ПК ANSYS при розв'язанні задач механіки. Під редакцією М.Г. Сур'янінова: монографія / Д.В. Лазарєва, М.М. Сорока, О.С. Шиляєв. Одеса: ОДАБА, 2020. 432 с.

Doctor of Science, Professor **Mykola Surianinov**,
PhD, associate Professor **Stepan Neutov**,
PhD, associate Professor **Mykola Soroka**,
Postgraduate **Vitalii Metlizkiy**,
Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odesa

LOAD-LOADING CAPACITY AND CRACK FORMATION OF REINFORCED CONCRETE CYLINDRICAL SHELL WHEN CHANGING ITS THICKNESS

The results of experimental studies of long cylindrical shells with the aim of determining their stress-strain state, load-bearing capacity and crack resistance when the thickness of the shell changes are described. A special stand was developed by the authors to implement the task. 4 models of a cylindrical shell made of reinforced concrete (samples RC1-RC4) were manufactured and tested. The thickness of the samples was 45, 50, 55, 60 mm, and the cross-sectional dimensions of the side elements were changed accordingly. The distributed load (vertical) was applied in four strips, each 13 cm wide, and only the body of the shell, i.e. the side members were not loaded. The shell hinges from the corners on 100x100mm plates. Inside each side element are two reinforcing rods with a diameter of 10 mm. In order to obtain a complete and reliable picture of the deformation of the shell surface, 4 hour-type indicators are attached to each of the three zones located between the load chains. In addition to indicators, strain gauges were pasted on the shell, which were used to monitor deformations on the upper and lower surfaces. The loading process ended when the tested shell lost its ability to resist the external load. The magnitude of the load corresponding to this moment was taken as the bearing capacity of the shell. Simultaneously with the shell samples, control samples of prisms and cubes were made to determine the physical and mechanical characteristics of concrete.

Graphs of the dependence of the relative deformation on the load were constructed. The bearing capacity of the shells and the load at which the first crack formed were determined. By the time of loss of bearing capacity, cracks with the same initial opening width of 0.05 mm had formed in all shells. The final crack opening width, as well as the load-bearing capacity, slightly increased with increasing shell thickness. However, the load at the beginning of crack formation turned out to be the largest for the two average values of the shell thickness – 50 and 55 mm. The general pattern of cracking of all samples is almost the same. The test methodology and the developed stand are universal in nature and will be used for further research.

Keywords: reinforced concrete; experiment; test stand; cylindrical shell; bearing capacity; cracking.

REFERENCES

1. Guz A.N. (ed.) Methods for calculating shells. Volume 1. Theory of thin shells weakened by holes. Monograph / A.N. Guz, I.S. Chernyshenko, Val. N. Chekhov, Vic. N. Chekhov, K.I. Shnerenko. Kyiv: Naukova Dumka, 1980. 636 p. {in Russian}
2. Vlasov, V.Z. General theory of shells and its application in technology [Text] / V.Z. Vlasov. M.: Gostekhizdat, 1949. 784 p. {in Russian}
3. Volmir, A.S. Flexible plates and shells [Text] / A.S. Volmir. M.: Gostekhizdat, 1956. 420 p. {in Russian}
4. Goldenweiser, A.A. Theory of elastic thin shells [Text] / A. A. Goldenweiser. M.: Nauka, 1976. 512 p. {in Russian}
5. Grigorenko, Ya. M. Solving problems of shell theories on EOM [Text]/Ya. M. Grigorenko, A. P. Mukoed. Kiev: Vishcha School, 1979. 280 p. {in Ukrainian}
6. Novozhilov, V.V. Theory of thin shells [Text] / V.V. Novozhilov. L.: Shipbuilding, 1962. 431 p. {in Russian}
7. Timoshenko, S.P. Plates and shells [Text] / S.P. Timoshenko, S. Voinovsky-Krieger. M.: Nauka, 1966. 635 p. {in Russian}
8. Kan S.N., Kaplan Yu.I., Destruction of cylindrical shells of budivel coatings. Rick: 1973 Vidavnitstvo: Vishcha school 244 p. {in Ukrainian}
9. Tanaka, Masafumi & Mashita, Kazuhiko. (2010). Retrofitted strength of concrete cylindrical shells reinforced with single layer under concentrated load. Journal of Structural and Construction Engineering (Transactions of AIJ). 75. 1681-1689. 10.3130/aijs.75.1681. {in English}
10. Karpov, Vladimir & Semenov, Alexey. (2013). Mathematical model of deformation of orthotropic reinforced shells of revolution. Magazine of Civil Engineering. 40. 100-106. 10.5862/MCE.40.11. {in English}

11. Shen Li, Do Kyun Kim, Qing Quan Liang. Fiber-Based modeling for predicting the progressive collapse of cylindrical shells under combined axial compression and bending moment, *Engineering Structures*, Volume 272, 2022, 114988, ISSN 0141-0296, doi.org/10.1016/j.engstruct.2022.114988. {in English}
12. Shen Li, Do Kyun Kim. Ultimate strength characteristics of unstiffened cylindrical shell in axial compression, *Ocean Engineering*, Volume 243, 2022, 110253, ISSN 0029-8018, <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2021.110253>. {in English}
13. Ahmed A. Yaseen, Majed A. Khalaf, Fareed H. Majeed Mathematical Modeling of Engineering Problems. Vol. 10, No. 3, June, 2023, pp. 815-820. {in English}
14. Rong Li, Meng Yang, Bin Liang. A new and convenient method for strength evaluation of cracked cylindrical shell based on the ratio of crack tip stresses. *Structures*, Volume 52, 2023, Pages 146-157, ISSN 2352-0124, <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2023.03.130>. {in English}
15. DSTU B V.2.6-7-95 (1997). Concrete concrete and reinforced concrete collections. Methods of verification of innovations. Rules for assessing strength, hardness and crack resistance. K.: State Committee of Ukraine on the right of place-building and architecture IV. {in Ukrainian}.
16. DSTU B V.2.7-214:2009 (2010). Concrete. Methods for assessing the importance of control images / K.: Ministry of Regional Development of Ukraine. {in Ukrainian}.
17. Lazareva D.V., Soroka M.M., Shilyaev O.S. Use the ANSYS PC to solve mechanical problems. Edited by M.G. Surianinov: monograph / D.V. Lazareva, M.M. Soroka, O.S. Shilyaev. Odessa: ODABA, 2020. 432 p. {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2076-815x.2024.86.353-369

УДК 624.04

д.т.н., професор Сур'янінов М.Г.,

sng@odaba.edu.ua, ORCID: 0000-0003-2592-5221,

д.т.н., професор Фомін В.М.,

fomin@odaba.edu.ua, ORCID: 0000-0003-4814-6415,

Вигнанець М.М.,

marinasidorchuk@ukr.net, ORCID: 0000-0001-8822-636X,

Одеська державна академія будівництва та архітектури, м. Одеса

НЕСУЧА ЗДАТНІСТЬ БАЛОК ПРИ КОРОТКОЧАСНИХ НАВАНТАЖЕННЯХ З ВИКОРИСТАННЯМ ДІАГРАМИ ДЕФОРМУВАННЯ БЕТОНУ У ВИГЛЯДІ ПОЛІНОМУ П'ЯТОЇ СТЕПЕНІ

Розглянуто теоретичне визначення несучої здатності залізобетонних балок при короткочасних навантаженнях з використанням діаграми деформування бетону у вигляді поліному п'ятої степені та її порівняння з результатами експериментальних досліджень. В розрахунках залізобетонних конструкцій з використанням деформаційної моделі перерізів згинальні моменти обчислюються відносно нейтральної лінії, яка розташовується на віддалі від крайнього волокна стиснутого бетону і обмежує його висоту. В ДБН України діаграму деформування бетону пропонується описувати поліномом п'ятої ступені або дробно-раціональною залежністю, яку запропоновано і обґрунтовано Державним науково-дослідним інститутом будівельних конструкцій. За цих умов отримано теоретичну несучу здатність залізобетонної балки, яку також знайдено експериментальним шляхом.

Авторами були проведені експериментальні дослідження несучої здатності трьох серій балок різного виду (по три однакових зразки у кожній серії): I серія — балки із звичайного бетону; II серія — балки зі сталевібробетону; III серія — балки комбінованого перерізу, у яких нижня (розтягнута) зона висотою виготовлена зі сталевібробетону, а верхня (стиснута) — зі звичайного бетону. У склад бетонної маси для II та III серій зразків при замішуванні рівномірно додавалася фібра, загальний обсяг якої становив 1%.

Порівняння теоретичної несучої здатності залізобетонної балки з її значенням, отриманим експериментально, показує, що теоретичне значення досить суттєво (у 1,36 рази) перевищує експериментальне.

Ключові слова: балка, бетон, фібробетон, експеримент, несуча здатність, діаграма деформування, поліном.

Вступ. Розрахунками залізобетонних та сталевібробетонних конструкцій, що працюють на згин, в тому числі, балок, за нормальними та похилими перерізами займалось багато вчених. В першу чергу варто відмітити роботи українських вчених З.Я. Бліхарського [1], Є.М. Бабича [2], В.М. Ромашка [3]. В існуючих моделях реальний напружено-деформований стан залізобетонних елементів і конструкцій відтворюється шляхом перенесення діаграм деформування матеріалів на їх перерізи. Слід зазначити, що, як у зарубіжній, так і у вітчизняній науковій літературі немає єдиного підходу до визначення несучої здатності балок за нормальними перерізами. Розглядається несуча здатність з використанням діаграми деформування бетону у вигляді поліному п'ятої степені; діаграми у вигляді дробно-раціональної функції; спрощеної дволінійної діаграми деформування бетону та деякі інші. Це часто призводить до значних розбіжностей у результатах.

Аналіз попередніх досліджень. Багато працюють в цьому напрямку вчені закордонних країн. Так, японськими вченими Окамура Г. та ін. [4] приведені усереднені співвідношення «напруження–деформація» залізобетонного елемента в площині. Цю модель можна застосувати при використанні методу скінченних елементів. Тут передбачається, що механіка напружень в бетоні включає напруження, паралельні та перпендикулярні до тріщин, і передачу напружень зсуву вздовж тріщин на основі усередненого.

Співвідношення для залізобетону, що враховують зниження жорсткості через утворення тріщин, було визначено Ендрю Скенланом [5]. Кодиш Є.М. [6] та його колеги окрему увагу привернули реалізації положень нових норм щодо проектування залізобетонних конструкцій, які відображають досягнення сучасної науки та практики проектування залізобетонних конструкцій.

Аналіз за деформаційною моделлю залізобетонної плити, яка підтримується з двох сторін, перпендикулярних до прольоту, і вільна з двох інших сторін, був проведений вченими Джейн А. та Кумар В. [7]. У роботі Журавського О. та його колег [8] наведено результати розрахунку несучої здатності стандартної аеродромної плити ПАГ–14 та аналогічної плити зі сталевіброю. Авторами запропоновано методику розрахунку несучої здатності згинальних комбінованих армованих елементів із звичайною та попередньо–напруженою арматурою, а також зі сталевими фібрами. Алгоритм розрахунку заснований на деформаційному методі. Вченими з Китаю [9] проведено дослідження щодо існування кореляції між здатністю до згину та зсуву в залізобетонних згинальних елементах. Китайські та американські нормативні документи, в основному, дотримуються саме цієї залежності. Але вони недостатньо враховують співвідношення несучої здатності між вигином і зсувом. У роботі Женг Уай та його колег [10] проведено дослідження

високоєфективного бетону, який забезпечить високоміцне та швидке будівництво бетонних мостів завдяки чудовим властивостям матеріалу.

У роботі Павлова О. та його колег [11] розглянуто розрахунок несучої здатності та середньої кривизни гнутих елементів із сталевими фібрами прямокутного перерізу у тріщині. У своєму наступному дослідженні [12] зазначені вище вчені акцентували увагу до підходу до аналізу згину сталевіфібробетонних елементів за допомогою діаграм «напруження–деформації» при стиску та розтягу. Стаття, запропонована вченими Sadowska–Viraszewska та ін. [13], спрямована на дослідження впливу шару фібробетону в стиснутій зоні на механічні властивості композиційних фібробетонних плит. У монографії Бабича Є.М. та Доброшинець С.М. [14] отримані нові експериментальні дані роботи сталевіфібробетону при дії одноразових та повторних малоциклових навантажень стиску і розтягу, а також запропоновані математичні моделі для врахування впливу таких навантажень на його міцнісні і деформаційні характеристики.

Мета. Метою роботи було теоретичне визначення несучої здатності залізобетонних балок при короткочасних навантаженнях з використанням діаграми деформування бетону у вигляді поліному п'ятої степені та порівняння з результатами експериментальних досліджень.

Матеріали та методи дослідження. Матеріали досліджуваних балок — залізобетон, фібробетон, сталева фібра. Використовуються методи будівельної механіки, математичного аналізу та експериментальні методи.

Результати та обговорення.

Напружено-деформований стан нормальних перерізів та умови рівноваги

Зазвичай в дослідженнях основну увагу приділяють саме напружено-деформованому стану елементів. Розглянемо елемент нормального прямокутного поперечного перерізу з подвійною арматурою, що зображений на рис. 1. Для нього рівняння рівноваги при відносних деформаціях крайньої фібри бетону $\varepsilon_c = \varepsilon_{c1}$ у граничному стані першої групи можна записати у такому вигляді:

$$M_{c1} + M_s - M = 0; \quad (1)$$

$$S_{c1} + S'_{s2} = S_{s1}, \quad (2)$$

де M, M_{c1}, M_s — значення відповідного згинального моменту від дії зовнішнього навантаження та моментів внутрішніх зусиль утиснутому бетону та арматурі при значенні $\varepsilon_c = \varepsilon_{c1}$; S_{c1}, S_{s1}, S_{s2} — внутрішні зусилля відповідно у стиснутому бетону та в арматурах A_{s1}, A'_{s2} при значенні $\varepsilon_c = \varepsilon_{c1}$.

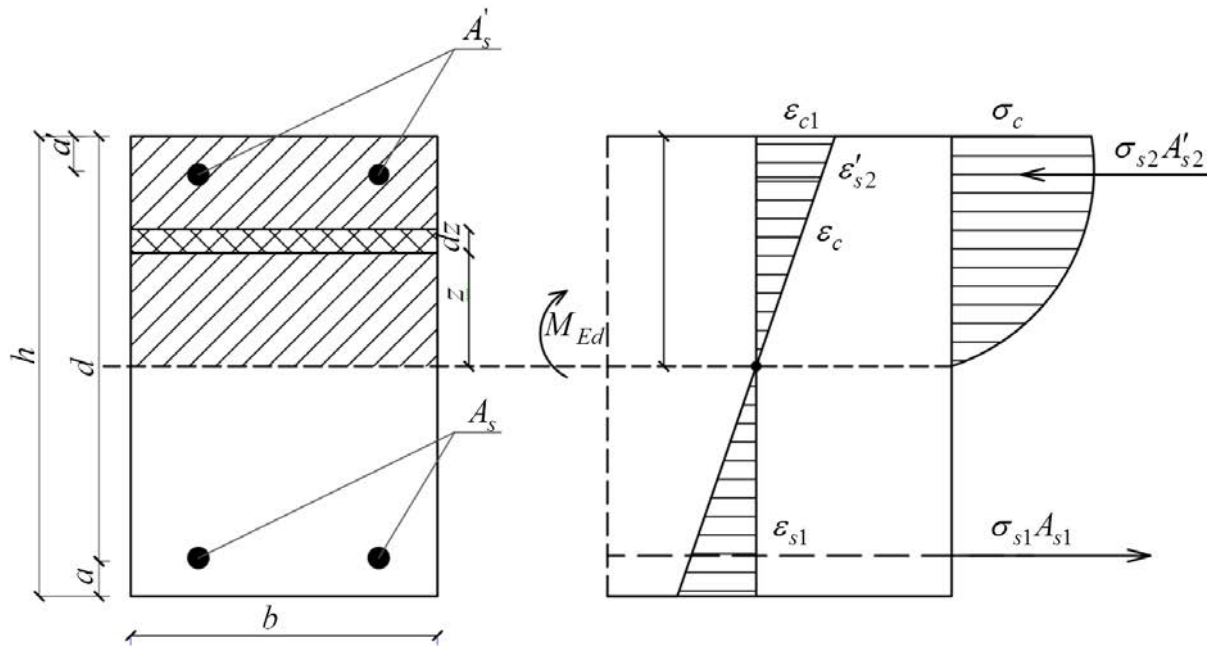


Рис. 1. НДС поперечного перерізу балки прямокутного профілю з подвійною арматурою

За гіпотезою плоских перерізів при заданому значенні деформацій у стиснутому крайовому волокні бетону деформації у розтягнутій арматурі ε_{s1} та стиснутій арматурі ε'_{s2} за фіксованого значення x , яке відповідає значенню $\varepsilon_c = \varepsilon_{c1}$, визначаються за формулами

$$\varepsilon_{s1} = \frac{\varepsilon_{c1}}{x}(h - x - a), \quad (3)$$

$$\varepsilon'_{s2} = \frac{\varepsilon_{c1}}{x}(x - a'). \quad (4)$$

Зміна по висоті деформацій бетону визначається за формулою

$$\varepsilon_c = \frac{\varepsilon_{c1}}{x}z. \quad (5)$$

З формули (5):

$$z = \frac{x}{\varepsilon_{c1}}\varepsilon_c, \quad (6)$$

$$dz = \frac{x}{\varepsilon_{c1}}d\varepsilon_c, \quad (7)$$

де z – відстань від нейтральної лінії до центра елементарної площадки висотою dz в стиснутій зоні бетону; dz – висота елементарної площадки з напруженням в бетоні σ_c .

Епюра напружень в стиснутому бетоні має криволінійний характер, а тому внутрішнє зусилля S_{c1} в бетоні можна визначити як суму зусиль в елементарних площадках нескінченної малої висоти dz , або як інтеграл зусиль по висоті стиснутої зони бетону, тобто, з урахуванням співвідношень (6) і (7)

$$S_{c1} = b \int_0^x \sigma_c dz = b \frac{x}{\varepsilon_{c1}} \int_0^{\varepsilon_{c1}} \sigma_c d\varepsilon_c. \quad (8)$$

Внутрішні зусилля в арматурі визначаються залежно від напружень та відносних деформацій в ній з урахуванням співвідношень (3) та (4):

$$S_{s1} = A_{s1} \sigma_{s1} = A_{s1} E_s \varepsilon_{s1} = A_{s1} E_s \frac{\varepsilon_{c1}}{x} (h - x - a), \quad (9)$$

$$S'_{s2} = A'_{s2} \sigma_{s2} = A'_{s2} E_s \varepsilon_{s2} = A'_{s2} E_s \frac{\varepsilon_{c1}}{x} (x - a'), \quad (10)$$

де E_s – модуль пружності арматури.

В розрахунках залізобетонних конструкцій з використанням деформаційної моделі перерізів згинальні моменти обчислюються відносно нейтральної лінії, яка розташовується на віддалі x від крайнього волокна стиснутого бетону і обмежує його висоту. Значення розрахункового моменту від розрахункових граничних навантажень M_{Ed} знаходять за правилами будівельної механіки, і він вважається постійним відносно будь-якої точки, розташованої в нормальному перерізі. Значення згинального моменту від зусиль в стиснутому бетоні M_{c1} знаходиться як сума моментів зусиль в елементарних площадках висотою dz , або шляхом інтегрування з урахуванням співвідношень (6) та (7) за формулою

$$M_{c1} = b \int_0^x \sigma_c z dz = b \left[\frac{x}{\varepsilon_{c1}} \right]^2 \int_0^{\varepsilon_{c1}} \sigma_c \varepsilon_c d\varepsilon_c. \quad (11)$$

Моменти від внутрішніх зусиль в арматурі M_{s1} , M_{s2} визначаються за формулами

$$M_{s1} = S_{s1} (h - x - a) = A_{s1} E_s \frac{\varepsilon_{c1}}{x} (h - x - a)^2, \quad (12)$$

$$M_{s2} = S'_{s2} (x - a') = A'_{s2} E_s \frac{\varepsilon_{c1}}{x} (x - a')^2. \quad (13)$$

Сумарний момент від зусиль в арматурі рівний

$$M_s = M_{s1} + M_{s2}. \quad (14)$$

З урахуванням (6) – (13) рівняння рівноваги нормальних перерізів згинальних елементів прямокутного профілю (1) і (2) набувають вигляду

$$b \left[\frac{x}{\varepsilon_{c1}} \right]^2 \int_0^{\varepsilon_{c1}} \sigma_c \varepsilon_c d\varepsilon_c + A_{s1} E_s \frac{\varepsilon_{c1}}{x} (h - x - a)^2 + A'_{s2} E_s \frac{\varepsilon_{c1}}{x} (x - a')^2 - M = 0, \quad (15)$$

$$b \frac{x}{\varepsilon_{c1}} \int_0^{\varepsilon_{c1}} \sigma_c d\varepsilon_c + A'_{s3} E_s \frac{\varepsilon_{c1}}{x} (x - a') = A_{s1} E_s \frac{\varepsilon_{c1}}{x} (h - x - a) \quad (16)$$

У граничному стані, приймаючи $M = M_{Ed}$, умову забезпечення несучої здатності згинального елемента по нормальному перерізу можна записати в наступному вигляді:

$$M_{Ed} \leq b \left[\frac{x}{\varepsilon_{c1}} \right]^2 \int_0^{\varepsilon_{c1}} \sigma_c \varepsilon_c d\varepsilon_c + \sum_1^n \sigma_{si} A_{si} a_{si}, \quad (17)$$

де M_{Ed} – згинальний момент в поперечному перерізі елемента від розрахункових граничних значень зовнішнього навантаження;

A_{si} – площа поперечного перерізу i -того стержня;

σ_{si} – напруження в арматурі в i -тому стержні;

i – номер арматурного стержня;

n – кількість арматурних стержнів.

Також обов'язково повинна виконуватися наступна умова:

$$b \frac{x}{\varepsilon_{c1}} \int_0^{\varepsilon_{c1}} \sigma_c d\varepsilon_c + \sum_1^n \sigma_{si} A_{si} = 0. \quad (18)$$

В рівнянні (18) приймається таке правило знаків: «+» для стискаючих зусиль; «-» для розтягуючих зусиль.

Формули (3) – (16) дають можливість визначити внутрішні зусилля в поперечних перерізах балок на всьому діапазоні їхньої роботи залежно від значення деформацій крайньої фібри стиснутого бетону ε_c .

В формули (6) – (17) в підінтегральні вирази входять напруження в бетоні, які визначаються залежно від того, якою формою рівняння описується нелінійна діаграма «напруження – деформація» (« $\sigma_c - \varepsilon_c$ »).

Несуча здатність з використанням діаграми деформування бетону у вигляді поліному п'ятої степені

В ДБН [15] діаграму деформування бетону « $\sigma_c - \varepsilon_c$ » пропонується описувати поліномом п'ятої степені або дробно-раціональною залежністю.

Апроксимація залежності « $\sigma_c - \varepsilon_c$ » у формі поліному п'ятої степені запропонована і обґрунтована Державним науково-дослідним інститутом будівельних конструкцій (д.т.н. А.М. Бамбура) і має такий вигляд:

$$\sigma_c = f_{(ck),(cd)} \sum_{k=1}^5 a_k \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{c1}} \right)^k = f_{(ck),(cd)} \left[a_1 \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{c1}} + a_2 \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{c1}} \right)^2 + \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{c1}} \right)^4 + a_5 \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{c1}} \right)^5 \right], \quad (19)$$

де $f_{(ck),(cd)}$ – розрахунковий опір бетону осьовому стиску (приймається рівним f_{ck} в розрахунках за граничними станами другої групи та f_{cd} – в розрахунках за граничними станами першої групи); ε_{c1} – деформація при максимальних напруженнях (в розрахунках за граничними станами першою групою приймається $\varepsilon_{c1,cd}$, за граничними станами другої групи – $\varepsilon_{c1,ck}$); a_k –

коефіцієнти полінома, які визначаються відповідно класу бетону за таблицями Д.1 та Д.2 ДБН [15] відповідно до граничних станів.

Приймаючи апроксимацію залежності « $\sigma_c - \varepsilon_c$ » у вигляді (19), розглядаємо граничний стан першої групи, для якого формулу для визначення зусилля у стиснутому бетоні, враховуючи (6), можна записати у вигляді

$$S_{c1} = b \frac{x}{\varepsilon_{c1}} \int_0^{\varepsilon_{c1}} \sigma_c d\varepsilon_c = b \frac{x}{\varepsilon_{c1}} \int_0^{\varepsilon_{c1}} f_{cd} \sum_{k=1}^5 a_k \left(\frac{\varepsilon_{c1}}{\varepsilon_c} \right)^k d\varepsilon_c =$$

$$= f_{cd} b \frac{x}{\varepsilon_{c1}} \int_0^{\varepsilon_{c1}} \left[a_1 \frac{\varepsilon_{c1}}{\varepsilon_c} + a_2 \left(\frac{\varepsilon_{c1}}{\varepsilon_c} \right)^2 + a_3 \left(\frac{\varepsilon_{c1}}{\varepsilon_c} \right)^3 + a_4 \left(\frac{\varepsilon_{c1}}{\varepsilon_c} \right)^4 + a_5 \left(\frac{\varepsilon_{c1}}{\varepsilon_c} \right)^5 \right] d\varepsilon_c \quad (20)$$

Після інтегрування (20) по висоті стиснутої зони від 0 до ε_{c1} та винесення сталої, формула для визначення внутрішнього зусилля в стиснутому бетоні при значенні відносної деформації крайнього стиснутого волокна ε_{c1} набуває вигляду

$$S_{c1} = f_{cd} b x \left[\frac{a_1}{2} \frac{\varepsilon_{c1}}{\varepsilon_c} + \frac{a_2}{3} \frac{\varepsilon_{c1}^2}{\varepsilon_c^2} + \frac{a_3}{4} \frac{\varepsilon_{c1}^3}{\varepsilon_c^3} + \frac{a_4}{5} \frac{\varepsilon_{c1}^4}{\varepsilon_c^4} + \frac{a_5}{6} \frac{\varepsilon_{c1}^5}{\varepsilon_c^5} \right]. \quad (21)$$

$$S_{c1} = f_{cd} b x \sum_{k=1}^5 \frac{a_k}{k+1} \left(\frac{\varepsilon_{c1}}{\varepsilon_c} \right)^2. \quad (22)$$

Аналогічним шляхом отримується формула для визначення загального моменту M_{c1} , який може сприйняти бетон стиснутої зони відносно нейтральної лінії. Після підстановки в формулу (11) виразу для σ_c , остання набуває вигляду

$$M_{c1} = b \left[\frac{x}{\varepsilon_{c1}} \right]^2 \int_0^{\varepsilon_{c1}} f_{cd} \sum_{k=1}^5 a_k \left(\frac{\varepsilon_{c1}}{\varepsilon_c} \right)^k \varepsilon_c d\varepsilon_c, \quad (23)$$

а після інтегрування буде таким:

$$M_{c1} = f_{cd} b x^2 \left[\frac{a_1}{3} \frac{\varepsilon_{c1}}{\varepsilon_c} + \frac{a_2}{4} \frac{\varepsilon_c^2}{\varepsilon_c^2} + \frac{a_3}{5} \frac{\varepsilon_{c1}^3}{\varepsilon_c^3} + \frac{a_4}{6} \frac{\varepsilon_{c1}^4}{\varepsilon_c^4} + \frac{a_5}{7} \frac{\varepsilon_{c1}^5}{\varepsilon_c^5} \right]. \quad (24)$$

У загальному формулу для визначення M_{c1} можна записати у такій формі:

$$M_{c1} = f_{cd} b x^2 \sum_{k=1}^5 \frac{a_k}{k+2} \left(\frac{\varepsilon_{c1}}{\varepsilon_c} \right)^k. \quad (25)$$

З урахуванням отриманих рішень відносно M_{c1} і S_{c1} умови рівноваги для елементів з подвійним армуванням набувають вигляду

$$f_{cd} b x^2 \sum_{k=1}^5 \frac{a_k}{k+2} \left(\frac{\varepsilon_{c1}}{\varepsilon_c} \right)^k + \sum_{i=1}^n \sigma_{si} A_{si} (d - a_{si}) - M = 0, \quad (26)$$

$$f_{cd} b x \sum_{k=1}^5 \frac{a_k}{k+1} \left(\frac{\varepsilon_{c1}}{\varepsilon_c} \right)^k + \sum_{i=1}^n \sigma_{si} A_{si} = 0. \quad (27)$$

Умова (26) дає можливість знаходити значення згинального моменту від внутрішніх зусиль в бетоні і арматурі при заданому значенні відносної деформації крайньої фібри стиснутого бетону ε_{c1} . Для цього необхідно вирішити рівняння (26) відносно M , дотримуючись виконання умови (27). Спільне рішення рівнянь (26) і (27) досягається методом послідовних наближень.

В правилах проектування [16] умови рівноваги для згинальних елементів записані у такому вигляді:

$$\frac{bf_{cd}}{\bar{\aleph}} \sum_{k=1}^5 \frac{a_k}{k+1} \left(\frac{\varepsilon_{c1}}{\varepsilon_c} \right)^{k+1} + \sum_{i=1}^n \sigma_{si} A_{si} = 0, \quad (28)$$

$$\frac{bf_{cd}}{\bar{\aleph}^2} \sum_{k=1}^5 \frac{a_k}{k+2} \left(\frac{\varepsilon_{c1}}{\varepsilon_c} \right)^{k+2} + \sum_{i=1}^n \sigma_{si} A_{si} (x_1 - a_{si}) - M = 0, \quad (29)$$

де $\bar{\aleph} = \aleph / \varepsilon_{c1,cd}$ – відносна кривизна;

$$\aleph = 1/r = \frac{\varepsilon_{c1} - \varepsilon_{c2}}{h} \text{ – кривизна вигнутої осі в перерізі;}$$

$$x_1 = \varepsilon_{c1} / \bar{\aleph} \text{ – висота стиснутої зони;}$$

$$a_{si} \text{ – відстань } i \text{ – го стержня від найбільш стиснутої грані перерізу.}$$

Система двох нелінійних алгебраїчних рівнянь (28) і (29) з двома невідомими розв'язуються методом послідовних наближень із контролем критеріїв вичерпання несучої здатності на кожному кроці розрахунків. Алгоритм розв'язку задач згідно з цим методом наведено в ДСТУ [16].

Формули (26) і (27) за своєю суттю ідентичні формулам (28) і (29), наведеним в ДСТУ [16], але мають простішу і більш чітку структуру. У [2] на основі рівнянь (26) – (29) розроблена методика для практичних вирішень завдань, передбачених ДСТУ, а також для розрахунку поздовжньої робочої арматури.

Аналізуючи структуру формул (26) і (29), можна стверджувати, що в правій частині першого рівняння перед квадратними дужками і перед знаком суми другого рівняння знаходиться вираз для визначення рівнодіючої в бетоні стиснутої зони за умови рівномірного розподілення напружень, тобто, за умови, коли коефіцієнт повноти епюри напружень складає $\omega = 1,0$. Відповідно в квадратних дужках та під знаком суми знаходиться вираз для фактичного коефіцієнта повноти епюри напружень при значенні деформації в крайній фібрі бетону, рівній ε_{c1} . З огляду на це рівняння (27) можна записати у вигляді:

$$\omega f_{cd} b x = \sigma_s A_s, \quad (30)$$

де ω – коефіцієнт повноти епюри напружень в стиснутому бетоні, визначається за формулою

$$\omega = \sum_{k=1}^5 \frac{a_k}{k+1} \left(\frac{\varepsilon_{c1}}{\varepsilon_c} \right)^k, \quad (31)$$

або

$$\omega = \left[\frac{a_1}{2} \frac{\varepsilon_{c1}}{\varepsilon_c} + \frac{a_2}{3} \left(\frac{\varepsilon_{c1}}{\varepsilon_c} \right)^2 + \frac{a_3}{4} \left(\frac{\varepsilon_{c1}}{\varepsilon_c} \right)^3 + \frac{a_4}{5} \left(\frac{\varepsilon_{c1}}{\varepsilon_c} \right)^4 + \frac{a_5}{6} \left(\frac{\varepsilon_{c1}}{\varepsilon_c} \right)^5 \right]. \quad (32)$$

Аналогічно формулу (30) можна записати у вигляді

$$\beta f_{cd} b x^2 + \sigma_s A_s (d - x) - M = 0, \quad (33)$$

де β – коефіцієнт відносної несучої здатності нормального перерізу, який визначається за формулами

$$\beta = \sum_{k=1}^5 \frac{a_k}{k+2} \left(\frac{\varepsilon_{c1}}{\varepsilon_c} \right)^k, \quad (34)$$

або

$$\beta = \left[\frac{a_1}{3} \frac{\varepsilon_{c1}}{\varepsilon_c} + \frac{a_2}{4} \left(\frac{\varepsilon_{c1}}{\varepsilon_c} \right)^2 + \frac{a_3}{5} \left(\frac{\varepsilon_{c1}}{\varepsilon_c} \right)^3 + \frac{a_4}{6} \left(\frac{\varepsilon_{c1}}{\varepsilon_c} \right)^4 + \frac{a_5}{7} \left(\frac{\varepsilon_{c1}}{\varepsilon_c} \right)^5 \right]. \quad (35)$$

З формул (31) і (35) випливає, що коефіцієнти ω і β залежать від деформаційних характеристик бетону, тобто тільки від класу бетону, і інваріантні по відношенню до інших характеристик поперечного перерізу. Це є підставою для табулювання цих коефіцієнтів.

Максимальні значення коефіцієнтів ω і β для кожного класу бетону знаходяться із умов

$$\frac{d\omega}{d\varepsilon_c} = 0, \quad \frac{d\beta}{d\varepsilon_c} = 0. \quad (36)$$

Знайдені за умовами (36) максимальні значення коефіцієнтів ω_{\max} і β_{\max} для різних класів бетонів наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Максимальні значення коефіцієнтів ω_{\max} і β_{\max}

Клас бетону	ω_{\max}		β_{\max}	
	$\eta = \varepsilon_c / \varepsilon_{c1}$	ω_{\max}	$\eta = \varepsilon_c / \varepsilon_{c1}$	β_{\max}
C12/15	1,81	0,8418	1,51	0,4719
C16/20	1,76	0,8265	1,46	0,4673
C20/25	1,72	0,8149	1,44	0,4639
C25/30	1,70	0,8069	1,42	0,4616
C30/35	1,70	0,7986	1,41	0,4594
C32/40	1,60	0,7897	1,40	0,4569

Несуча здатність, отримана експериментально, та її порівняння з результатами теоретичного розрахунку

Розглянемо залізобетонну балку з досліджених нами експериментально балок з подвійним армуванням (рис. 2) і вихідними даними з табл. 2.

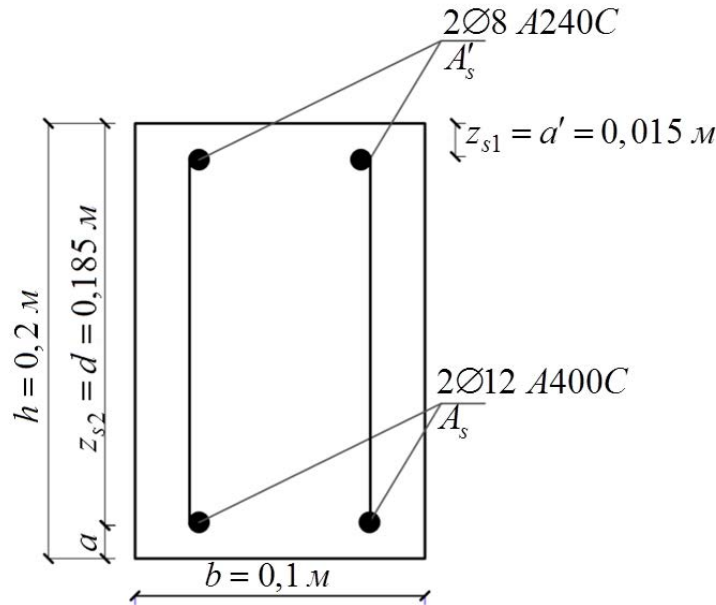


Рис. 2. Схема поперечного перерізу балки

Таблиця 2

Вихідні дані експерименту

Геометричні характеристики	Бетон С20/25	Арматура нижня A_s 2Ø12 А400С	Арматура верхня A'_s 2Ø8 А240С
$b = 0,1 \text{ м}$	$f_{ck} = 18,5 \text{ МПа}$	$a = 0,015 \text{ м}$	$a' = 0,015 \text{ м}$
$h = 0,2 \text{ м}$	$f_{cd} = 14,5 \text{ МПа} = 14,5 \cdot 10^3 \text{ кНм}$	$A_s = 0,000226 \text{ м}^2$	$A'_s = 0,000101 \text{ м}^2$
$z_{s1} = a' = 0,015 \text{ м}$	$E_{cd} = 23 \text{ ГПа}$	$f_{yk} = 400 \text{ МПа}$	$f_{yk} = 240 \text{ МПа}$
$z_{s2} = d = 0,185 \text{ м}$	$\varepsilon_{c1,cd} = 1,65 \text{ ‰}$	$\gamma_s = 1,10$	$\gamma_s = 1,05$
	$\varepsilon_{cu1,cd} = 3,44 \text{ ‰}$	$f_{yd} = 363,64 \text{ МПа}$	$f_{yd} = 228,57 \text{ МПа}$
		$E_s = 2,1 \cdot 10^5 \text{ МПа}$	$E'_s = 2,1 \cdot 10^5 \text{ МПа}$

Визначимо несучу здатність перерізу даної залізобетонної балки за вищевказаною методикою.

За додатком [15] визначаємо коефіцієнти полінома a_k для бетону С20/25: $a_1 = 2,8785$; $a_2 = -3,1586$; $a_3 = 1,7475$; $a_4 = -0,52904$; $a_5 = 0,06374$.

Визначаємо розрахункове значення міцності арматури на границі текучості, використовуючи коефіцієнт γ_s із табл. 2.1 [15] за формулою $f_{vd} = f_{vk} / \gamma_s$. Отримані значення записуємо у таблицю з вихідними даними.

Задаємо величини деформацій бетону на стиснутій грані $\varepsilon_{c(1)} = \Delta\varepsilon_{c(1)}^{(0)}$ та $\varepsilon_{c(2)}^{(0)} = 0$. На перших кроках приймаємо $\varepsilon_{c(1)} = \Delta\varepsilon_{c(1)}^{(0)} = 0,1\varepsilon_{cu1.cd} = 0,000344$.

Визначаємо наступні величини:

кривизна перерізу: $\aleph = 1/r = \frac{\varepsilon_{c(1)} - \varepsilon_{c(2)}}{h} = \frac{0,000344 - 0}{0,2} = 0,00172$;

відносна кривизна: $\bar{\aleph} = \aleph / \varepsilon_{c1.cd} = 0,00172 / 0,00165 = 1,042$;

відношення деформацій: $\gamma = \varepsilon_{c(1)} / \varepsilon_{c1.cd} = 0,000344 / 0,00165 = 0,208$;

$x_1 = \varepsilon_{c(1)} / \aleph = 0,000344 / 0,00172 = 0,2$;

висота стиснутої зони деформації розтягнутої та стиснутої арматури:

$\varepsilon_{s1} = \aleph \cdot (x_1 - z_{s1}) = 0,00172 \cdot (0,2 - 0,015) = 0,000318$;

$\varepsilon_{s2} = \aleph \cdot (x_1 - z_{s2}) = 0,00172 \cdot (0,2 - 0,185) = 0,0000258$;

напруження в арматурі: $\sigma_{s1} = E_s \cdot \varepsilon_{s1} = 210000 \cdot 0,000318 = 66,822 \text{ МПа}$;

$\sigma_{s2} = E_s \cdot \varepsilon_{s2} = 210000 \cdot 0,0000258 = 5,418 \text{ МПа}$;

зусилля в арматурі: $\sigma_{s1} \cdot A_{s1} = 66,822 \cdot 0,000101 = 0,006749 \text{ МН}$;

$\sigma_{s2} \cdot A_{s2} = 5,418 \cdot 0,000226 = 0,0012245 \text{ МН}$.

Знайдені величини підставляємо в рівняння (28), (29) і знаходимо значення $\varepsilon_{c(2)} = -0,000682$ та $M = 4,67 \text{ кНм}$.

Таблиця 3

Результати обчислень

Момент M , кНм	Кривизна $1/r$	Напруження в арматурі	
		σ_{s1} , МПа	σ_{s2} , МПа
0	0	0	0
4,67	0,00521	-127	59
6,02	0,00681	-164	79
8,47	0,00987	-233	120
10,62	0,01273	-293	161
11,59	0,01409	-321	182
12,50	0,01542	-348	203
13,17	0,01974	-364	228
13,25	0,02672	-364	228
13,27	0,03358	-364	228
13,26	0,04013	-364	228
13,22	0,04619	-364	228
13,15	0,05154	-364	228
13,05	0,05599	-364	228

Будуємо графік (рис. 3), враховуючи результати обчислень з новими значеннями $\varepsilon_{c(2)}$, що представлені у табл. 3.

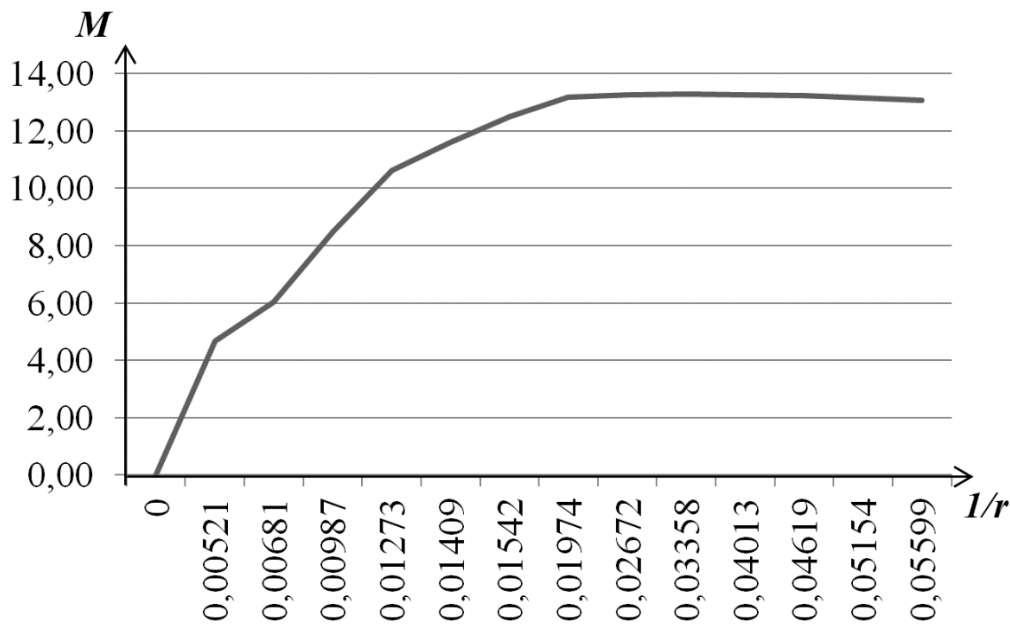


Рис. 3. Графік залежності «момент – кривизна»

Найбільше значення $M = 13,27$ кНм вважаємо несучою здатністю за даною методикою.

Авторами були проведені експериментальні дослідження несучої здатності балок. Випробовувалися три серії балок різного виду (по три однакових зразки у кожній серії): I серія — балки із звичайного бетону; II серія — балки зі сталевібробетону; III серія — балки комбінованого перерізу, у яких нижня (розтягнута) зона висотою $0,5h$ виготовлена зі сталевібробетону, а верхня (стиснута) — зі звичайного бетону. У склад бетонної маси для II та III серій зразків при замішуванні рівномірно додавалася фібра, загальний обсяг якої становив 1%.

Попередньо було встановлено, що оптимальними характеристиками фібробетонної суміші є матриця з крупним заповнювачем ≤ 10 мм (при цьому кубикова міцність була значно вища, ніж при розмірі щебеню ≤ 10 мм, у всіх серіях дослідів) при 1,0% фібрового армування, оскільки при вищому відсотку фібрового армування збільшення кубикової міцності виявилось неістотним.

В усіх проведених дослідях використовувався цемент марки 400 і промитий річковий пісок. Водоцементне відношення — 0,449. Для дисперсного армування використовувалася фібра із загнутими кінцями, виготовлена з високоміцного дроту з тимчасовим опором 1335 МПа. Використана фібра випускається виробничим об'єднанням "Стальканат-Сігур" (Україна) відповідно до Європейського стандарту EN 14889-1: 2006 [17].

При цьому стрижнева арматура завжди була однаковою: балки армувалися зварними каркасами (рис. 4); нижня поздовжня арматура — $\varnothing 12$ мм, верхня — $\varnothing 8$ мм; поперечне армування — стрижні $\varnothing 6$ мм із кроком 87,5 см та стрижні $\varnothing 4$ мм із кроком 44 см.

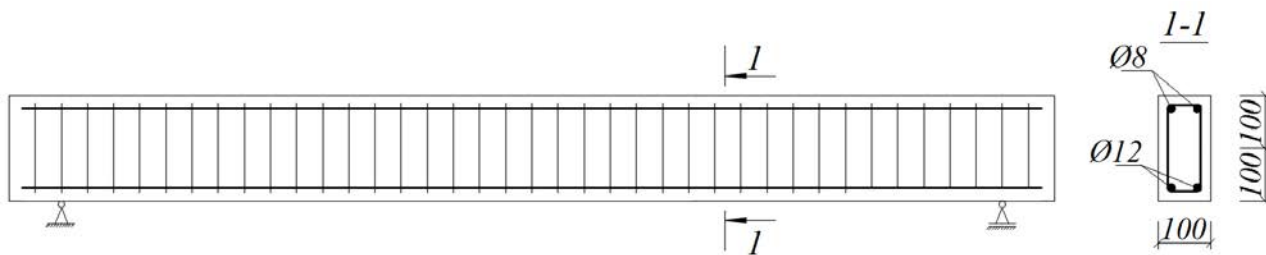


Рис. 4. Армування балок стрижневою арматурою

Усереднені результати несучої здатності балок при короткочасному навантаженні представлені у табл. 4.

Таблиця 4

Експериментальна несуча здатність

Балки	Руйнівне навантаження, кН	М, кНм
I с — залізобетон	72,5	9,787
II с — сталевібробетон	75	10,125
III с — комбіновані	74	9,990

Висновки

Таким чином, розглянуто теоретичне визначення несучої здатності залізобетонних балок при короткочасних навантаженнях з використанням діаграми деформування бетону у вигляді поліному п'ятої степені та її порівняння з результатами експериментальних досліджень.

При проведенні експериментальних досліджень несучої здатності балок випробовувалися три серії балок різного виду (по три однакових зразки у кожній серії): I серія — балки із звичайного бетону; II серія — балки зі сталевібробетону; III серія — балки комбінованого перерізу, у яких нижня зона (половина висоти перерізу) виготовлена зі сталевібробетону, а верхня — зі звичайного бетону. У склад бетонної маси для II та III серій зразків при замішуванні рівномірно додавалася анкерна сталева фібра, загальний обсяг якої становив 1%.

Порівняння теоретичної несучої здатності залізобетонної балки з її значенням, отриманим експериментально, показує, що теоретичне значення досить суттєво (у 1,36 рази) перевищує експериментальне.

Список літератури

1. Бліхарський З.Я. Розрахунок і конструювання нормальних та похилих перерізів залізобетонних елементів / З.Я. Бліхарський, І.І. Кархут, Р.Ф. Струк. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2014. 144 с.
2. Бабич Є.М., Бабич В.Є. Розрахунок і конструювання залізобетонних балок: навчальний посібник / Є.М. Бабич, В.Є. Бабич. 2-е видання, перероблене і доповнене. Рівне: НУВГП, 2017. 191 с.
3. Ромашко В.М. Розрахунок залізобетонних елементів і конструкцій за деформаційно-силовою моделлю: Рекомендації // В. М. Ромашко. Рівне: НУВГП, 2016. 126 с.
4. Okamura, H. Nonlinear Analysis and Constitutive Models of Reinforced Concrete / H. Okamura, K. Maekawa. – Giho-do Press, University of Tokyo, Japan, 1991. 182 p.
5. Scanlon, A. Time Dependent Reinforced Concrete Slab Deflection / A. Scanlon, D. W. Murray // Journal of Structural Engineering, ASCE, Vol. 100, №9, 1974. P. 1911-1924.
6. Кодиш, Е.Н. Розрахунок залізобетонних конструкцій з важкого бетону за міцністю, тріщиностійкістю та деформаціями / Е.Н. Кодиш, І.К. Нікітін, Н.Н. Трекін. Видавництво Асоціації будівельних вузів(АСВ), 2011. 352 с.
7. Джейн А., Кумар, В. (2019). Аналіз межі текучості залізобетонної плити, що несе зосереджене навантаження. Журнал Інституту інженерів (Індія): серія А, 101(1), 195–206. doi:10.1007/s40030–019–00414–7
8. Zhuravskiy, Oleksandr & Zhuravska, N.E. & Bambura, A.M. (2022). Features of calculation of prefabricated steel fiber concrete airfield slabs. International Journal on Technical and Physical Problems of Engineering. 14. 103–107.
9. Zhang, W. & Liu, J. & Chen, B. & Deng, X. (2018). Calculation of bearing capacity of reinforced concrete bending members considering correlation between bending and shearing. Chongqing Daxue Xuebao/Journal of Chongqing University. 41. 30–41. 10.11835/j.issn.1000–582X.2018.01.004.
10. Zheng Hui, Zhou Dongdong, Liao Zhenhao. (2020). Experimental Investigation on the Behaviour of Non-reinforced Ultra-High Performance Concrete Slabs. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 455. 012115. 10.1088/1755–1315/455/1/012115.
11. Pavlov Aleksey, Khagai Aleksey, Khagai, Tatiana. Load-Bearing Capacity and Curvature of Steel-Fiber-Reinforced Concrete Bending Elements. XV International Scientific Conference “Interagromash 2022”: lecture notes in networks and systems, 2022. Vol. 574. P. 2367–2377.

12. Pavlov Aleksey, Khegay Aleksey, Khegay Tatyana. Analysis of bending steel fiber reinforced concrete elements with a stress–strain model. *Architecture and Engineering*, 2020. Vol. 5. P. 14–21.

13. Sadowska–Buraczewska Barbara, Szafraniec, Małgorzata, Barnat–Hunek, Danuta Lagod, Grzegorz. Flexural Behavior of Composite Concrete Slabs Made with Steel and Polypropylene Fibers Reinforced Concrete in the Compression Zone. *Materials*, 2020. Vol. 13. P. 3616–3639.

14. Бабич Є.М., Дробишинець С.Я. Робота і розрахунок згинальних сталевібробетонних елементів: монографія. Луцьк: ЛНТУ, 2012. 194 с. 15. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення: ДБН В.2.6-98:2009. [Чинні від 2011-07-01]. К.: Мінрегіонбуд України, Державне підприємство "Укрархбудінформ", 2011. 71 с.

16. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування: ДСТУ Б В.2.6-156:2010. [Чинні від 2011-06-01]. К.: Мінрегіонбуд України, 2011. 118 с. (Національний стандарт України).

17. BS EN 14889-1:2006: Fibres for concrete. Steel fibres. Definitions, specifications and conformity.

Doctor of Science, Professor **Mykola Surianinov**,

Doctor of Science, Professor **Volodymyr Fomin**,

Postgraduate **Marina Vyhnanets**

Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odesa

BEARING CAPACITY OF BEAMS UNDER SHORT-TERM LOADS USING THE DIAGRAM OF CONCRETE DEFORMATION IN THE APPEARANCE OF THE FIFTH DEGREE POLYNOM

The theoretical determination of the load-bearing capacity of reinforced concrete beams under short-term loads using the concrete deformation diagram in the form of a fifth degree polynomial and its comparison with the results of experimental studies is considered. In the calculations of reinforced concrete structures using the deformation model of sections, the bending moments are calculated relative to the neutral line, which is located at a distance from the extreme fiber of the compressed concrete and limits its height. In the DBN of Ukraine, it is proposed to describe the concrete deformation diagram by a polynomial of the fifth degree or by a fractional-rational dependence, which was proposed and substantiated by the State Research Institute of Building Structures. Under these conditions, the theoretical bearing capacity of the reinforced concrete beam was obtained, which was also found experimentally.

The authors conducted experimental studies of the load-bearing capacity of three series of beams of different types (three identical samples in each series): Series I - beams made of ordinary concrete; II series - steel-reinforced concrete beams; III series - beams of combined section, in which the lower (stretched) height zone is made of steel fiber concrete, and the upper (compressed) zone is made of ordinary concrete. Fiber, the total volume of which was 1%, was uniformly added to the composition of the concrete mass for the II and III series of samples during mixing.

A comparison of the theoretical bearing capacity of a reinforced concrete beam with its value obtained experimentally shows that the theoretical value is quite significantly (1.36 times) higher than the experimental value.

Keywords: beam; concrete; fiber concrete; experiment; bearing capacity; deformation diagram; polynomial.

REFERENCES

1. Bliarskyi 3.Ya. Calculation and construction of normal and inclined sections of reinforced concrete elements / 3.Ya. Bliarskyi, I.I. Karhut, R.F. Pods Lviv: Publishing House of Lviv Polytechnic, 2014. 144 p. {in Ukrainian}
2. Babych E.M., Babych V.E. Calculation and construction of reinforced concrete beams: study guide / E.M. Babych, V.E. Babich 2nd edition, revised and supplemented. Rivne: NUVHP, 2017. 191 p. {in Ukrainian}
3. Romashko V.M. Calculation of reinforced concrete elements and structures according to the deformation-force model: Recommendations // V. M. Romashko. Rivne: NUVHP, 2016. 126 p. {in Ukrainian}
4. Okamura, H. Nonlinear Analysis and Constitutive Models of Reinforced Concrete / H. Okamura, K. Maekawa. - Giho-do Press, University of Tokyo, Japan, 1991. 182 p. {in English}
5. Scanlon, A. Time Dependent Reinforced Concrete Slab Deflection / A. Scanlon, D.W. Murray // Journal of Structural Engineering, ASCE, Vol. 100, No. 9, 1974. R. 1911-1924. {in English}
6. Kodish, E.N. Calculation of reinforced concrete structures from heavy concrete by strength, crack resistance and deformations / E.N. Kodish, I.K. Nikitin, N.N. Trackin. Publishing House of the Association of Construction Universities (ASV), 2011. 352 p. {in Ukrainian}
7. Jain, A., Kumar, V. (2019). Analysis of the yield strength of a reinforced concrete slab bearing a concentrated load. Journal of the Institution of Engineers (India): Series A, 101(1), 195–206. doi:10.1007/s40030-019-00414-7. {in English}

8. Zhuravskiy, Oleksandr & Zhuravska, N.E. & Bambura, A.M. (2022). Features of calculation of prefabricated steel fiber concrete airfield slabs. *International Journal on Technical and Physical Problems of Engineering*. 14. 103–107. {in English}
9. Zhang, W. & Liu, J. & Chen, B. & Deng, X. (2018). Calculation of bearing capacity of reinforced concrete bending members considering correlation between bending and shearing. *Chongqing Daxue Xuebao/Journal of Chongqing University*. 41. 30–41. 10.11835/j.issn.1000–582X.2018.01.004. {in English}
10. Zheng Hui, Zhou Dongdong, Liao Zhenhao. (2020). Experimental Investigation on the Behavior of Non-reinforced Ultra-High Performance Concrete Slabs. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 455. 012115. 10.1088/1755–1315/455/1/012115. {in English}
11. Pavlov Aleksey, Khagai Aleksey, Khagai, Tatiana. Load–Bearing Capacity and Curvature of Steel–Fiber–Reinforced Concrete Bending Elements. *XV International Scientific Conference "Interagromash 2022": lecture notes in networks and systems, 2022*. Vol. 574. P. 2367–2377. {in English}
12. Pavlov Aleksey, Khagai Aleksey, Khagai Tatyana. Analysis of bending steel fiber reinforced concrete elements with a stress–strain model. *Architecture and Engineering*, 2020. Vol. 5. P. 14–21. {in English}
13. Sadowska–Buraczewska Barbara, Szafraniec, Małgorzata, Barnat–Hunek, Danuta Lagod, Grzegorz. Flexural Behavior of Composite Concrete Slabs Made with Steel and Polypropylene Fibers Reinforced Concrete in the Compression Zone. *Materials*, 2020. Vol. 13. P. 3616–3639. {in English}
14. Babych E.M., Drobyhynets S.Ya. Work and calculation of flexural reinforced concrete elements: monograph. Lutsk: LNTU, 2012. 194 p. {in Ukrainian}
15. Concrete and reinforced concrete structures. Main provisions: DBN V.2.6-98:2009. [Effective from 2011-07-01]. K.: Ministry of Regional Development of Ukraine, State Enterprise "Ukrakhbudinform", 2011. 71 p. {in Ukrainian}
16. Concrete and reinforced concrete structures made of heavy concrete. Design rules: DSTU B V.2.6-156:2010. [Effective from 2011-06-01]. K.: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2011. 118 p. (National Standard of Ukraine). {in Ukrainian}
17. BS EN 14889-1:2006: Fibers for concrete. Steel fibers. Definitions, specifications and conformity. {in English}

DOI: 10.32347/2076-815x.2024.86.370-387

УДК 622.741.3.022;622.7;620.133

к.т.н., доцент **Човнюк Ю.В.**,

ychovnyuk@ukr.net, ORCID: 0000-0002-0608-0203,

доцент **Чередніченко П.П.**,

petro_che@ukr.net, ORCID: 0000-0001-7161-661X,

к.т.н., доцент **Москвітін А.С.**,

moskvitina.as@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0003-3352-0646,

Київський національний університет будівництва і архітектури

АНАЛІЗ НАГРІВУ ПРОПІЛЕНГЛІКОЛЮ/ЕТИЛЕНГЛІКОЛЮ У ЦИЛІНДРИЧНОМУ КАНАЛІ СОНЯЧНОГО ТЕПЛООВОГО КОЛЕКТОРУ

При проектуванні теплових сонячних колекторів розглядаються нестационарні умови роботи геліосистеми з визначенням миттєвої теплової продуктивності та температури теплоносіїв протягом заданої доби або періоду. Як відомо кількість корисної теплоти, що поглинається сонячним тепловим колектором має пряму залежність від температури теплоносія на вході та на виході з колектору. Розрахунок системи споживання та/або акумулювання теплоти також потребує значень температури теплоносія на виході з сонячного колектору. Нагрів теплоносія в сонячному колекторі можна поділити на два етапи – нагрів від сонячної енергії стінок теплообмінника (циліндричного каналу) в тепловому сонячному колекторі та нагрів пропіленгліколю/етиленгліколю в теплообміннику (циліндричному каналі). В даній роботі наведено сім способів визначення поля температур стінок теплообмінника (циліндричного каналу) в залежності від початкових та граничних умов. Найбільш загальний випадок щодо розрахунку температурного поля пропіленгліколю/етиленгліколю передбачає наявність теплообміну на поверхнях його контакту зі стінками циліндричного каналу та з оточуючим середовищем. Розв'язок знаходимо за допомогою методу функцій Гріна.

Ключові слова: сонячний тепловий колектор; нагрівання теплоносія в сонячному колекторі; температура теплоносія в сонячному колекторі; температура теплообмінника в сонячному колекторі; поле температур теплоносія в циліндричному каналі; пропіленгліколь; етиленгліколь.

Постановка проблеми. При проектуванні теплових сонячних колекторів розглядаються нестационарні умови роботи геліосистеми з визначенням миттєвої теплової продуктивності та температури теплоносіїв протягом заданої доби. Як відомо кількість корисної теплоти, що поглинається сонячним тепловим колектором має пряму залежність від температури теплоносія на вході та на виході з колектору. Розрахунок системи споживання та/або акумулювання

теплоти також потребує значень температури теплоносія на виході з сонячного колектору. Нагрів теплоносія в сонячному колекторі можна поділити на два етапи – нагрів від сонячної енергії стінок теплообмінника (циліндричного каналу) в тепловому сонячному колекторі та нагрів пропіленгліколю/етиленгліколю в теплообміннику (циліндричному каналі).

Аналіз публікацій по темі досліджень. Визначення кліматичних умов роботи сонячного теплового колектору і рівняння балансу роботи та розрахунок геліосистеми і системи акумулювання теплоти вимагає визначення температури теплоносія в сонячному тепловому колекторі [1-4].

Мета роботи. Запропоновано розділити розрахунок нагріву теплоносія в сонячному тепловому колекторі на два етапи – нагрів від сонячної енергії стінок теплообмінника (циліндричного каналу) в тепловому сонячному колекторі та нагрів пропіленгліколю/етиленгліколю в теплообміннику (циліндричному каналі). Визначити поля температур стінок теплообмінника (циліндричного каналу) в залежності від різних варіантів початкових та граничних умов. При розрахунку необхідно врахувати труднощі, пов'язані зі значною нелінійністю граничних умов типу "задане поверхнєве випромінювання". При аналітичному розрахунку температурного поля пропіленгліколю/етиленгліколю, за допомогою методу функцій Гріна, розглянемо найбільш загальний випадок, який передбачає наявність теплообміну на його поверхнях контакту зі стінками циліндричного каналу та з оточуючим середовищем.

Виклад основного матеріалу дослідження. І задача: Спочатку від сонячної енергії йде нагрівання стінок циліндричного каналу. Отже, $R_1 \leq r \leq R_2$; $0 \leq z \leq l$; $0 \leq \varphi \leq 2\pi$, але існують різні граничні умови для верхньої ($0 \leq \varphi \leq \pi$) й для нижньої ($\pi < \varphi \leq 2\pi$) поверхонь (рис.1, 2).

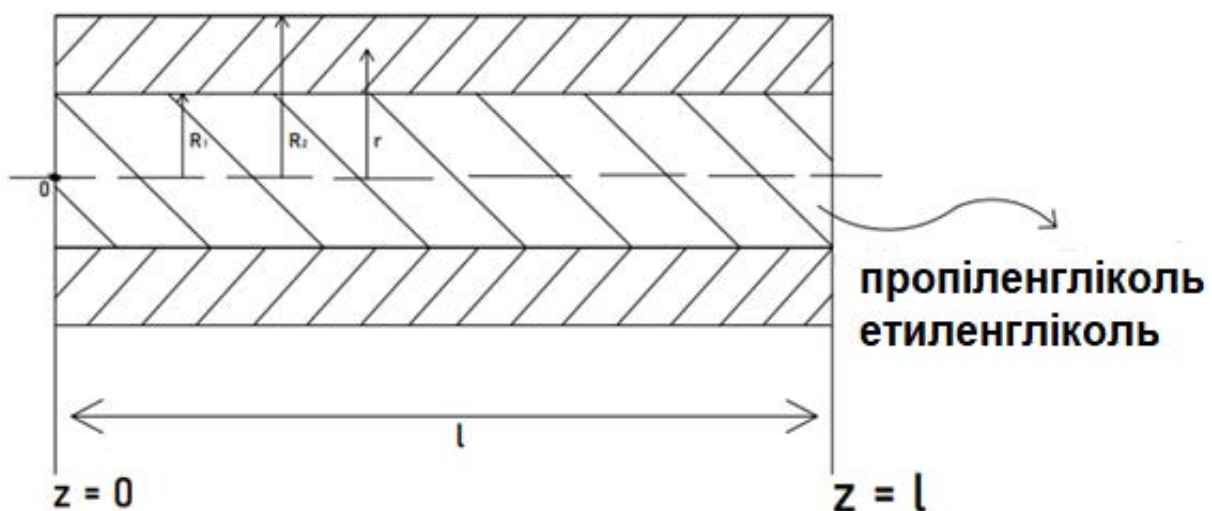


Рис. 1. Розріз вздовж циліндричного каналу.

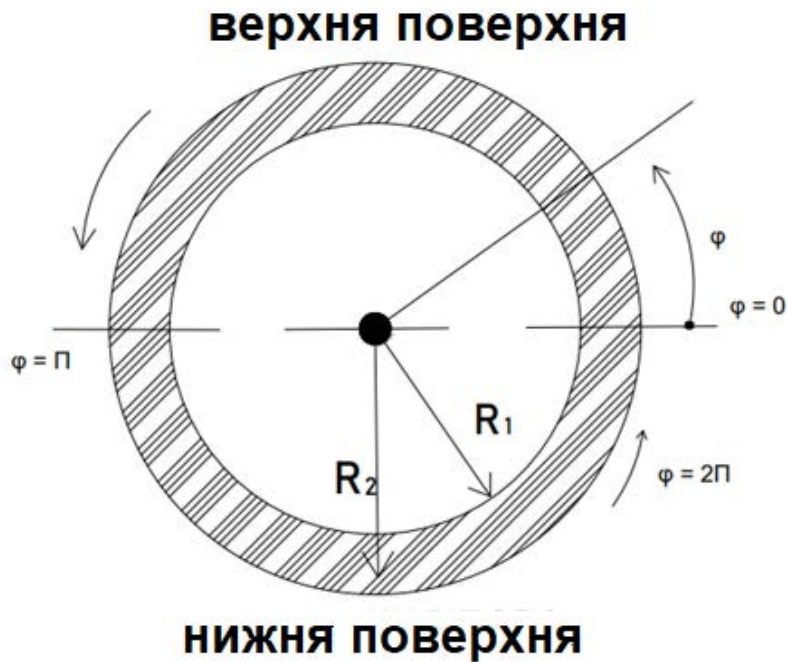


Рис.2. Поперечний розріз каналу.

Варіант А (І задачі): (На всіх поверхнях $z=0$, $z=l$, $r = R_1$, $r = R_2$ циліндричного каналу існує умова “заданої тепловіддачі на поверхні” [5]). Формально математично умова “задана тепловіддача поверхні” формується наступним чином:

$$1) r=R_1: h_1 \cdot [T_{\text{егл.о}} - T_{\text{ст.}}(r, \varphi, z, t)] = -\lambda_{\text{ст.}} \cdot \frac{\partial T_{\text{ст.}}(r, \varphi, z, t)}{\partial r} \quad (1)$$

де h_1 – коефіцієнт тепловіддачі поверхні $r = R_1$ стінки; $\lambda_{\text{ст.}}$ – коефіцієнт теплопровідності матеріалу стінки; $T_{\text{егл.о}}$ – початкова температура (не нагрітого ще етиленгліколю/(полі-) етиленгліколю, що знаходиться у циліндричному каналі); $T_{\text{ст.}}(r, \varphi, z, t)$ – температура стінки циліндричного каналу у циліндричній системі координат (r, φ, z) ; t – час.

Вказану $T_{\text{ст.}}(r, \varphi, z, t)$ слід знайти з рівняння теплопровідності, яке у циліндричній системі координат має вигляд:

$$\frac{\partial T_{\text{ст.}}}{\partial t} = a_{\text{ст.}} \cdot \left[\frac{1}{r} \cdot \frac{\partial}{\partial r} \left(r \cdot \frac{\partial T_{\text{ст.}}}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \cdot \frac{\partial^2 T_{\text{ст.}}}{\partial \varphi^2} + \frac{\partial^2 T_{\text{ст.}}}{\partial z^2} \right] \quad (2)$$

де $a_{\text{ст.}}$ – коефіцієнт температуропровідності матеріалу.

Граничну умову (1) легко подати у наступному виді:

$$\frac{\partial T_{\text{ст.}}}{\partial r} - k_1 \cdot T_{\text{ст.}} = -\frac{h_1}{\lambda_{\text{ст.}}} \cdot T_{\text{егл.о}} \Leftrightarrow \frac{\partial (T_{\text{ст.}})}{\partial r} - k_1 \cdot T_{\text{ст.}} = -k_1 \cdot T_{\text{егл.о}} \quad (3)$$

де $k_1 = \frac{h_1}{\lambda_{\text{ст.}}}$.

У подальшому, як і у [6, 20], ми користуватимемось саме останнім записом цієї граничної умови на поверхні $r = R_1$, тобто:

$$\frac{\partial T_{\text{ст.}}}{\partial r} - k_1 \cdot T_{\text{ст.}} = -k_1 \cdot T_{\text{вгл.о}} \quad (3^*)$$

2) $r = R_2$: гранична умова на цій поверхні має вид:

$$\frac{\partial T_{\text{ст.}}}{\partial r} + k_2 \cdot T_{\text{ст.}} = k_2 \cdot T_{\text{сер.о}}, \quad k_2 = \frac{h_2}{\lambda_{\text{ст.}}} \quad (4)$$

де h_2 – коефіцієнт тепловіддачі поверхні $r = R_2$ стінки; $T_{\text{сер.о}}$ – температура оточуючого поверхню $r = R_2$ середовища (вважаємо її певною константою).

3) $z=0$

$$\frac{\partial T_{\text{ст.}}}{\partial z} - k_3 \cdot T_{\text{ст.}} = -k_3 \cdot T_{\text{сер.о}}, \quad k_3 = \frac{h_3}{\lambda_{\text{ст.}}} \quad (5)$$

де $T_{\text{сер.о}}$ – визначена вище, h_3 – коефіцієнт тепловіддачі поверхні $z=0$ циліндричного каналу.

4) $z=l$:

$$\frac{\partial T_{\text{ст.}}}{\partial z} + k_4 \cdot T_{\text{ст.}} = k_4 \cdot T_{\text{сер.о}}, \quad k_4 = \frac{h_4}{\lambda_{\text{ст.}}} \quad (6)$$

де h_4 – коефіцієнт тепловіддачі поверхні $z=l$ циліндричного каналу.

Початкова умова задачі (у момент $t=0$). У загальному випадку $T_{\text{ст.}}(r, \varphi, z, t) \big|_{t=0} = f(r, \varphi, z)$, тобто поверхня стіни має певний температурний розподіл у системі координат $f(r, \varphi, z)$, відмінний від однорідного поля температур на всіх поверхнях стінок циліндричного каналу (це не принципово!). Для спрощення запису розв'язку рівняння (2) за граничних умов (1), (4), (5), (6), вважаємо, що:

$$f(r, \varphi, z) = T_{\text{ст.}}(r, \varphi, z, t) \big|_{t=0} = T_{\text{ст.о}} = \text{const}, \quad T_{\text{ст.о}} < T_{\text{сер.о}} \quad (7)$$

Для знаходження розв'язків рівняння (2) методом функції Гріна [1] використовуватимемо саме таку, як (7), початкову умову задачі. Тоді розв'язок рівняння (2) за початковою умови (7) та граничних умов (1), (4), (5), (6) має наступний вид:

$$\begin{aligned} T_{\text{ст.}}(r, \varphi, z, t) = & \int_0^t \int_0^{2\pi} \int_0^{R_1} T_{\text{ст.о}} \cdot G(r, \varphi, z, \xi, \eta, \zeta, t - \tau) \cdot \xi d\xi d\eta d\zeta - \\ & - a_{\text{ст.}} \cdot R_1 \int_0^t \int_0^{2\pi} \int_0^0 (-k_1 \cdot T_{\text{вгл.о}}) \cdot G(r, \varphi, z, R_1, \eta, \zeta, t - \tau) d\eta d\zeta d\tau + \\ & + a_{\text{ст.}} \cdot R_2 \int_0^t \int_0^{2\pi} \int_0^0 (+k_2 \cdot T_{\text{сер.о}}) \cdot G(r, \varphi, z, R_2, \eta, \zeta, t - \tau) d\eta d\zeta d\tau - \\ & - a_{\text{ст.}} \cdot \int_0^t \int_0^{2\pi} \int_0^{R_1} (-k_3 \cdot T_{\text{сер.о}}) \cdot G(r, \varphi, z, \xi, \eta, 0, t - \tau) \cdot \xi d\xi d\eta d\tau + \end{aligned} \quad (8)$$

$$+ a_{\text{ст.}} \cdot \iiint_{0 \ 0 \ R_1}^{t \ 2\pi \ R_2} (+k_4 \cdot T_{\text{сеп.о}}) \cdot G(r, \varphi, z, \xi, \eta, l, t - \tau) \cdot \xi \, d\xi \, d\eta \, d\tau.$$

У виразі (8) введена під знак інтегралу функція Гріна $G(r, \varphi, z, \xi, \eta, \zeta, t)$, яка може бути подана наступним чином:

$$G(r, \varphi, z, \xi, \eta, \zeta, t) = G_1(r, \varphi, \xi, \eta, t) \cdot G_2(z, \zeta, t). \quad (9)$$

Співмножники, що стоять у правій частині (8), задовольняють наступним співвідношенням:

$$G_1(r, \varphi, \xi, \eta, t) = \frac{1}{\pi} \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{A_n \cdot \mu_{nm}^2 \cdot Z_n(\mu_{nm} \cdot r) \cdot Z_n(\mu_{nm} \cdot \xi) \cos(n \cdot [\varphi - \eta]) \cdot \exp(-\mu_{nm}^2 \cdot a_{\text{ст.}} \cdot t)}{(k_2^2 \cdot R_2^2 + \mu_{nm}^2 \cdot R_2^2 - n^2) \cdot Z_n^2(\mu_{nm} \cdot R_2) - (k_1^2 \cdot R_1^2 + \mu_{nm}^2 \cdot R_1^2 - n^2) \cdot Z_n^2(\mu_{nm} \cdot R_1)} \quad (10)$$

$$Z_n(\mu_{nm} \cdot r) = [\mu_{nm} \cdot I_n(\mu_{nm} \cdot R_1) - k_1 \cdot I_n(\mu_{nm} \cdot R_1)] \cdot Y_n(\mu_{nm} \cdot r) - [\mu_{nm} \cdot Y_n(\mu_{nm} \cdot R_1) - k_1 \cdot Y_n(\mu_{nm} \cdot R_1)] \cdot I_n(\mu_{nm} \cdot r). \quad (11)$$

де, $A_0=1$, $A_n=2$, при $n=1, 2, \dots$; $I_n(r)$ та $Y_n(r)$ – функції Бесселя та Вебера, відповідно [5-20]; μ_{nm} – додатні корені трансцендентного рівняння:

$$\begin{aligned} & [\mu \cdot I_n(\mu R_1) - k_1 \cdot I_n(\mu R_1)] \cdot [\mu \cdot Y_n(\mu R_2) + k_2 \cdot Y_n(\mu R_2)] = \\ & = [\mu \cdot Y_n(\mu R_1) - k_1 \cdot Y_n(\mu R_1)] \cdot [\mu \cdot I_n(\mu R_2) + k_2 \cdot I_n(\mu R_2)]. \end{aligned} \quad (12)$$

Другий співмножник у правій частині (9) має вид:

$$G_2(z, \zeta, t) = \sum_{s=1}^{\infty} \frac{h_s(z) \cdot h_s(\zeta)}{\|h_s\|^2} \cdot \exp(-a_{\text{ст.}} \cdot \lambda_s^2 \cdot t), \quad (13)$$

де,

$$\begin{cases} h_s(z) = \cos(\lambda_s \cdot z) + \frac{k_3}{\lambda_s} \cdot \sin(\lambda_s \cdot z), \\ \|h_s\|^2 = \frac{k_4}{2\lambda_s^2} \cdot \frac{(\lambda_s^2 \cdot k_3^2)}{(\lambda_s^2 \cdot k_4^2)} + \frac{k_3}{2\lambda_s^2} + \frac{l}{2} \cdot \left(1 + \frac{k_3^2}{\lambda_s^2}\right) \end{cases} \quad (14)$$

де, λ_s – додатні корені трансцендентного рівняння:

$$\frac{\text{tg}(\lambda l)}{\lambda} = \frac{k_3 + k_4}{\lambda^2 - k_3 \cdot k_4}. \quad (15)$$

У виразах (11), (12) штрих біля функції означає однократне диференціювання по аргументу цієї функції.

Варіант Б (І задачі): На всіх поверхнях $z=0$, $z=l$, $r=R_1$, $r=R_2$ циліндричного каналу заданий тепловий потік [16]. Тоді треба розв'язати рівняння (2) й визначити поле температурне стінок циліндричного каналу $T_{\text{ст.}}(r, \varphi, z, t)$ для початкової умови (7) й наступних граничних умов:

$r=R_1$ – поверхня:

$$\frac{\partial T_{\text{ст.}}}{\partial r} = -k_1 \cdot T_{\text{сеп.о}} \quad (16)$$

$r = R_2$ – поверхня:

$$\frac{\partial T_{\text{ст.}}}{\partial r} = k_2 \cdot T_{\text{сер.о}} \quad (17)$$

$z = 0$ – поверхня:

$$\frac{\partial T_{\text{ст.}}}{\partial z} = -k_3 \cdot T_{\text{сер.о}} \quad (18)$$

$z = l$ – поверхня:

$$\frac{\partial T_{\text{ст.}}}{\partial z} = +k_4 \cdot T_{\text{сер.о}} \quad (19)$$

Розв'язок рівняння (2) за початкової умови (7) й граничних умов (16) – (19) має той самий вид (8), але функція Гріна визначається інакше [6]:

$$G(r, \varphi, z, \xi, \eta, \zeta, t) = G_1(r, \varphi, \xi, \eta, t) \cdot G_2(z, \zeta, t). \quad (20)$$

де,

$$G_2(z, \zeta, t) = \frac{1}{l} + \frac{2}{l} \cdot \sum_{n=1}^{\infty} \cos\left(\frac{n\pi z}{l}\right) \cdot \cos\left(\frac{n\pi \zeta}{l}\right) \cdot \exp\left(-\frac{\alpha_{\text{ст.}} \cdot n^2 \cdot \pi^2 \cdot t}{l^2}\right), \quad (21)$$

$$G_1(r, \varphi, \xi, \eta, t) = \frac{1}{\pi(R_2^2 - R_1^2)} + \frac{1}{\pi} \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{A_n \cdot \mu_{nm}^2 \cdot Z_n(\mu_{nm} \cdot r) \cdot Z_n(\mu_{nm} \cdot \xi) \cos(n \cdot [\varphi - \eta]) \cdot \exp(-\mu_{nm}^2 \cdot \alpha_{\text{ст.}} \cdot t)}{(\mu_{nm}^2 \cdot R_2^2 - n^2) \cdot Z_n^2(\mu_{nm} \cdot R_2) - (\mu_{nm}^2 \cdot R_1^2 - n^2) \cdot Z_n^2(\mu_{nm} \cdot R_1)} \quad (22)$$

$$Z_n(\mu_{nm} \cdot r) = I_n'(\mu_{nm} \cdot R_1) \cdot Y_n(\mu_{nm} \cdot r) - Y_n'(\mu_{nm} \cdot R_1) \cdot I_n(\mu_{nm} \cdot r), \quad (23)$$

де, $A_0=1$, $A_n=2$, при $n=1, 2, \dots$; $I_n(r)$ та $Y_n(r)$ – функції Бесселя та Вебера n -го порядку, відповідно; μ_{nm} – додатні корені трансцендентного рівняння:

$$I_n'(\mu R_1) \cdot Y_n'(\mu R_2) - Y_n'(\mu R_1) \cdot I_n'(\mu R_2) = 0 \quad (24)$$

Варіант В. (I задачі): На всіх поверхнях циліндричного каналу ($z=0$, $z=l$, $r = R_1$, $r = R_2$) заданий температурний розподіл (температурне поле у системі циліндричних координат (r, φ, z)).

Треба розв'язати рівняння (2) за наступних умов:

початкова умова:

$$T_{\text{ст.}}(r, \varphi, z, t)|_{t=0} = f(r, \varphi, z), \quad (25)$$

гранична умова при $r = R_1$:

$$T_{\text{ст.}}(r, \varphi, z, t)|_{r=R_1} = g_1(\varphi, z, t), \quad (26)$$

гранична умова при $r = R_2$:

$$T_{\text{ст.}}(r, \varphi, z, t)|_{r=R_2} = g_2(\varphi, z, t), \quad (27)$$

гранична умова при $z=0$:

$$T_{\text{ст.}}(r, \varphi, z, t)|_{z=0} = g_3(r, \varphi, t), \quad (28)$$

гранична умова при $z=l$:

$$T_{\text{ст.}}(r, \varphi, z, t)|_{r=l} = g_4(r, \varphi, t), \quad (29)$$

Розв'язок рівняння (2) за початкової умови (25) та граничних умов (26)-(29) шукаємо методом функції Гріна [6].

Для заданої задачі маємо такий розв'язок:

$$\begin{aligned} T_{\text{ст.}}(r, \varphi, z, t) = & \iiint_{0 \leq \xi \leq R_1, 0 \leq \eta \leq 2\pi, 0 \leq \zeta \leq R_2} f(\xi, \eta, \zeta) \cdot G(r, \varphi, z, \xi, \eta, \zeta, t) \cdot \xi d\xi d\eta d\zeta + \\ & + a_{\text{ст.}} \cdot R_1 \iiint_{0 \leq \eta \leq 2\pi, 0 \leq \zeta \leq R_2} g_1(\eta, \zeta, \tau) \cdot \left[\frac{\partial}{\partial \xi} G(r, \varphi, z, \xi, \eta, \zeta, t - \tau) \right]_{\xi=R_1} \cdot d\eta d\zeta d\tau - \\ & - a_{\text{ст.}} \cdot R_2 \iiint_{0 \leq \eta \leq 2\pi, 0 \leq \zeta \leq R_2} g_2(\eta, \zeta, \tau) \cdot \left[\frac{\partial}{\partial \xi} G(r, \varphi, z, \xi, \eta, \zeta, t - \tau) \right]_{\xi=R_2} \cdot d\eta d\zeta d\tau + \\ & + a_{\text{ст.}} \iiint_{0 \leq \xi \leq R_1, 0 \leq \eta \leq 2\pi, 0 \leq \zeta \leq R_2} g_3(\xi, \eta, \tau) \cdot \left[\frac{\partial}{\partial \zeta} G(r, \varphi, z, \xi, \eta, \zeta, t - \tau) \right]_{\zeta=0} \cdot \xi d\xi d\eta d\tau - \\ & - a_{\text{ст.}} \iiint_{0 \leq \xi \leq R_1, 0 \leq \eta \leq 2\pi, 0 \leq \zeta \leq R_2} g_4(\xi, \eta, \tau) \cdot \left[\frac{\partial}{\partial \zeta} G(r, \varphi, z, \xi, \eta, \zeta, t - \tau) \right]_{\zeta=l} \cdot \xi d\xi d\eta d\tau \end{aligned} \quad (30)$$

Тут введена наступна функція Гріна:

$$G(r, \varphi, z, \xi, \eta, \zeta, t) = G_1(r, \varphi, \xi, \eta, t) \cdot G_2(z, \zeta, t). \quad (31)$$

де,

$$G_1(r, \varphi, \xi, \eta, t) = \frac{\pi}{2} \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{A_n \cdot B_{nm} \cdot Z_n(\mu_{nm} \cdot r) \cdot Z_n(\mu_{nm} \cdot \xi) \cdot \cos[n \cdot (\varphi - \eta)]}{\exp(+\mu_{nm}^2 \cdot a_{\text{ст.}} \cdot t)} \quad (32)$$

$$A_n = \begin{cases} 1/2 & \text{при } n = 0, \\ 1 & \text{при } n \neq 0, \end{cases} \quad B_{nm} = \frac{\mu_{nm}^2 \cdot I_n^2(\mu_{nm} \cdot R_2)}{I_n^2(\mu_{nm} \cdot R_1) - I_n^2(\mu_{nm} \cdot R_2)} \quad (33)$$

$$Z_n(\mu_{nm} \cdot r) = I_n(\mu_{nm} \cdot R_1) \cdot Y_n(\mu_{nm} \cdot r) - Y_n(\mu_{nm} \cdot R_1) \cdot I_n(\mu_{nm} \cdot r) \quad (34)$$

де, $I_n(r)$ та $Y_n(r)$ – функції Бесселя та Вебера n -го порядку від аргументу r , відповідно до [5-20], а числа μ_{nm} – додатні корені трансцендентного рівняння:

$$I_n(\mu R_1) \cdot Y_n(\mu R_2) - Y_n(\mu R_1) \cdot I_n(\mu R_2) = 0 \quad (35)$$

Випадок Г. (I-ої задачі): Розв'яжемо задачу за умов, коли задане початкове (у момент $t = 0$) температурне поле стінок циліндричного каналу, тобто:

$$T_{\text{ст.}}(r, \varphi, z, t)|_{t=0} = f(r, \varphi, z), \quad (36)$$

а граничні умови змішані_ (на поверхнях $r = R_1$ й $r = R_2$ задані температурні поля, тобто:

$$T_{\text{ст.}}(r, \varphi, z, t)|_{r=R_1} = g_1(z, \varphi, t), \tag{37}$$

$$T_{\text{ст.}}(r, \varphi, z, t)|_{r=R_2} = g_2(z, \varphi, t), \tag{38}$$

А на поверхнях $z=0$ й $z=l$ задані теплові потоки, тобто:

$$\left. \frac{\partial T_{\text{ст.}}(r, \varphi, z, t)}{\partial z} \right|_{z=0} = g_3(r, \varphi, t), \tag{39}$$

$$\left. \frac{\partial T_{\text{ст.}}(r, \varphi, z, t)}{\partial z} \right|_{z=l} = g_4(r, \varphi, t), \tag{40}$$

Розв'язок знаходимо за допомогою методу функцій Гріна [6]. Маємо:

$$\begin{aligned} T_{\text{ст.}}(r, \varphi, z, t) = & \iiint_{0 \ 0 \ R_1}^{l \ 2\pi \ R_2} f(\xi, \eta, \zeta) \cdot G(r, \varphi, z, \xi, \eta, \zeta, t) \cdot \xi d\xi d\eta d\zeta + \\ & + a_{\text{ст.}} \cdot R_1 \iiint_{0 \ 0 \ 0}^{t \ l \ 2\pi} g_1(\eta, \zeta, \tau) \cdot \left[\frac{\partial}{\partial \xi} G(r, \varphi, z, \xi, \eta, \zeta, t - \tau) \right]_{\xi=R_1} \cdot d\eta d\zeta d\tau - \\ & - a_{\text{ст.}} \cdot R_2 \iiint_{0 \ 0 \ 0}^{t \ l \ 2\pi} g_2(\eta, \zeta, \tau) \cdot \left[\frac{\partial}{\partial \xi} G(r, \varphi, z, \xi, \eta, \zeta, t - \tau) \right]_{\xi=R_2} \cdot d\eta d\zeta d\tau + \\ & - a_{\text{ст.}} \iiint_{0 \ 0 \ R_1}^{t \ 2\pi \ R_2} g_3(\xi, \eta, \tau) \cdot G(r, \varphi, z, \xi, \eta, 0, t - \tau) \cdot \xi d\xi d\eta d\tau + \\ & + a_{\text{ст.}} \iiint_{0 \ 0 \ R_1} g_4(\xi, \eta, \tau) \cdot G(r, \varphi, z, \xi, \eta, l, t - \tau) \cdot \xi d\xi d\eta d\tau \end{aligned} \tag{41}$$

Тут:

$$G(r, \varphi, z, \xi, \eta, \zeta, t) = G_1(r, \varphi, \xi, \eta, t) \cdot G_2(z, \zeta, t). \tag{42}$$

$$G_2(z, \zeta, t) = \frac{1}{l} + \frac{2}{l} \cdot \sum_{n=1}^{\infty} \cos\left(\frac{n\pi z}{l}\right) \cdot \cos\left(\frac{n\pi \zeta}{l}\right) \cdot \exp\left(-\frac{a_{\text{ст.}} \cdot n^2 \cdot \pi^2 \cdot t}{l^2}\right), \tag{43}$$

$$\begin{aligned} G_1(r, \varphi, \xi, \eta, t) = & \\ = & \frac{\pi}{2} \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{A_n \cdot B_{nm} \cdot Z_n(\mu_{nm} \cdot r) \cdot Z_n(\mu_{nm} \cdot \xi) \cdot \cos[n \cdot (\varphi - \eta)]}{\exp(-\mu_{nm}^2 \cdot a_{\text{ст.}} \cdot t)} \end{aligned} \tag{44}$$

$$\left\{ \begin{aligned} A_n &= \begin{cases} 1/2 & \text{при } n = 0, \\ 1 & \text{при } n \neq 0, \end{cases} & B_{nm} &= \frac{\mu_{nm}^2 \cdot I_n^2(\mu_{nm} \cdot R_2)}{I_n^2(\mu_{nm} \cdot R_1) - I_n^2(\mu_{nm} \cdot R_2)} \\ Z_n(\mu_{nm} \cdot r) &= I_n(\mu_{nm} \cdot R_1) \cdot Y_n(\mu_{nm} \cdot r) - Y_n(\mu_{nm} \cdot R_1) \cdot I_n(\mu_{nm} \cdot r) \end{aligned} \right. \tag{45}$$

де, $I_n(r)$ та $Y_n(r)$ – функції Бесселя та Вебера n -го порядку від аргументу r , відповідно, μ_{nm} – додатні корені трансцендентного рівняння:

$$I_n(\mu R_1) \cdot Y_n(\mu R_2) - Y_n(\mu R_1) \cdot I_n(\mu R_2) = 0 \quad (46)$$

Випадок Д. (I-ої задачі): Розв'яжемо задачу за умов, коли задане початкове (у момент $t = 0$) температурне поле стінок циліндричного каналу, тобто:

$$T_{\text{ст.}}(r, \varphi, z, t)|_{t=0} = f(r, \varphi, z), \quad (36^*)$$

а граничні умови змішані (на поверхнях $r = R_1$ й $r = R_2$ задані теплові потоки, тобто :

$$\frac{\partial}{\partial r} T_{\text{ст.}}(r, \varphi, z, t)|_{r=R_1} = g_1(\varphi, z, t), \quad (47)$$

$$\frac{\partial}{\partial r} T_{\text{ст.}}(r, \varphi, z, t)|_{r=R_2} = g_2(\varphi, z, t), \quad (48)$$

на поверхнях $z=0$ й $z=l$ задані не теплові потоки, а температури (температурні поля):

$$T_{\text{ст.}}(r, \varphi, z, t)|_{z=0} = g_3(r, \varphi, t), \quad (49)$$

$$T_{\text{ст.}}(r, \varphi, z, t)|_{z=l} = g_4(r, \varphi, t), \quad (50)$$

Розв'язок цієї задачі розшукуємо методом функцій Гріна [6]. Маємо наступні співвідношення:

$$\begin{aligned} T_{\text{ст.}}(r, \varphi, z, t) = & \iiint_{0 \ 0 \ R_1}^{l \ 2\pi \ R_2} f(\xi, \eta, \zeta) \cdot G(r, \varphi, z, \xi, \eta, \zeta, t) \cdot \xi d\xi d\eta d\zeta - \\ & - a_{\text{ст.}} \cdot R_1 \iiint_{0 \ 0 \ 0}^{t \ l \ 2\pi} g_1(\eta, \zeta, \tau) \cdot G(r, \varphi, z, R_1, \eta, \zeta, t - \tau) \cdot d\eta d\zeta d\tau + \\ & + a_{\text{ст.}} \cdot R_2 \iiint_{0 \ 0 \ 0}^{t \ l \ 2\pi} g_2(\eta, \zeta, \tau) \cdot G(r, \varphi, z, R_2, \eta, \zeta, t - \tau) \cdot d\eta d\zeta d\tau + \\ & + a_{\text{ст.}} \cdot \iiint_{0 \ 0 \ R_1}^{t \ 2\pi \ R_2} g_3(\xi, \eta, \tau) \cdot \left[\frac{\partial}{\partial \xi} G(r, \varphi, z, \xi, \eta, \zeta, t - \tau) \right]_{\zeta=0} \cdot \xi d\xi d\eta d\tau - \\ & - a_{\text{ст.}} \cdot \iiint_{0 \ 0 \ R_1}^{t \ 2\pi \ R_2} g_4(\xi, \eta, \tau) \cdot \left[\frac{\partial}{\partial \xi} G(r, \varphi, z, \xi, \eta, \zeta, t - \tau) \right]_{\zeta=l} \cdot \xi d\xi d\eta d\tau \end{aligned} \quad (51)$$

Тут, у (51), введені наступні позначення:

$$G(r, \varphi, z, \xi, \eta, \zeta, t) = G_1(r, \varphi, \xi, \eta, t) \cdot G_2(z, \zeta, t). \quad (52)$$

$$G_2(z, \zeta, t) = \frac{2}{l} \cdot \sum_{n=1}^{\infty} \sin\left(\frac{n\pi z}{l}\right) \cdot \sin\left(\frac{n\pi \zeta}{l}\right) \cdot \exp\left(-\frac{a_{\text{ст.}} \cdot n^2 \cdot \pi^2 \cdot t}{l^2}\right), \quad (53)$$

$$G_1(r, \varphi, \xi, \eta, t) = \frac{1}{\pi(R_2^2 - R_1^2)} + \quad (54)$$

$$+ \frac{1}{\pi} \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{A_n \cdot \mu_{nm}^2 \cdot Z_n(\mu_{nm} \cdot r) \cdot Z_n(\mu_{nm} \cdot \xi) \cos(n \cdot [\varphi - \eta]) \cdot \exp(-\mu_{nm}^2 \cdot a_{ст.} \cdot t)}{(\mu_{nm}^2 \cdot R_2^2 - n^2) \cdot Z_n^2(\mu_{nm} \cdot R_2) - (\mu_{nm}^2 \cdot R_1^2 - n^2) \cdot Z_n^2(\mu_{nm} \cdot R_1)}$$

$$Z_n(\mu_{nm} \cdot r) = I_n'(\mu_{nm} \cdot R_1) \cdot Y_n(\mu_{nm} \cdot r) - Y_n'(\mu_{nm} \cdot R_1) \cdot I_n(\mu_{nm} \cdot r). \quad (55)$$

де, $A_0=1$, $A_n=2$, при $n=1, 2, \dots$; $I_n(r)$ та $Y_n(r)$ – функції Бесселя та Вебера n -го порядку від аргументу r , відповідно; штрих біля вказаних функцій означає однократне диференціювання по аргументу цієї функції; μ_{nm} – додатні корені трансцендентного рівняння:

$$I_n'(\mu R_1) \cdot Y_n'(\mu R_2) - Y_n'(\mu R_1) \cdot I_n'(\mu R_2) = 0 \quad (56)$$

II задача. Враховуємо, що $R_1 \leq r \leq R_2$; $0 \leq z \leq l$; $0 \leq \varphi \leq 2\pi$ (але існують різні граничні умови для "верхньої" (освітленої) бічної грані циліндричного каналу ($0 \leq \varphi \leq \pi$) й для "нижньої" (затемненої) бічної грані циліндричного каналу ($\pi < \varphi \leq 2\pi$). Користуючись [20], визначимо коректно ці граничні умови. При цьому слід врахувати труднощі, пов'язані зі значною нелінійністю граничних умов типу "задане поверхнєве випромінювання". Поверхня непрозорої речовини, повернута до джерела радіації (або поглинання), при температурі T_r (r - означає "radiation" – випромінювання, радіація) випромінює тепловий потік:

$$\sigma \cdot \mathcal{F}_1 [T_r^4 - T_{ст.}^4(r, \varphi, z, t)|_{r=R_2}] = -\lambda_{ст.} \cdot \frac{\partial}{\partial r} T_{ст.}(r, \varphi, z, t) \Big|_{r=R_2} \quad (57)$$

де, $\sigma = 5,6697 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot (\text{°К})^4)$ – постійна в рівнянні променевипромінювання закону Стефана-Больцмана; \mathcal{F}_1 - сумарний коефіцієнт променевипромінювання й форми, $0 \leq \varphi \leq \pi$.

Аналогічну умову до (57) записуємо для $\pi < \varphi \leq 2\pi$, лише слід замінити $\mathcal{F}_1 \rightarrow \mathcal{F}_2$.

Якщо $T_r \gg T_{ст.}(r, \varphi, z, t)$, тоді гранична умова (57) зводиться до умови заданого теплового потоку.

Отже, у цьому варіанті задачі II маємо наступні граничні умови:

Випадок А (II задача):

початкова умова:

$$T_{ст.}(r, \varphi, z, t)|_{t=0} = f(r, \varphi, z), \quad (58)$$

Зокрема, $f(r, \varphi, z) = T_{сер.о} = const$, тобто до моменту нагрівання сонячною радіацією циліндричний канал (його стінка $r = R_2$) знаходився під температурою, яку має його оточує середовище, що ще не нагрівалось.

граничні умови зводяться до наступних:

поверхня $r = R_1$:

$$\frac{\partial}{\partial r} T_c = g_1(\varphi, z, t), \quad (59)$$

де функція $g_1(\varphi, z, t)$ описує тепловий потік, який виникає на стінці каналу $r = R_1$ від поліпропілен/етиленгліколю, з яким вона контактує; поверхня $r = R_2$:

$$\frac{\partial}{\partial r} T_c = g_2(\varphi, z, t), \quad (60)$$

де $g_2(\varphi, z, t)$ має наступний вид:

$$g_2(\varphi, z, t) = \begin{cases} -\sigma \cdot F_1 \cdot T_r^4 / \lambda_{ст.}, & 0 \leq \varphi \leq \pi \\ -\sigma \cdot F_2 \cdot T_r^4 / \lambda_{ст.}, & 0 < \varphi \leq 2\pi \end{cases} \quad (61)$$

поверхня $z = 0$:

$$\frac{\partial T_c}{\partial z} = g_3(r, \varphi, t), \quad (62)$$

де функція $g_3(r, \varphi, t)$ описує у загальному випадку тепловий потік через поверхню $z = 0$ з боку оточуючого її середовища;

поверхня $z = l$:

$$\frac{\partial T_c}{\partial z} = g_4(r, \varphi, t), \quad (63)$$

де функція $g_4(r, \varphi, t)$ описує у загальному випадку тепловий потік через поверхню $z = l$ з боку оточуючого її середовища;

Розв'язок рівняння (2) за умов (58), (59)-(63), має наступний вид [6]:

$$\begin{aligned} T_{ст.}(r, \varphi, z, t) = & \int_0^t \int_0^{2\pi} \int_0^{R_2} f(\xi, \eta, \zeta) \cdot G(r, \varphi, z, \xi, \eta, \zeta, t) \cdot \xi d\xi d\eta d\zeta - \\ & - a_{ст.} \cdot R_1 \int_0^t \int_0^{2\pi} \int_0^l g_1(\eta, \zeta, \tau) \cdot G(r, \varphi, z, R_1, \eta, \zeta, t - \tau) \cdot d\eta d\zeta d\tau + \\ & + a_{ст.} \cdot R_2 \int_0^t \int_0^{2\pi} \int_0^l g_2(\eta, \zeta, \tau) \cdot G(r, \varphi, z, R_2, \eta, \zeta, t - \tau) \cdot d\eta d\zeta d\tau - \\ & - a_{ст.} \int_0^t \int_0^{2\pi} \int_0^{R_1} g_3(\xi, \eta, \tau) \cdot G(r, \varphi, z, \xi, \eta, 0, t - \tau) \cdot \xi d\xi d\eta d\tau + \\ & + a_{ст.} \int_0^t \int_0^{2\pi} \int_0^{R_1} g_4(\xi, \eta, \tau) \cdot G(r, \varphi, z, \xi, \eta, l, t - \tau) \cdot \xi d\xi d\eta d\tau \end{aligned} \quad (64)$$

Тут, у (64), введені наступні позначення для функції Гріна, а також її складових елементів:

$$G(r, \varphi, z, \xi, \eta, \zeta, t) = G_1(r, \varphi, \xi, \eta, t) \cdot G_2(z, \zeta, t), \quad (65)$$

$$G_2(z, \zeta, t) = \frac{1}{l} + \frac{2}{l} \cdot \sum_{n=1}^{\infty} \cos\left(\frac{n\pi z}{l}\right) \cdot \cos\left(\frac{n\pi \zeta}{l}\right) \cdot \exp\left(-\frac{a_{ст.} \cdot n^2 \cdot \pi^2 \cdot t}{l^2}\right), \quad (66)$$

$$G_1(r, \varphi, \xi, \eta, t) = \frac{1}{\pi(R_2^2 - R_1^2)} + \frac{1}{\pi} \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{A_n \cdot \mu_{nm}^2 \cdot Z_n(\mu_{nm} \cdot r) \cdot Z_n(\mu_{nm} \cdot \xi) \cos(n \cdot [\varphi - \eta]) \cdot \exp(-\mu_{nm} \cdot a_{ст.} \cdot t)}{(\mu_{nm}^2 \cdot R_2^2 - n^2) \cdot Z_n^2(\mu_{nm} \cdot R_2) - (\mu_{nm}^2 \cdot R_1^2 - n^2) \cdot Z_n^2(\mu_{nm} \cdot R_1)} \quad (67)$$

$$Z_n(\mu_{nm} \cdot r) = I_n'(\mu_{nm} \cdot R_1) \cdot Y_n(\mu_{nm} \cdot r) - Y_n'(\mu_{nm} \cdot R_1) \cdot I_n(\mu_{nm} \cdot r), \quad (68)$$

де, $A_0=1$, $A_n=2$, при $n= 1, 2, \dots$; $I_n(r)$ та $Y_n(r)$ – функції Бесселя та Вебера n -го порядку від аргументу r ; штрих біля функції означає однократне диференціювання по аргументу функції; μ_{nm} – додатні корені трансцендентного рівняння:

$$I_n'(\mu R_1) \cdot Y_n(\mu R_2) - Y_n'(\mu R_1) \cdot I_n(\mu R_2) = 0 \quad (69)$$

Випадок Б (II задача): Розглядається круговий циліндричний канал скінченної довжини. Задані наступні умови: (58) – початкова, (59)-(61) для поверхонь $\Gamma = R_1$ й $\Gamma = R_2$ й наступні умови (граничні) – для поверхонь $z = 0, z = l$ (це так звані змішані крайові задачі):

$$T_c(r, \varphi, z, t)|_{z=0} = \tilde{g}_3(r, \varphi, t), \quad (70)$$

$$T_c(r, \varphi, z, t)|_{z=l} = \tilde{g}_4(r, \varphi, t), \quad (71)$$

Розв'язок цієї задачі методом функцій Гріна [6] має вид:

$$T_{ст.}(r, \varphi, z, t) = \iiint_{0 \ 0 \ R_1}^{l \ 2\pi \ R_2} f(\xi, \eta, \zeta) \cdot G(r, \varphi, z, \xi, \eta, \zeta, t) \cdot \xi d\xi d\eta d\zeta - a_{ст.} \cdot R_1 \iiint_{0 \ 0 \ 0}^{t \ l \ 2\pi} g_1(\eta, \zeta, \tau) \cdot G(r, \varphi, z, R_1, \eta, \zeta, t - \tau) \cdot d\eta d\zeta d\tau + a_{ст.} \cdot R_2 \iiint_{0 \ 0 \ 0}^{t \ l \ 2\pi} g_2(\eta, \zeta, \tau) \cdot G(r, \varphi, z, R_2, \eta, \zeta, t - \tau) \cdot d\eta d\zeta d\tau + a_{ст.} \iiint_{0 \ 0 \ R_1}^{t \ 2\pi \ R_2} \tilde{g}_3(\xi, \eta, \tau) \cdot \left[\frac{\partial}{\partial \zeta} G(r, \varphi, z, \xi, \eta, \zeta, t - \tau) \right]_{\zeta=0} \cdot \xi d\xi d\eta d\tau - a_{ст.} \iiint_{0 \ 0 \ R_1}^{t \ 2\pi \ R_2} \tilde{g}_4(\xi, \eta, \tau) \cdot \left[\frac{\partial}{\partial \zeta} G(r, \varphi, z, \xi, \eta, \zeta, t - \tau) \right]_{\zeta=l} \cdot \xi d\xi d\eta d\tau \quad (72)$$

Тут, у (72), введені наступні позначення:

$$G(r, \varphi, z, \xi, \eta, \zeta, t) = G_1(r, \varphi, \xi, \eta, t) \cdot G_2(z, \zeta, t). \quad (73)$$

$$G_2(z, \zeta, t) = \frac{2}{l} \cdot \sum_{n=1}^{\infty} \sin\left(\frac{n\pi z}{l}\right) \cdot \sin\left(\frac{n\pi \zeta}{l}\right) \cdot \exp\left(-\frac{a_{ст.} \cdot n^2 \cdot \pi^2 \cdot t}{l^2}\right), \quad (74)$$

$$G_1(r, \varphi, \xi, \eta, t) = \frac{1}{\pi(R_2^2 - R_1^2)} + \frac{1}{\pi} \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{A_n \cdot \mu_{nm}^2 \cdot Z_n(\mu_{nm} \cdot r) \cdot Z_n(\mu_{nm} \cdot \xi) \cos(n \cdot [\varphi - \eta]) \cdot \exp(-\mu_{nm}^2 \cdot a_{ст.} \cdot t)}{(\mu_{nm}^2 \cdot R_2^2 - n^2) \cdot Z_n^2(\mu_{nm} \cdot R_2) - (\mu_{nm}^2 \cdot R_1^2 - n^2) \cdot Z_n^2(\mu_{nm} \cdot R_1)} \quad (75)$$

$$Z_n(\mu_{nm} \cdot r) = I_n'(\mu_{nm} \cdot R_1) \cdot Y_n(\mu_{nm} \cdot r) - Y_n'(\mu_{nm} \cdot R_1) \cdot I_n(\mu_{nm} \cdot r). \quad (76)$$

де, $A_0=1$, $A_n=2$, при $n=1, 2, \dots$; $I_n(r)$ та $Y_n(r)$ – функції Бесселя та Вебера n -го порядку, відповідно; штрих біля вказаних функцій означає однократне диференціювання по аргументу цієї функції; μ_{nm} – додатні корені трансцендентного рівняння:

$$I_n'(\mu R_1) \cdot Y_n(\mu R_2) - Y_n'(\mu R_1) \cdot I_n(\mu R_2) = 0 \quad (77)$$

Отже, для випадків I-ої задачі (А+Б+В+Г+Д) та II-ої задачі (А+Б) у залежності від початкових та граничних умов знайдене поле температур стінок циліндричного каналу. Знаючи це поле $T_{ст.}(r, \varphi, z, t)$ можемо знайти температурне поле пропіленгліколю/етиленгліколю, котрий заповнює циліндричний канал. Знову використаємо метод функцій Гріна [6].

Найбільш загальний випадок щодо розрахунку температурного поля пропіленгліколю/етиленгліколю передбачає наявність теплообміну на поверхнях його контакту зі стінками циліндричного каналу (поверхня $r = R_1$) та з оточуючим середовищем на поверхнях $z = 0$ й $z = l$.

Отже, розглядається круговий циліндр скінченої довжини, тобто $0 \leq r \leq R_1$; $0 \leq z \leq l$; $0 \leq \varphi \leq 2\pi$. Це т.з. третя крайова задача. Треба розв'язати рівняння:

$$\frac{\partial T_{ер}}{\partial t} = a_{ер} \cdot \left[\frac{1}{r} \cdot \frac{\partial}{\partial r} \left(r \cdot \frac{\partial T_{ер}}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \cdot \frac{\partial^2 T_{пер}}{\partial \varphi^2} + \frac{\partial^2 T_{ер}}{\partial z^2} \right], \quad (78)$$

де, $T_{ер}(r, \varphi, z, t)$ – шукане температурне поле пропіленгліколю/етиленгліколю, розміщеного у циліндричному радіусі R_1 ; $a_{ер}$ – коефіцієнт температуропровідності пропіленгліколю/етиленгліколю; вповдовж вісі Oz канал має скінчену довжину l .

На поверхні $r = R_1$ маємо таку граничну умову:

$$-\lambda_{ер} \cdot \frac{\partial}{\partial r} (T_{ер.}) = h_1 \cdot (T_{ер.} - T_{ст.}(r, \varphi, z, t)|_{r=R_1}) \quad (79)$$

де, $\lambda_{ер}$ – коефіцієнт теплопровідності пропіленгліколю/етиленгліколю; h_1 – коефіцієнт тепловіддачі поверхні $r = R_1$; $T_{ст.}(r, \varphi, z, t)|_{r=R_1}$ – температура поверхні $r = R_1$, яка визначена одним з семи способів (5 способів – задача I, 2-способи – задача II), наведених вище. Після нескладних перетворень умову (79) можна подати наступним чином:

$$\frac{\partial}{\partial r} (T_{\text{ер.}}) + \tilde{k}_1 \cdot T_{\text{ер.}} = \tilde{g}_1(\varphi, z, t), \tag{80}$$

де, $\tilde{k}_1 = \frac{h_1}{\lambda_{\text{ер.}}}$; $\tilde{g}_1(\varphi, z, t) = \tilde{k}_1 \cdot T_{\text{ст.}}(r, \varphi, z, t)$.

На поверхні $z = 0$ маємо таку граничну умову:

$$\lambda_{\text{ер.}} \cdot \frac{\partial}{\partial z} (T_{\text{ер.}}) = h_3 (T_{\text{ер.}} - T_{\text{сер.}}(r, \varphi, 0, t)) \tag{81}$$

де, h_3 - коефіцієнт тепловіддачі поверхні $z = 0$; $T_{\text{сер.}}(r, \varphi, 0, t)$ – температурне середовище, яке оточує циліндричний канал у площині $z = 0$ (вважаємо її відомою величиною, котра, зокрема, може дорівнювати деякій константі $\bar{T}_{\text{сер.}}(0) = \bar{T}_{\text{сер.}0}$, тобто температурі, котру досягне це середовище після “сонячного” нагрівання. Умова (81) може бути легко перетворена до наступної:

$$\frac{\partial}{\partial z} (T_{\text{ер.}}) - \tilde{k}_3 \cdot T_{\text{ер.}} = \tilde{g}_3(r, \varphi, t), \text{ при } z = 0, \tag{82}$$

де, $\tilde{k}_3 = \frac{h_3}{\lambda_{\text{пер.}}}$, $\tilde{g}_3(r, \varphi, t) = -\tilde{k}_3 \cdot T_{\text{сер.}}(r, \varphi, 0, t)$.

Аналогічно, для поверхні $z = l$, маємо:

$$\frac{\partial}{\partial z} (T_{\text{ер.}}) + \tilde{k}_4 \cdot T_{\text{ер.}} = \tilde{g}_4(r, \varphi, t), \tag{83}$$

де, $\tilde{k}_4 = \frac{h_4}{\lambda_{\text{ер.}}}$; $\tilde{g}_4(r, \varphi, t) = \tilde{k}_4 \cdot T_{\text{сер.}}(r, \varphi, l, t)$; h_4 – коефіцієнт тепловіддачі поверхні $z = l$.

Початкова умова даної задачі співпадає з (59).

Розв’язок рівняння (78) за початкової умови (59) та граничних умов (81)-(83) має вид [6]:

$$\begin{aligned} T_{\text{ер.}}(r, \varphi, z, t) = & \int_0^l \int_0^{2\pi} \int_0^{R_1} \xi \cdot f(\xi, \eta, \zeta) \cdot G(r, \varphi, z, \xi, \eta, \zeta, t) \cdot d\xi d\eta d\zeta + \\ & + a_{\text{ер.}} \cdot R_1 \int_0^t \int_0^{2\pi} \int_0^{R_1} \tilde{g}_1(\eta, \zeta, \tau) \cdot G(r, \varphi, z, R_1, \eta, \zeta, t - \tau) \cdot d\eta d\zeta d\tau - \\ & - a_{\text{ер.}} \int_0^t \int_0^{2\pi} \int_0^{R_1} \xi \cdot \tilde{g}_3(\xi, \eta, \tau) \cdot G(r, \varphi, z, \xi, \eta, 0, t - \tau) \cdot d\xi d\eta d\tau + \\ & + a_{\text{ер.}} \int_0^t \int_0^{2\pi} \int_0^{R_1} \xi \cdot \tilde{g}_4(\xi, \eta, \tau) \cdot G(r, \varphi, z, \xi, \eta, l, t - \tau) \cdot d\xi d\eta d\tau. \end{aligned} \tag{84}$$

У (84) введені наступні позначення:

$$G(r, \varphi, z, \xi, \eta, \zeta, t) = G_1(r, \varphi, \xi, \eta, t) \cdot G_2(z, \zeta, t). \tag{85}$$

$$G_2(z, \zeta, t) = \sum_{s=1}^{\infty} \frac{h_s(z) \cdot h_s(\zeta)}{\|h_s\|^2} \cdot \exp(-a_{\text{ер.}} \cdot \lambda_s^2 \cdot t), \tag{86}$$

$$\begin{cases} h_s(z) = \cos(\lambda_s \cdot z) + \frac{\tilde{k}_3}{\lambda_s} \cdot \sin(\lambda_s \cdot z), \\ \|h_s\|^2 = \frac{\tilde{k}_4}{2\lambda_s^2} \cdot \frac{(\lambda_s^2 + (\tilde{k}_3)^2)}{(\lambda_s^2 + (\tilde{k}_4)^2)} + \frac{\tilde{k}_3}{2\lambda_s^2} + \frac{l}{2} \cdot \left(1 + \frac{(\tilde{k}_3)^2}{\lambda_s^2}\right), \end{cases} \quad (87)$$

$$G_1(r, \varphi, \xi, \eta, t) = \frac{1}{\pi} \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{A_n \cdot \mu_{nm}^2 \cdot I_n(\mu_{nm} \cdot r) \cdot I_n(\mu_{nm} \cdot \xi) \cos(n \cdot [\varphi - \eta]) \cdot \exp(-\mu_{nm}^2 \cdot a_{\text{ст.}} \cdot t)}{(\mu_{nm}^2 \cdot R_1^2 + (\tilde{k}_1)^2 \cdot R_1^2 - n^2) \cdot [I_n(\mu_{nm} \cdot R_1)]^2} \quad (88)$$

Тут $A_0=1$, $A_n=2$, при $n=1, 2, \dots$; $I_n(\xi)$ – функції Бесселя n -го порядку від аргументу ξ ; μ_{nm} та λ_s – додатні корені трансцендентних рівнянь:

$$\mu \cdot I_n'(\mu R_1) + \tilde{k}_1 \cdot I_n(\mu R_1) = 0 \quad (89)$$

$$\frac{\text{tg}(\lambda l)}{\lambda} = \frac{\tilde{k}_3 + \tilde{k}_4}{(\lambda^2 - \tilde{k}_3 \cdot \tilde{k}_4)} \quad (90)$$

Інші позначення у формулах (85)-(90) введені вище.

Висновки. Розділено розрахунок нагріву теплоносія в сонячному тепловому колекторі на два етапи – нагрів від сонячної енергії стінок теплообмінника (циліндричного каналу) в тепловому сонячному колекторі та нагрів пропіленгліколю/етиленгліколю в теплообміннику (циліндричному каналі). Визначено поля температур стінок теплообмінника (циліндричного каналу) в залежності від різних варіантів початкових та граничних умов. При розрахунку враховано труднощі, пов'язані зі значною нелінійністю граничних умов типу "задане поверхнєве випромінювання". Наведено 7 способів визначення температури стінки каналу, по якому рухається теплоносій в сонячному тепловому колекторі. Для семи випадків у залежності від початкових та граничних умов знайдено поле температур стінок циліндричного каналу. Розв'язки рівнянь виконано аналітично за допомогою функції Гріна.

Бібліографічний список:

1. Любарець О.П., Москвітін А.С. Вибір форми і розрахунок об'єму сезонного теплоакумулятора. Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання. Випуск 20. К.: КНУБА, 2016. С. 24–38.
2. Москвітін А.С. Аналітична модель системи тепlopостачання з геліоколекторами та акумулятором теплоти. Молодий вчений. 2020. №3. С.193-198
3. Любарець О.П., Москвітін А.С. Аналіз конструкцій сезонних теплоакумуляторів для забезпечення систем гарячого водопостачання та опалення в котеджному будівництві. Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання. Випуск 18. К.: КНУБА, 2015. С. 61-69.
4. Любарець О.П., Москвітін А.С. Техніко-економічне обґрунтування використання теплоакумуляуючих матеріалів для систем міжсезонного сонячного тепlopостачання. Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання. Випуск 17. К.: КНУБА, 2014. С.115-119.

5. Askey R.A. Graphs as an aid to understanding special functions. In *Asymptotic and Computational Analysis*. CRC Press. 2020 pp. 3-33.
6. Bellman R. Introduction to the mathematical theory of control processes: Linear equations and quadratic criteria. Elsevier. 2016. 244p.
7. Jeffreys, Harold, and Bertha Swirles Jeffreys. *Methods of mathematical physics*. Cambridge university press. 1999. 718p.
8. Courant Richard, David Hilbert. *Methods of mathematical physics: partial differential equations*. John Wiley & Sons, 2008. 852 p.
9. Bickley W.G. *Bessel functions and formula*. Cambridge: Cambridge univ. press, 1953. 200 p.
10. Bowman, F. *Introduction to Bessel functions*. Courier Corporation. 2012. 137 p.
11. Wyld H.W., Powell, G. *Mathematical methods for physics*. CRC Press. 2020. 476 p.
12. Bateman, H., Erdélyi, A. *Higher transcendental functions, volume II*. Bateman Manuscript Project) Mc Graw-Hill Book Company. 1953. 410 p.
13. Zwillinger D., Jeffrey A., eds. *Table of integrals, series, and products*. Elsevier. 2007. 1200 p.
14. Dwight H.B. *Tables of Integrals and Other Mathematical Data (4th ed.)*. New York: MacMillan. 1961. 336 p.
15. Abramowitz M., Stegun, I. A., eds. *Handbook of mathematical functions with formulas, graphs, and mathematical tables (Vol. 55)*. US Government printing office. 1968. 1046 p.
16. George E. Andrews, Richard Askey, Ranjan Roy. *Special functions*. Vol. 71. Cambridge: Cambridge university press, 1999. 640 p.
17. Temme N.M. *Special functions: An introduction to the classical functions of mathematical physics*. John Wiley & Sons. 1996. 374 p.
18. Luke, Y.L. *Mathematical functions and their approximations*. Academic Press. 2014. 568 p.
19. Hochstadt, H. *The functions of mathematical physics*. Courier Corporation. 2012. 340 p.
20. National Research Council. *Polymer Science and Engineering: The Shifting Research Frontiers*. Washington, DC: The National Academies Press. 1994. 192p. <https://doi.org/10.17226/2307>.

PhD, associate Professor **Chovniuk Yuriy**,
Associate Professor **Cherednichenko Petro**,
PhD, associate Professor **Moskvitina Anna**,
Kyiv National University of Construction and Architecture

ANALYSIS OF PROPYLENE GLYCOL/ETHYLENE GLYCOL HEATING IN THE CYLINDRICAL CHANNEL OF THE SOLAR HEAT COLLECTOR

When designing solar thermal collectors, non-stationary operating conditions of the solar system are considered to determine the instantaneous heat output and temperature of the heat carriers during a given day or period. It is known that the amount of useful heat absorbed by a solar thermal collector is directly dependent on the temperature of the heat carrier at the inlet and outlet of the solar thermal collector. The calculation of the heat consumption and/or storage system also requires the

temperature of the heat carrier at the outlet of the solar collector. The heating of the heat carrier in a solar collector can be divided into two stages: heating of the walls of the heat exchanger (cylindrical channel) in a solar thermal collector by solar energy and heating of propylene glycol/ethylene glycol in the heat exchanger (cylindrical channel) of a solar thermal collector. This paper presents seven methods for determining the temperature field of the walls of the heat exchanger (cylindrical channel) of a solar thermal collector, depending on the initial and boundary conditions. The most general case for calculating the temperature field of propylene glycol/ethylene glycol moving in the heat exchanger of a solar heat collector assumes the presence of heat exchange on the surfaces of its contact with the walls of the cylindrical channel and with the environment. The calculation takes into account the difficulties associated with the significant nonlinearity of boundary conditions of the "given surface radiation" type. That is, it is taken into account that one surface of the heat exchanger channel is turned to solar radiation, and the opposite is turned to the back wall of the solar heat collector. The solution is found analytically using the method of Green's functions.

Keywords: solar thermal collector; heating of a heat carrier in a solar collector; temperature of a heat carrier in a solar collector; temperature of a heat exchanger in a solar collector; field of heat carrier temperatures in a cylindrical channel; propylene glycol; ethylene glycol.

REFERENCE:

1. Lyubarets O.P., Moskvitina A.S. Vybir formy i rozrakhunok ob'yemu sezonnoho akumul'yatora teploty. Ventilation, lighting and heat supply. Vypusk. 20. K.: KNUBA, 2016. P. 24–38. {in Ukrainian}
2. Moskvitina A.S. Analitichna model' systemy teplopostachannya z heliokolektoramy ta akumul'yatorom teploty. Molodyy vchenyy. 2020. №3. P.193-198. {in Ukrainian}
3. Lyubarets O.P., Moskvitina A.S. Analiz konstruktsiy sezonnykh teploakumul'yatoriv dlya zabezpechennya system haryachoho vodopostachannya ta opalennya v kotedzhnomu budivnytstvi. Ventylyatsiya, osvittlennya ta teplohapostachannya.. Vypusk 18. K.: KNUBA, 2015 P. 61-69. {in Ukrainian}
4. Lyubarets' O.P., Moskvitina A.S. Tekhniko-ekonomichne obhruntuvannya vykorystannya teploakumul'slyuyuchykh materialiv dlya system mizhsezonnoho sonyachnoho teplopostachannya. Ventylyatsiya, osvittlennya ta teplohapostachannya. Vypusk 17. K.: KNUBA, 2014. P.115-119. {in Ukrainian}
5. Askey R.A. Graphs as an aid to understanding special functions. In Asymptotic and Computational Analysis. CRC Press. 2020 pp. 3-33. {in English}

6. Bellman R. Introduction to the mathematical theory of control processes: Linear equations and quadratic criteria. Elsevier. 2016. 244 p. {in English}
7. Jeffreys, Harold, and Bertha Swirles Jeffreys. Methods of mathematical physics. Cambridge university press. 1999. 718 p. {in English}
8. Courant Richard, David Hilbert. Methods of mathematical physics: partial differential equations. John Wiley & Sons, 2008. 852 p. {in English}
9. Bickley W.G. Bessel functions and formula. Cambridge: Cambridge univ. press, 1953. 200 p. {in English}
10. Bowman, F. Introduction to Bessel functions. Courier Corporation. 2012. 137 p. {in English}
11. Wyld H.W., Powell, G. Mathematical methods for physics. CRC Press. 2020. 476 p. {in English}
12. Bateman, H., Erdélyi, A. Higher transcendental functions, volume II. Bateman Manuscript Project) Mc Graw-Hill Book Company. 1953. 410 p. {in English}
13. Zwillinger D., Jeffrey A., eds. Table of integrals, series, and products. Elsevier. 2007. 1200 p. {in English}
14. Dwight H.B. Tables of Integrals and Other Mathematical Data (4th ed.). New York: MacMillan. 1961. 336 p. {in English}
15. Abramowitz M., Stegun, I. A., eds. Handbook of mathematical functions with formulas, graphs, and mathematical tables (Vol. 55). US Government printing office. 1968. 1046 p. {in English}
16. George E. Andrews, Richard Askey, Ranjan Roy. Special functions. Vol. 71. Cambridge: Cambridge university press, 1999. 640 p. {in English}
17. Temme N.M. Special functions: An introduction to the classical functions of mathematical physics. John Wiley & Sons. 1996. 374 p. {in English}
18. Luke, Y.L. Mathematical functions and their approximations. Academic Press. 2014. 568 p. {in English}
19. Hochstadt, H. The functions of mathematical physics. Courier Corporation. 2012. 340 p. {in English}
20. National Research Council. Polymer Science and Engineering: The Shifting Research Frontiers. Washington, DC: The National Academies Press. 1994. 192 p. <https://doi.org/10.17226/2307>. {in English}

DOI: 10.32347/2076-815x.2024.86.388-396

УДК 528.48

к.т.н., доцент Дем'яненко Р.А.,

legend.geodesy@gmail.com, ORCID 0000-0002-5405-3840,

д.т.н., професор Анненков А.О.,

annenkov.ao@knuba.edu.ua, ORCID 0000-0002-3618-5399,

Бондар С.А.,

bondar.sa@knuba.edu.ua, ORCID 0000-0002-9378-6588,

к.т.н., професор Кузьмич О.Й.,

kuzmych.oy@knuba.edu.u, ORCID 0000-0003-1762-6344,

Циколенко О.В.,

tsykolenko.ov@knuba.edu.ua, ORCID 0000-0001-9231-8400,

Київський національний університет будівництва і архітектури

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ЗОВНІШНІХ ФАКТОРІВ НА ДЕФОРМАЦІЇ ВИСОТНИХ СПОРУД В ПРОЦЕСІ ЇХ БУДІВНИЦТВА ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ

При будівництві та експлуатації висотних споруд їх вертикальна вісь змінює своє положення в просторі. Чим вища споруда, тим більша амплітуда коливання. Це викликає проблеми геодезичного забезпечення будівництва та необхідність моніторингу деформацій під час експлуатації висотних споруд. В статті розглянуто та проаналізовано вплив зовнішніх сил на зміну геометрії висотної споруди та акцентовано увагу на вирішенні наукової проблеми геодезичного забезпечення будівництва та експлуатації сучасних висотних споруд в умовах динамічних навантажень.

Ключові слова: висотне будівництво; вертикальна вісь споруди; деформації висотної споруди; осідання; крен; вигин; сила вітру; сонячна радіація; температурні деформації.

Постановка проблеми. В сучасних умовах розвитку мегаполісів широке застосування має будівництво висотних будівель які використовуються для громадських потреб. Сучасне місто повинно мати своє унікальне обличчя, одним з елементів якого є сучасна архітектура, яка вже не існує без висотних будівель. Сучасні висотні будівлі сягають висот в сотні метрів. По мірі їх зведення, а в подальшому і експлуатації на споруду діють температурні коливання, які виникають в результаті нерівномірного прогрівання конструкцій сонячними променями та сила вітру, що в результаті викликають відхилення вертикальної осі висотної споруди від вертикальної лінії вздовж якої діє сила тяжіння. Дослідження впливу зовнішніх факторів на геометрію висотної

споруди дозволить вирішити наукову проблему геодезичного забезпечення будівництва та експлуатації висотних споруд. Тому, актуальним є розробка сучасних технологій та методів геодезичного забезпечення будівництва і моніторингу за деформаційними процесами, які можуть виникати під час експлуатації висотних споруд.

Аналіз досліджень і публікацій. Згідно з [1] приведено класифікацію висотних споруд, яка використовується в Світі, окрім того, в [2] наводяться типи баштових споруд та їх конструктивні особливості. Слід зазначити, що в [2] абсолютно відсутні висотні споруди громадського призначення, так звані «небосхили». Автором детально розглянуто вплив зовнішніх факторів на зміну геометрії баштових споруд, наведено формули з теоретичної механіки для моделювання зміни їх геометрії але, на жаль, не достатньо приділено увагу сучасним методам та технологіям геодезичного забезпечення при будівництві та моніторингу геометричних параметрів висотних споруд, а саме технологіям з використанням електронних тахеометрів та ГНСС. Автор згадує лише методи геометричного нівелювання для визначення осідань та кутові вимірювання за допомогою теодолітів. Питання геодезичного контролю зведення споруд розглядаються багатьма науковцями, зокрема в [3, 4, 5, 6].

Формулювання цілей. Традиційно, під час будівництва, висотну споруду вважали статичним об'єктом і коли мова йшла про відхилення геометрії споруди від проектних значень, то мали на увазі відхилення викликані похибками виконання геодезичних робіт, точності виготовлення конструкцій та точності монтажних робіт. Але висотні будівлі і споруди - це динамічні об'єкти, які під впливом таких зовнішніх сил, як сонячна радіація (температурні коливання) та вітрові навантаження, змінюють своє положення в просторі, тобто їх вертикальна вісь відхиляється від вертикальної лінії вздовж якої направлена сила тяжіння. Таким чином, висотна споруда має не просто крен, який традиційно визначався, а ще й вигин вертикальної осі споруди та кручення. Ці деформації ніяким чином не пов'язані з похибками виконання геодезичних чи монтажних робіт. Тому, як на стадії будівництва, так і на стадії експлуатації потрібно знати всі зміни в геометрії споруди, розуміти причини їх виникнення та їх природу.

Основна частина. Висотні споруди або будівлі – це вільно встановлені конструкції, закріплені в основі засобами власного фундаменту. Особливістю таких споруд є значне перевищення їх висоти над розмірами в плані.

Будь-які споруди, в процесі експлуатації, піддаються впливу зовнішніх сил, які викликають їх деформацію. Як правило, якщо мова йде про будівлі чи споруди, які не є висотними, то основні деформації пов'язані із зміною

положення по висоті або в плані, наслідком чого є поява тріщин в будівельних конструкціях.

Для кращого розуміння процесу деформації, яка виникає під дією сил, слід дати визначення цієї фізичної величини та привести перелік сил, які можуть діяти на висотну споруду та викликати її деформацію.

Отже, сила – це міра взаємодії двох тіл. В нашому випадку за перше тіло ми беремо висотну будівлю, а друге тіло – це зовнішнє середовище.

Подивимось на висотну будівлю через призму теоретичної механіки. Якщо висотну будівлю прийняти за тверде тіло, а згідно з механікою твердих тіл, твердими тілами називають тіла, які не змінюють своїх розмірів та форми, то така будівля не повинна змінювати свої розміри та форму. Але абсолютно твердих тіл в природі не існує, тому під дією сили в тілах виникають деформації. В залежності від напрямку дії сили та точки її прикладання і маємо виникнення змін в геометричних параметрах цих споруд.

Традиційно, в геодезії, відхилення геометрії споруд від проектних розмірів ми пов'язували з точністю геодезичних розмічувальних робіт, монтажних робіт та точності виготовлення конструкцій. Але в цій системі не вистачає впливу зовнішніх сил таких як вітер, температура. Які при збільшенні висоти суттєво впливають на зміну геометричних параметрів висотних будівель.

Отже, слід розібрати сили та деформації які виникають у висотних спорудах під їх дією. Деформація – це переміщення точок тіла в просторі. Згідно з [2] в будівельній механіці під переміщенням розуміють лінійні відхилення точок конструкції, кути повороту перерізів і їх комбінації під впливом силових навантажень. Тобто, переміщення – це вектор, який з'єднує положення точки на початку та в кінці переміщення протягом певного проміжку часу, напрямком якого співпадає з хордою траєкторії точки.

Наша задача - розділити поняття «відхилення» на дві складові частини, а саме: перша – це відхилення під час зведення споруд, які пов'язані з точністю, про що згадувалось вище; друга – вплив зовнішніх сил.

Таким чином, якщо уявити, що споруда будується з абсолютною точністю, то вона не матиме відхилень, але в процесі будівництва на споруду буде діяти наприклад, сила вітру, яка буде викликати відхилення осі споруди від вертикалі, що не можна не враховувати від час виконання детальних розмічувальних робіт.

Тому важливим є вивчення та детальний аналіз зовнішніх сил які діють на споруду в процесі як її зведення, так і експлуатації для визначення деформацій для попередження аварійних станів та руйнування висотних споруд.

Традиційно, щодо висотних споруд, при визначенні їх деформацій ми говорили про осідання і крен. Осідання могло бути рівномірним або

нерівномірним. Результатом нерівномірного осідання є крен. Тобто, в даному випадку мова іде про поведінку абсолютно твердого тіла але, як було зазначено раніше, в природі не буває абсолютно твердих тіл, тому додатково в споруді може виникати прогин осі споруди.

За даних умов ми розділяємо поняття крену та прогину висотної споруди. Під креном ми розуміємо процес деформації ґрунтової основи викликаний нерівномірністю осідання фундаментів і, як наслідок, нахилу вертикальної осі споруди.

Отже, як ми бачимо, зовнішні сили які діють на споруду викликають і різні види деформацій. Таким чином, ми виділяємо наступні основні сили які необхідно враховувати під час будівництва і експлуатації висотних споруд для визначення їх деформації: температура; сила вітру; сила тяжіння.

Вплив температури. Згідно молекулярно-кінетичної теорії будови речовин, будь-яка речовина складається з молекул, які знаходяться на певній відстані одна від одної. Молекули перебувають в хаотичному русі (тепловий рух) та постійно взаємодіють між собою притягуючись та відштовхуючись. Чим вища температура тіла, тим швидше рухаються молекули, тим самим збільшується середня відстань між ними і, відповідно, збільшується об'єм тіла. І навпаки, зі зниженням температури тіла рух частинок стає повільнішим, міжмолекулярні проміжки зменшуються і, відповідно, зменшується об'єм тіла. Таким чином, маємо залежність розмірів тіл від зміни температури.

Тепер слід розібрати як зміна температури впливає на зміну геометричних розмірів висотної споруди. Якщо висотну споруду змодельовати у вигляді прямокутника, то при зміні температури його розміри будуть змінюватись пропорційно, як по вертикалі, так і в плані (рис. 1).

$$\Delta h = H' - H = \alpha_t \cdot H \cdot \Delta t, \quad (1)$$

$$\Delta s = S' - S = \alpha_t \cdot S \cdot \Delta t, \quad (2)$$

де Δh , Δs – зміна розмірів споруди по висоті та в плані,

α_t – коефіцієнт пропорційності (тепловий коефіцієнт розширення матеріалу).

$\Delta t = t_2 - t_1$ – різниця початкової та кінцевої температур.

При будівництві висотних споруд несучі конструкції, в основному, виготовляються з залізобетону.

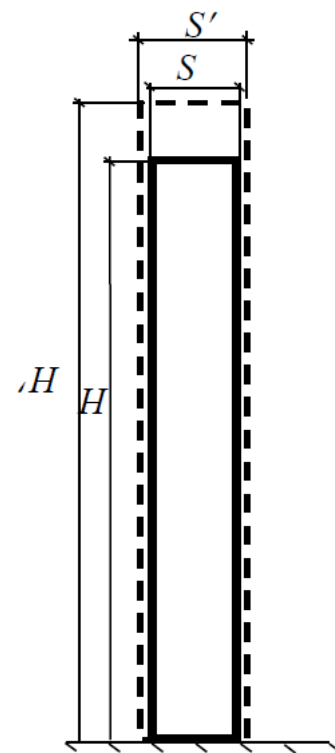


Рис. 1. Зміна розмірів споруди при зміні температур

Згідно з таблицею значень коефіцієнтів теплового розширення деяких матеріалів маємо:

- бетон $\alpha_t = 12 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
- залізо $\alpha_t = 11.1 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

Як бачимо, коефіцієнти теплового розширення для заліза та бетону майже рівні. Тому, виконаємо розрахунок теплового розширення висотної споруди виготовленої з залізобетонних конструкцій у відповідності з формулами (1), (2), дані розмістимо в таблиці 1 та представимо у вигляді графіку (рис. 2).

Таблиця 1

матеріал	$\alpha_t \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	$t_2, \text{ } ^\circ\text{C}$	$t_1, \text{ } ^\circ\text{C}$	$H, \text{ м}$	$Dh, \text{ мм}$
залізобетон	1.20E-05	50	20	100	36
	1.20E-05	50	20	200	72
	1.20E-05	50	20	300	108
	1.20E-05	50	20	400	144
	1.20E-05	50	20	500	180

При розрахунку температурного розширення було взято $t_2=50^\circ\text{C}$ $t_1=20^\circ\text{C}$, що цілком реально з точки зору умов експлуатації споруди.

З розрахунків видно, що при висоті споруди в 100 м при перепаді температур в $30 \text{ } ^\circ\text{C}$ теплове розширення складатиме 36 мм, а при висоті споруди в 500 м теплове розширення складатиме 180 мм, що значно перевищує допустиму точність передачі відмітки на монтажний горизонт згідно з ДБН В.1.3-2:2010 «Геодезичні роботи в будівництві», що для першого класу точності споруд складає $m=(2 + 10 H)\text{мм} = 2+10 \cdot 1=12\text{мм}$ для висоти 100 м та 52 мм для висоти в 500м.

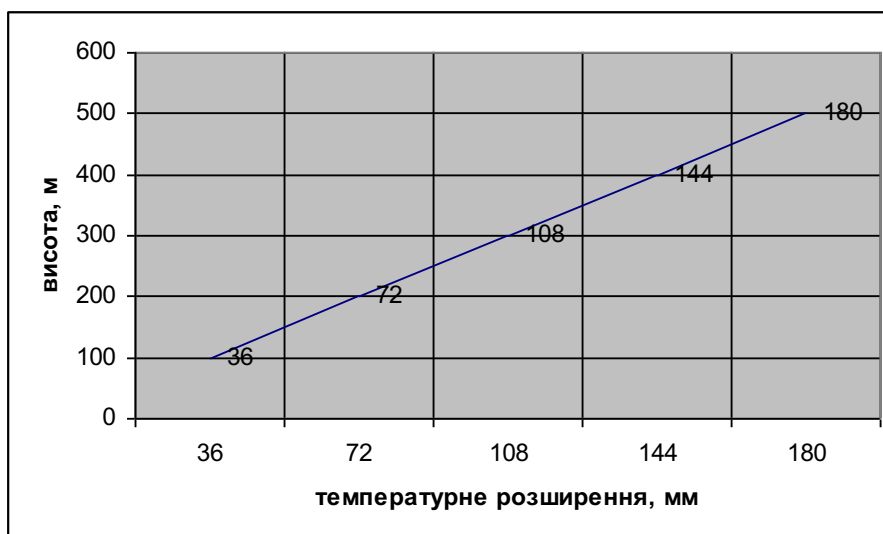


Рис. 2. Температурне розширення залізобетону в залежності від висоти.

При цьому, все вище викладене стосується рівномірного температурного розширення всієї будівлі, що викликає її рівномірне збільшення у розмірах.

А тепер, на вплив температури, слід поглянути з точки зору реальних умов експлуатації або будівництва, при яких, відбувається нерівномірний прогрів будівельних конструкцій. Тобто, частина конструкцій буде знаходитись в тіні і їх температура буде нижча за конструкції, які будуть знаходитись під впливом сонячного опромінення, температура яких буде значно вищою. Таким чином, споруда буде деформуватись в результаті нерівномірного теплового розширення, тобто буде вигинатись.

Таким чином, можна зробити висновок про те, що при геодезичному забезпеченні будівництва та експлуатації висотних споруд слід враховувати зміни температурного режиму будівельних конструкцій в зв'язку із значними абсолютними величинами змін геометричних розмірів споруди в результаті теплового розширення, які значно перевищують точність регламентовану нормативним документом .

Вплив сили вітру. Аналогічно до впливу сонячної радіації на висотну споруду буде діяти і сила вітру, яка також викликатиме прогин осі споруди. Як відомо, сила вітру порівняно з температурним впливом матиме значно більший вплив на споруду.

Під дією сили вітру вісь споруди матиме прогин, абсолютне значення якого, буде залежати від швидкості вітру, висоти та форми споруди на яку він буде діяти спричиняючи тиск на її поверхню.

В [2] приведено таблицю зі шкалою Бофорта. Швидкість вітру визначена на висоту 10 м, що використовується для потреб будівництва (табл.2).

Таблиця 2

Характер вітру	Відмінна ознака	Сила вітру в балах	Тиск, Па	Швидкість вітру, м/с
Штиль	Дим піднімається вертикально	0	0	0
Тихий	Дим відхиляється	1	0,61	0,6-1,7
Легкий	Рух вітру відчувається обличчям	2	2,5-5,6	1,8-3,3
Слабкий	Рухаються листя	3	10-15	3,4-5,2
Помірний	Рухаються тоненькі гілки	4	22-40	5,3-7,4
Свіжий	Коливаються середні гілки	5	50-62	7,5-9,8
Сильний	Коливаються великі гілки	6	75-105	9,9-14,4
Міцний	Коливаються стовбури невеликих дерев	7	123-180	14,5-15,2
Дуже міцний	Ламає гілки, затримує людей	8	200-250	15,3-18,2
Шторм	Зриває дах, ламає дерева	9	276-306	18,3-21,5

Згідно з [2], швидкість вітру змінюється з висотою, тому до висоти 500-800 м вона збільшується на 70-100% відносно швидкості вітру безпосередньо біля поверхні землі. Окрім того, змінюється і його напрямок.

В [2] приведено формули з теоретичної механіки для розрахунку переміщення вільного кінця баштової споруди (в загальному випадку – стрижня консольного типу) від вітрового навантаження. В даному випадку приведені формули дозволяють визначити прогин осі висотної споруди від вітрового навантаження, тим самим демонструючи, що висотна споруда не є абсолютно твердим тілом і має декілька ступенів свободи. Таким чином, як під час будівництва, так і під час експлуатації таких споруд цей фактор потрібно враховувати, а не обмежуватись лише осіданням та креном. При цьому, автор говорячи про комплекс геодезичних робіт по визначенню просторового положення осі споруди зазначає лише про комплекс кутових вимірювань.

Висновки. Сучасні тенденції розвитку мегаполісів вимагають застосування нестандартних архітектурних та технічних рішень при проектуванні та будівництві будівель та споруд. Невід’ємною складовою сучасного міста є висотні будівлі та споруди. Висота в сотні метрів та вплив зовнішніх сил викликають зміни в геометрії висотних споруд, що ускладнює технології будівництва, унеможлиблює застосування класичних методів геодезичного забезпечення їх зведення. Тому, актуальним є дослідження факторів які впливають на зміни в геометрії висотної споруди та розробку сучасних технологій та методів геодезичного контролю, що дозволить вирішити наукову проблему геодезичного забезпечення зведення висотних споруд в сучасних умовах.

Список літератури:

1. Анненков А.О., Дем’яненко Р.А., Куліченко Н. Геодезичний моніторинг будівель, пошкоджених внаслідок військових дій, з використанням BIM-технологій. *Збірник наукових праць “Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва”* Випуск 2(46), 2023, стор.85-94 www.doi.org/10.33841/1819-1339-2-46-85-94.
2. Бикташев М.Д. Башенные сооружения. Инженерный анализ осадки, крена и общей устойчивости положения / Учебное пособие: М. Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. – 376 с.
3. Shults, R., Annenkov, A. BIM and UAV photogrammetry for spatial structures sustainability inventory. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS*, 2023, 48(5/W2-2023), P. 99–104. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-5-W2-2023-99-2023>.

4. Медведський Ю.В., Анненков А.О., Ісаєв О.П., Дем'яненко Р.А. Автоматизація геодезичного моніторингу висотних споруд. *Містобудування та територіальне планування*. 2022. Вип. 57. С. 244-253. DOI: 10.32347/2076-815x.2022.81.244-253.

5. Анненков А.О., Дем'яненко Р.А., Ісаєв О.П., Бондар С.А. Сучасний стан проблеми геодезичного моніторингу будівель та споруд із застосуванням ГНСС-технологій. *II Международная научно-практическая конференция «MODERN TRENDS OF SCIENTIFIC DEVELOPMENT»*, Ванкувер, Канада 18-21 января. С. 447-450. DOI: 10.46299/ISG.2022.I.II.

6. Кузьмич О.Й., Лапицький І.В., Анненков А.О., Дем'яненко Р.А. Вдосконалення точності визначення подовженого зсуву мостових переходів/ *Society and science. Problems and prospects. Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference*. London, England. 2022. Pp. 593-597. Available at: DOI: 10.46299/ISG.2022.I.III.

Ph.D., Associate Professor. **Demyanenko Roman**

Dr. of Engineering, Professor **Annenkov Andriy**,

Assistant **Bondar Svitlana**

Ph.D., Professor **Kuzmych Oleksandr**,

Assistant **Tsykolenko Olena**,

Kyiv National University of Construction and Architecture

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF EXTERNAL FACTORS ON THE DEFORMATION OF HIGH-RISE BUILDINGS IN THE PROCESS OF THEIR CONSTRUCTION AND OPERATION

During the construction and operation of high-rise buildings, their vertical axis changes its position in space. The greater the height of the structure, the greater the amplitude of oscillations. This causes problems of geodetic construction support and the need to monitor deformations during the operation of high-rise structures. In real conditions, part of the structures will be in the shade and their temperature will be lower than the structures that will be under the influence of solar radiation, the temperature of which will be much higher. Thus, the building will deform as a result of uneven thermal expansion, that is, it will bend. From DBN B.1.3-2:2010 "Geodesic works in construction". Also, during the geodetic provision of the construction and operation of high-rise buildings, changes in the temperature regime of building structures should be taken into account in connection with significant absolute values of changes in the geometric dimensions of the building as a result of thermal expansion, which significantly exceed the accuracy regulated by the

regulatory document. The article examines and analyzes the influence of external forces on changes in the geometry of high-rise structures and focuses attention on solving the scientific problem of geodetic support for the construction and operation of modern high-rise structures under dynamic loads.

Keywords: high-rise construction; vertical axis of the structure; deformation of the high-rise structure; subsidence; tilt; bending; wind force; solar radiation; temperature deformations.

REFERENCES

1. Annenkov A.O., Demianenko R.A., Kulichenko N. Heodezychnyi monitorynh budivel, poshkodzhenykh vnaslidok viiskovykh dii, z vykorystanniam VIM-tekhnologii. Zbirnyk naukovykh prats "Suchasni dosiahnennia heodezychnoi nauky ta vyrobnytstva" Vypusk 2(46), 2023, stor.85-94 www.doi.org/10.33841/1819-1339-2-46-85-94. {in Ukrainian}
2. Byktashev M.D. Bashennyye sooruzheniya. Ynzhenernyyi analiz osadky, krena y obshchei ustoichyvosty polozheniya / Uchebnoe posobyе: M. Yzdatelstvo Assotsyatsyy stroitelnykh vuzov, 2006 – 376 s. {in Russia}
3. Shults, R., Annenkov, A. BIM and UAV photogrammetry for spatial structures sustainability inventory. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS*, 2023, 48(5/W2-2023), P. 99–104. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-5-W2-2023-99-2023>. {in English}.
4. Medvedskyi Yu.V., Annenkov A.O., Isaiev O.P., Demianenko R.A. Avtomatyzatsiia heodezychnoho monitorynhu vysotnykh sporud. Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia. 2022. Vyp. 57. S. 244-253. DOI: 10.32347/2076-815x.2022.81.244-253. {in Ukrainian}
5. Annenkov A.O., Demianenko R.A., Isaiev O.P., Bondar S.A. Suchasnyi stan problemy heodezychnoho monitorynhu budivel ta sporud iz zastosuvanniam HNSS-tekhnologii. II Mezhdunarodnaia nauchno-praktycheskaia konferentsyia «MODERN TRENDS OF SCIENTIFIC DEVELOPMENT», Vankuver, Kanada 18-21 yanvaria. S. 447-450. DOI: 10.46299/ISG.2022.I.II. {in Ukrainian}
6. Kuzmych O.I., Lapytskyi I.V., Annenkov A.O., Demianenko R.A. Vdoskonalennia tochnosti vyznachennia podovzhenoho zsuvu mostovykh perekhodiv/ Society and science. Problems and prospects. Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference. London, England. 2022. Pp. 593-597. Available at: DOI: 10.46299/ISG.2022.I.III. {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2076-815x.2024.86.397-410

УДК 528.4

д.т.н., професор **Карпінський Ю.О.**,
karpinskyi.iuo@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-0701-1277,
Кінь Д.О., kin.do@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-0185-2534,
Київський національний університет будівництва та архітектури,
к. т. н. **Куриляк І.С.**, igork1955@ukr.net, ORCID: 0009-0001-2185-6508,
Науково-дослідний інститут геодезії і картографії,
Ротачов Н.Ю., rotachov_ny@knuba.edu.ua, ORCID: 0009-0007-7870-7451,
Київський національний університет будівництва та архітектури

МЕТОДИКА ТРАНСФОРМУВАННЯ КООРДИНАТ З АРХІВНОЇ СИСТЕМИ (ВАРАШ-42) У ДІЮЧУ (МСК-56) ЗА ДОПОМОГОЮ QGIS

Запропоновано методику трансформування координат з архівної системи координат у діючу за допомогою афінного трансформування методом скінчених елементів у геоінформаційному середовищі QGIS з використанням трансформаційного поля у форматі NTV2. Для реалізації методики визначено схему трансформування координат точок. Було досліджено та реалізовано методику інтегрування трансформаційного поля у геоінформаційне середовище QGIS. Авторами досліджено трансформування координат на територію м. Вараш, Рівненської області та визначено точність одержаних результатів, яка становить у межах допуску.

Розроблена методика дозволяє трансформувати координати з архівних систем координат у чинні, які похідні від УСК-2000, та використовувати ці опрацьовані геопросторові дані у топографо-геодезичній, картографічній, землевпорядній, мітобудівній та в інших сферах діяльності, а також забезпечити дотримання одної із вимог сумісності та інтероперабельності геопросторових даних: системи координат, в якій подаються координатні описи геопросторових об'єктів.

Ключові слова: референц-еліпсоїд; трансформування координат; ГІС, трансформаційне поле, опрацювання геопросторових даних; геодезія; Державна геодезична мережа; Ntv2.

Постановка проблеми. Постанова Кабінету Міністрів України від 22 вересня 2004 року № 1259 «Деякі питання застосування геодезичної референцної системи координат» та наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України від 10 листопада 2021 року №347 «Про затвердження технічних вимог до геопросторових даних, метаданих і геоінформаційних сервісів національної інфраструктури геопросторових даних» [1–4] визначають

обов'язковість використання УСК-2000 з метою забезпечення сумісності геопросторових даних в геоінформаційних системах. Водночас більшість архівних топографо-геодезичних, картографічних, землепорядних і містобудівних матеріалів та документацій були створені у архівних системах координат, наприклад, СК-42 або СК-63, або похідних від них місцевих систем координат. Однією із важливих вимог сумісності та інтероперабельності геопросторових даних є використання єдиної чинної системи координат, тому для дотримання цього положення необхідно застосовувати сервіси та методи трансформування, які дозволяють з максимальною точністю трансформувати координати в УСК-2000.

Для виконання топографо-геодезичних робіт на об'єкті дослідження використовувались такі системи координат:

– архівні системи координат:

1) МСК (Вараш-42) – місцева система координат м. Вараш, яка утворена від СК-42;

2) СК-42 – державна система координат колишнього Радянського Союзу.

– чинні системи координат

1) МСК-56 – місцева система координат Рівненської області, яка утворена від УСК-2000;

2) УСК-2000 – державна геодезична референц система координат України.

На початку було виконано перевірку наявності описів систем координат у міжнародному репозиторію систем координат EPSG, оскільки він використовується практично у будь-якому геоінформаційному середовищі.

Встановлено, що в бібліотеці опису систем координат PROJ.4 присутні такі системи координат:

- СК-42_BL - EPSG 4284;
- СК-42_xy /Gauss Kruger zone 5 - EPSG 28405;
- УСК-2000_BL - EPSG 5561;
- МСК-56_xy /Gauss Kruger - EPSG 9855.

Відсутній опис місцевої системи координат м. Вараш та його зв'язку з СК-42 та опис зв'язку СК-42 з УСК-2000 через трансформаційне поле NTv2.

Аналіз досліджень та публікацій по темі дослідження. У роботах проаналізовано основні методи трансформування, розглянуто доцільність їх використання для різних завдань (топографо-геодезичній, картографічній, землепорядній та містобудівній діяльності) [5 – 21]. Науковці зазначили, що доцільним є застосування афінного трансформування методом скінченних елементів.

У статті [8] проаналізовано основні вимоги щодо трансформування та фактори, які впливають на його якість та описано створення трансформаційного поля за допомогою TIN- та GRID-моделей.

Автори зазначають, що якість трансформування координат залежить від наступних факторів [6 – 8]:

- щільність суміщених опорних точок;
- точність визначення координат опорних точок;
- просторове розміщення опорних точок;
- метод трансформування.

У роботі [6 – 8] обґрунтовано використання афінного трансформування методом скінченних елементів. Цей метод локалізує спотворення геодезичних мереж, заданих менш точними пунктами, при переході до систем координат, заданої більш точними координатами, завдяки чому забезпечує вищу точність, порівняно з іншими методами [6 – 8].

Метою роботи є розроблення методики трансформування координат з архівної системи у діючу в Україні за допомогою GRID-моделі трансформаційного поля у вигляді формату NTv2 та програмного забезпечення QGIS на прикладі систем координат Вараш-42, похідну від СК-42, та МСК-56, похідну від УСК-2000.

Виклад основного змісту дослідження. Для дослідження трансформування координат з архівної системи (ВАРАШ-42) у діючу (МСК-56) у геоінформаційному середовищі було використано трансформаційне поле державного підприємства «Науково-дослідного інституту геодезії і картографії» для афінного трансформування методом скінченних елементів. Трансформаційне поле побудовано у вигляді прямокутної сітки кроком 200 x 200 метрів в лінійній мірі (поправки у вузлах сітки даються в лінійній мірі). Для побудови трансформаційного поля сформовано такий порядок:

- побудова TIN-моделі;
- визначення розміру GRID сітки на територію об'єкту;
- побудова регулярної сітки GRID;
- визначення значень поправок в координати у вузлах сітки методом інтерполяції;
- перевірка точності побудови GRID-моделі.

Побудова GRID-моделі виконана в три етапи:

- побудова трансформаційного поля у вигляді TIN-моделі (розбивка території міста на окремі трикутники, вершинами яких виступають суміщені геодезичні пункти);
- побудова регулярної сітки кроком 200 x 200 метрів;
- визначення поправок (інтерполяція) у координати вузлів сітки.

Регулярна сітка кроком 200 x 200 метрів побудована засобами геоінформаційної системи MapInfo. Число комірок 60 (по осі ординат) x 53 (по осі абсцис). Методика призначена для забезпечення трансформування shape-файлів та растрів із Місцевої (Вараш-42) до МСК-56 в межах дії трансформаційного поля. Розміри трансформаційного поля наведені в таблиці 1. Схема трансформування координат точок від існуючої місцевої системи координат об'єкту, утвореної від СК-42 до МСК-56, утвореної від УСК-2000 наведена на рис. 1 і представляє собою строгу послідовність перетворень та трансформувань координат точок.

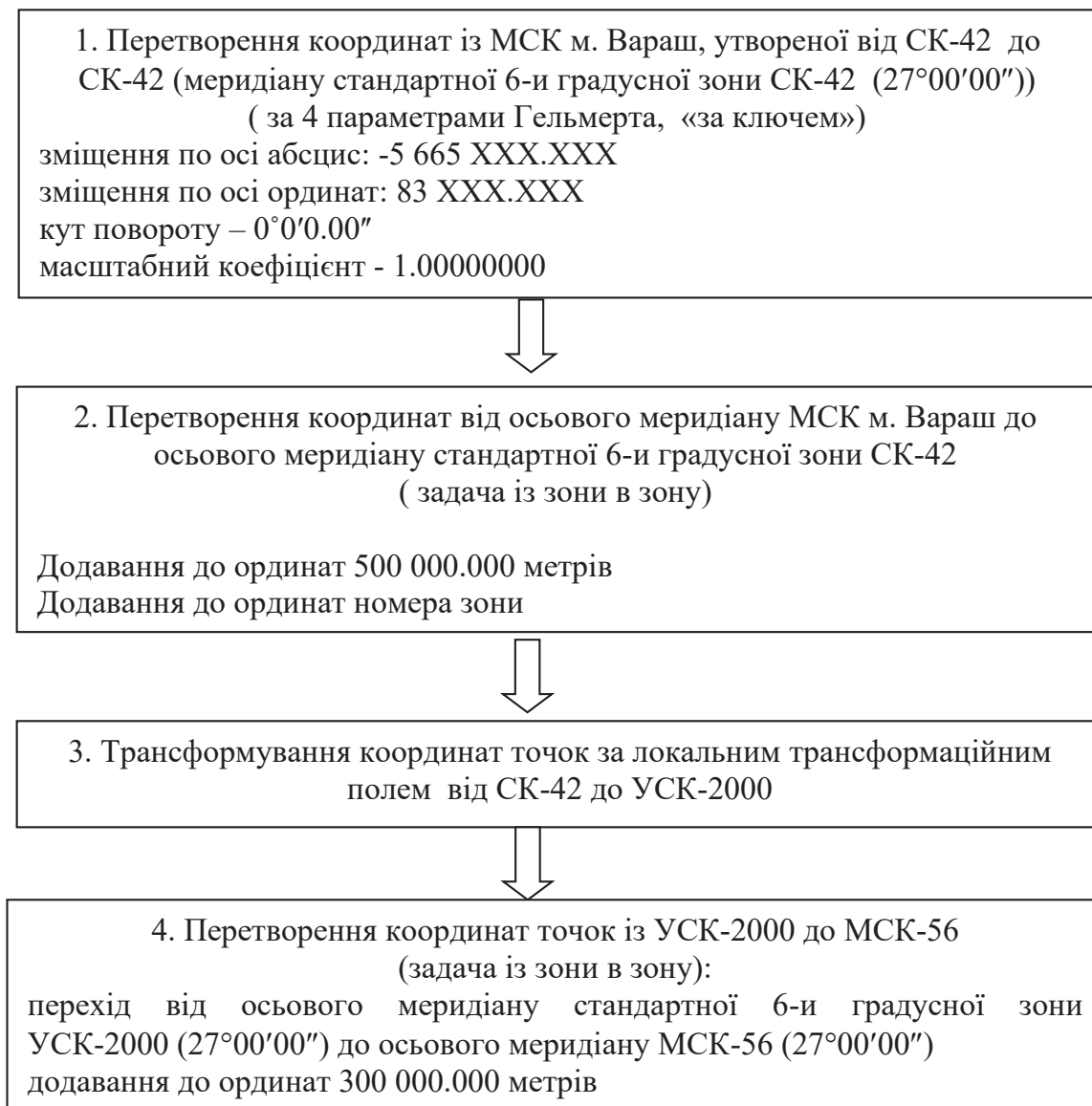


Рис. 1. Схема трансформування координат точок.

Трансформування координат точок із системи координат СК-42 / ВЛ у систему координат УСК-2000 / ВЛ виконується за формулою (1):

$$\begin{aligned} B_{УСК-2000} &= B_{СК-42} + \Delta B/3600; \\ L_{УСК-2000} &= L_{СК-42} + \Delta L/3600, \end{aligned} \tag{1}$$

де $B_{УСК-2000}$ – геодезична координата B точки в системі координат УСК-2000 / ВL в градусах;

$L_{УСК-2000}$ – геодезична координата L точки в системі координат УСК-2000/ ВL в градусах;

$B_{СК-42}$ – геодезична координата B точки в системі координат СК-42 / ВL у градусах;

$L_{СК-42}$ – геодезична координата L точки в системі координат СК-42 / ВL у градусах;

$\Delta B, \Delta L$ – поправки із трансформаційного поля, виражені у секундах.

Таблиця 1

Розміри трансформаційного поля в кутовій мірі

Назва кута поля	В	L
пн.-зх	51° 22' 40.000"	25° 50' 00.000"
пн.-сх.	51° 22' 40.000"	26° 0' 20.000"
пд.-сх	51° 17' 00.000"	26° 0' 20.000"
пд.-зх.	51° 17' 00.000"	25° 50' 00.000"

Контроль виконання трансформації координат здійснено по контрольних точках за формулою (2):

$$\begin{aligned} \Delta X &= X_{t(УСК-2000)} - X_{УСК-2000}, \\ \Delta Y &= Y_{t(УСК-2000)} - Y_{УСК-2000} \end{aligned} \tag{2}$$

де $X_{t(УСК-2000)}, Y_{t(УСК-2000)}$ – координати геодезичних пунктів отримані шляхом трансформації по побудованому трансформаційному полю;

$X_{УСК-2000}, Y_{УСК-2000}$ – контрольні значення координат геодезичних пунктів отриманих з супутникових геодезичних спостережень та вирівнювання міської геодезичної мережі в 2023 році.

Трансформаційне поле в межах території м. Вараш (рис. 2) передбачає трансформування координат від геодезичних В, L в системі координат СК-42 до геодезичних координат В, L в системі координат УСК-2000, проте функціонал QGIS дозволяє виконати трансформування від прямокутних координат в проекції Гаусса-Крюгера СК-42 у прямокутні координати в проекції Гаусса-Крюгера УСК-2000, з використанням трансформаційного поля

NTv2 (рис. 3). Потім було виконано перетворення координат у з прямокутних координат в проекції УСК-2000 в місцеву систему координат МСК-56, похідну від системи координат УСК-2000 та виконано оцінку точності результатів (рис. 4, рис. 5). Середня квадратична похибка трансформування координат точок, яка визначена за контрольними суміщеними пунктами що не брали участь при побудові трансформційного поля складає ± 0.039 м.

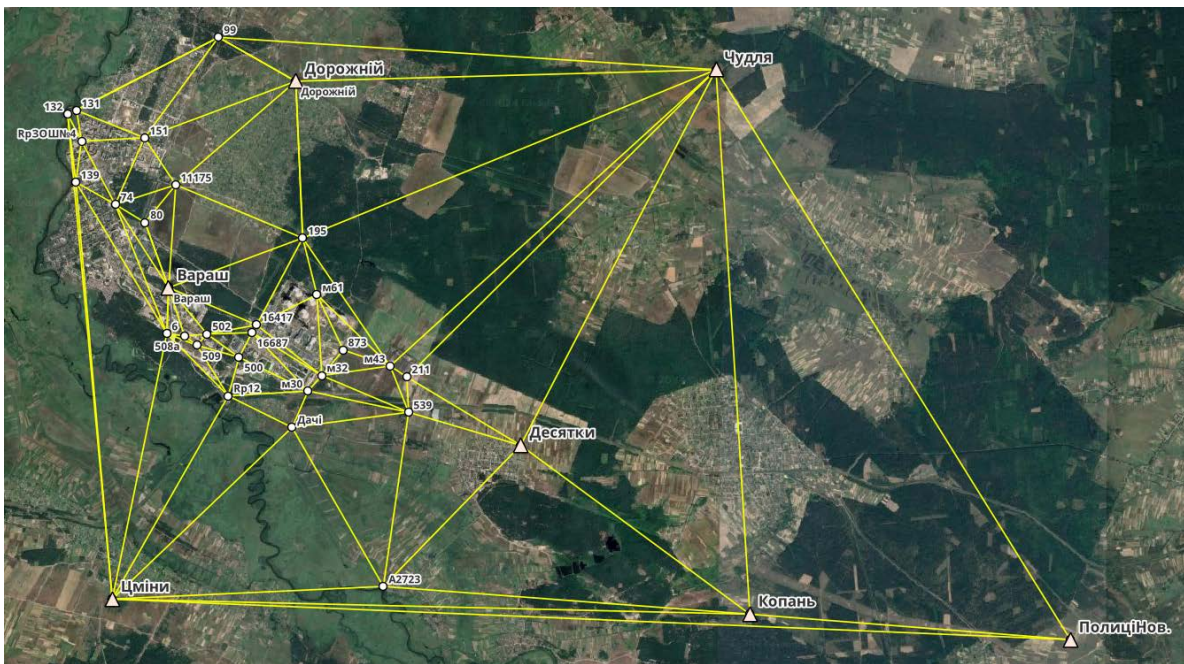


Рис. 2. Схема TIN-моделі на територію об'єкту.

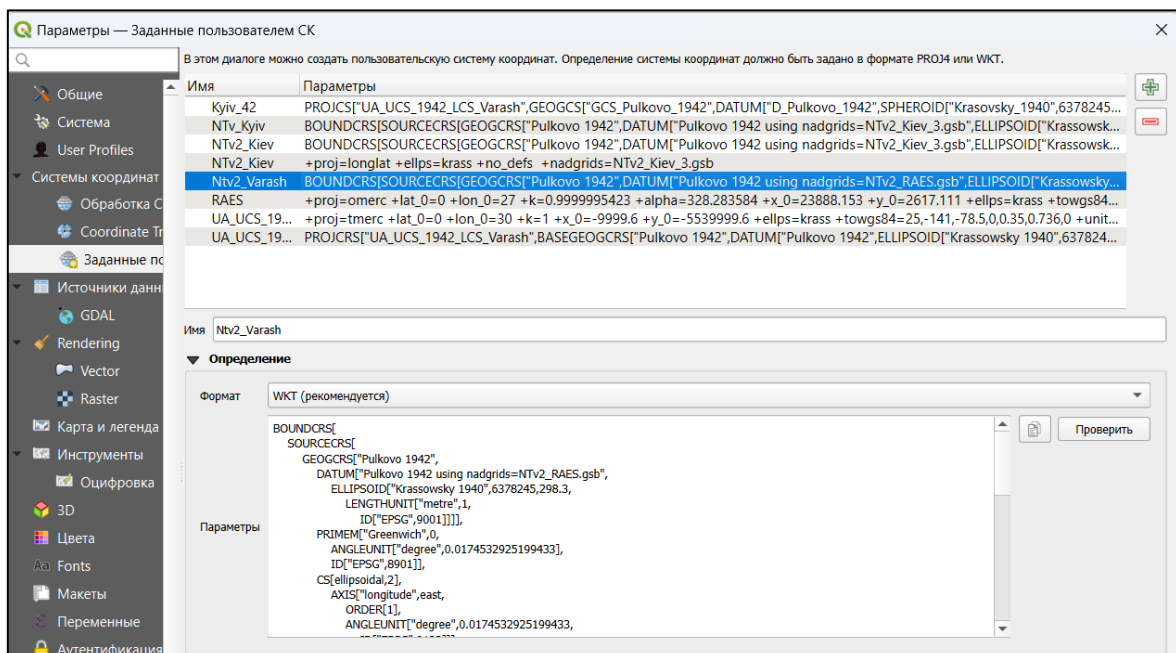


Рис. 3. Додавання опису трансформційного поля Ntv2 на територію м. Вараш у середовищі QGIS.

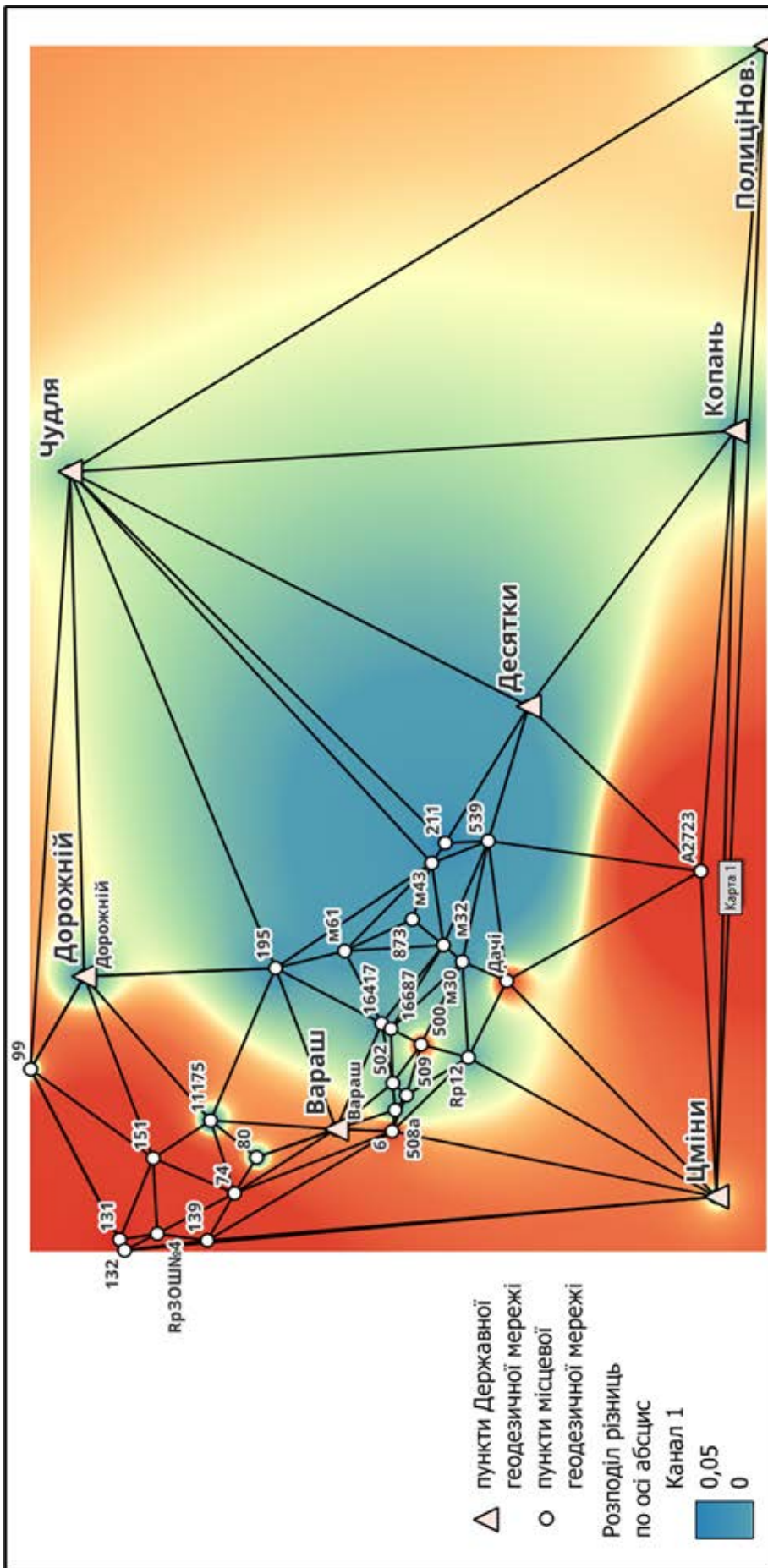


Рис. 4. Візуалізація розподілу різниць координат по осі абсцис (наведено у м)

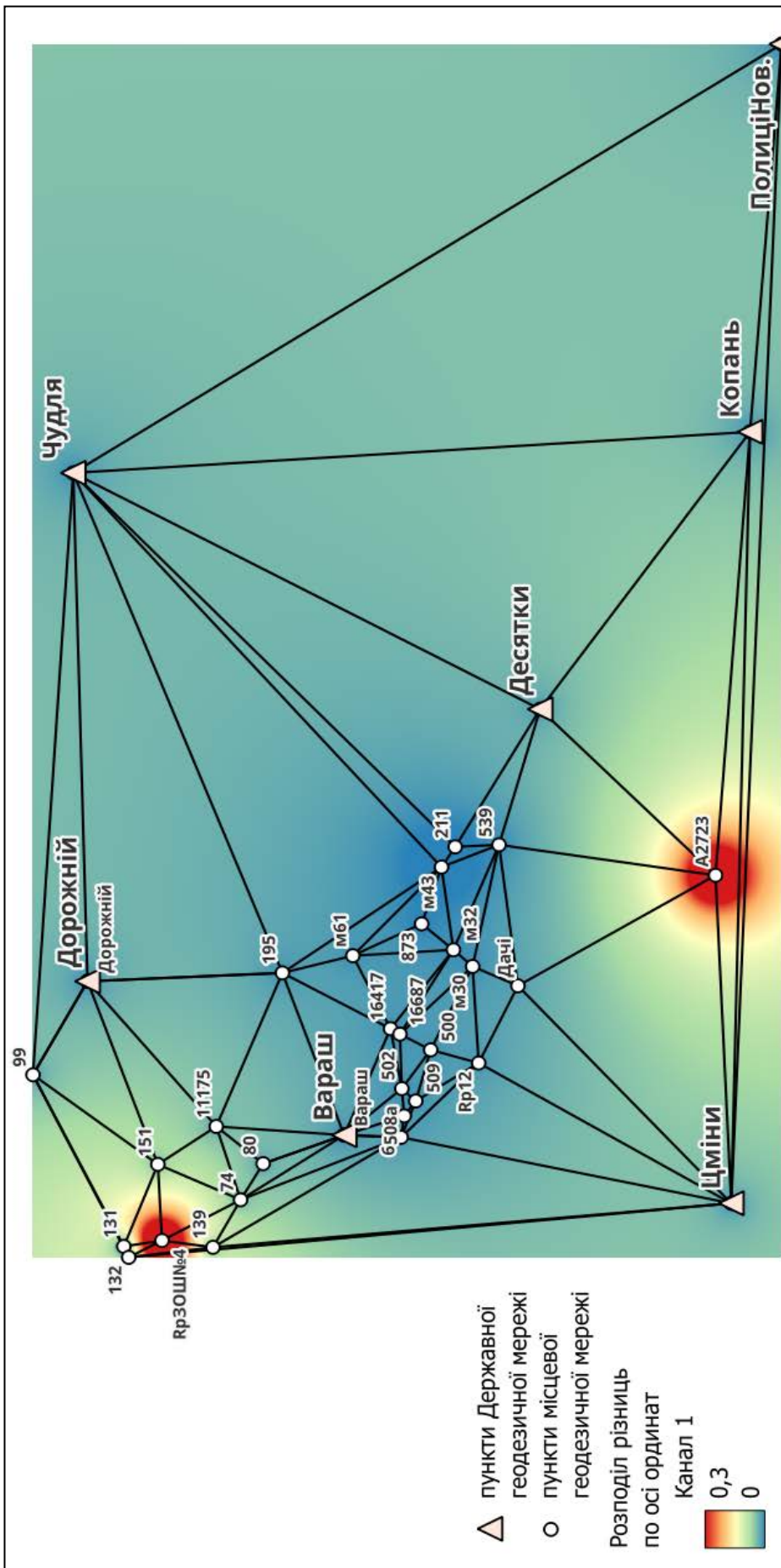


Рис. 5. Візуалізація розподілу різниць координат по осі ординат (наведено у м)

Висновки. Розроблена методика трансформування координат з архівної місцевої системи координат, похідної від системи координат СК-42 у діючу в Україні місцеву систему координат УСК-2000 за допомогою GRID-моделі трансформаційного поля у вигляді формату NTV2 та програмного забезпечення QGIS була апробована на прикладі координат точок у системах координат Вараш-42, похідної від СК-42, та МСК-56, похідної від УСК-2000.

За результатами дослідження встановлено, що середня квадратична похибка одиниці ваги складає 0,024 м. Оскільки контрольні координати були отримані з точністю у межах допуску – до 0,05 м; зроблено висновок, що отримані за допомогою локального трансформаційного поля NTV2 на територію м. Вараш координати є придатними для подальшого їх використання.

Список джерел

1. Постанова Кабінету Міністрів України від 22 вересня 2004 року № 1259 «Деякі питання застосування геодезичної референцної системи координат» URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1259-2004-%D0%BF#Text>.
2. Закон України Про національну інфраструктуру геопросторових даних: прийнятий 13 квіт. 2020 року № 554-IX// Відомості Верховної Ради України. – 2020. – № 37. – Ст. 277. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/554-20#Text>.
3. Про затвердження Порядку функціонування національної інфраструктури геопросторових даних: Постанова Кабінету Міністрів України від 26 трав. 2021 р. № 532. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/532-2021-п#Text>.
4. Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України «Про затвердження технічних вимог до геопросторових даних, метаданих і геоінформаційних сервісів національної інфраструктури геопросторових даних» від 10 листопада 2021 р. № 347. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0021-22#Text>.
5. Karpinskyi Yu., & Kin D. (2020, April). Research of the transition from cartometric to analytical operations. XXV Jubilee International Scientific and Technical Conference «Geoforum – 2020», Lviv, Ukraine. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.34353.40806>.
6. Карпінський Ю., Грачов О. (2001). Трансформування растрових моделей цифрових карт і планів. Вісник геодезії та картографії, № 3, С. 65–73.
7. Карпінський Ю.О., Грачов, О.Г. Класифікація методів інтерполяції та апроксимації функцій трансформації растрових зонражень [Текст] / О.Г. Грачов // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: зб. наук. пр. – Вид-во Нац. ун-ту "Львівська політехніка", 2005. – С. 22-25

8. Карпінський, Ю., Кучер, О., & Заєць, І. (2013). ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДУ ТА ПОБУДОВА ТРАНСФОРМАЦІЙНОГО ПОЛЯ ПЕРЕТВОРЕННЯ КООРДИНАТ МІЖ СИСТЕМАМИ СК-42 ТА УСК2000. *Геодезія, картографія і аерофотознімання*. Вип. 78, с. 169 – 172. URL: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2017/may/1530/gka78201328.pdf>.

9. Карпінський Ю.О. Афіне трансформування координат методом скінченних елементів. *Вісник геодезії та картографії*. 2002. №4 (27). С. 23-27.

10. Карпінський, Ю.О., & Нудельман, В.І. (2018). Використання Державної геодезичної референцної системи координат УСК-2000 у середовищі Arcgis ESRI. *Містобудування та територіальне планування*, (68), 725-733. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/МТР_2018_68_86.

11. Мельник В.М. Інтерполяція поправок трансформації координатних систем / В.М. Мельник, В.Л. Расюн // *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Технічні науки*. – 2014. – Вип. 4. – С. 320-328. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vnuvgrp_tekhn_2014_4_40.

12. Fazilova, D. (2022). Uzbekistan's coordinate system transformation from CS42 to WGS84 using distortion GRID model. *Geodesy and Geodynamics*, 13(1), 24-30. DOI: 10.1016/j.geog.2021.10.001.

13. Garnero, G. (2014). Use of NTv2 transformation grids in engineering applications. *Earth Science Informatics*, 7(2), 139-145. DOI: 10.1007/s12145-013-0135-1.

14. González-Matesanz, J., Dalda, A., Quirós, R., & Celada, J. (2003, June). ED50-ETRS89 transition models for the Spanish geodetic network. In *Report on the Symposium of the IAG Subcommittee for Europe (EUREF), Toledo* (pp. 4-7). URL: <http://www.euref.eu/symposia/book2003/4-6.pdf>.

15. Oliveria, L.C., Santos, M.C., Nievinski, F.G., Leandro, R.F., Costa, S.M., Santos, M. F., ... & Maia, T. B. (2009). Searching for the optimal relationships between SIRGAS2000, South American Datum of 1969 and Córrego Alegre in Brazil. In *Observing our Changing Earth* (pp. 71-79). Springer Berlin Heidelberg. DOI: 10.1007/978-3-540-85426-5_9.

16. Turner, J., Preston, C., Winthrop, R., Thatcher, I., Swales, P., & Finney, J. (2021). Advances in engineering survey grid transformations for rail infrastructure. In *High Speed Two (HS2): Infrastructure Design and Construction (Volume 1)* (pp. 461-471). ICE Publishing. URL: <https://learninglegacy.hs2.org.uk/document/advances-in-engineering-survey-grid-transformations-for-rail-infrastructure/>.

17. Weber, V., Navratil, G., & Blauensteiner, F. (2022). Managing Inhomogeneity in the Control Point Network during Staking Out Cadastral

Boundaries in Austria. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 11(5), 274. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijgi11050274>.

18. Yun, S., Lee, H., & Song, J. (2020). Studies on derivation of appropriate geodetic system transformation schemes for spatial data. *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, 38(6), 561-571. DOI: <https://doi.org/10.7848/ksgpc.2020.38.6.561>.

19. Зуска, А., Трегуб, Ю., & Янкін, О. (2023). Аналіз впливу перетворення координат поворотних точок земельних ділянок із системи СК-63 в УСК-2000 на їх лінійні параметри та площу. *Просторовий розвиток*, (3), 108–121. DOI: <https://doi.org/10.32347/2786-7269.2023.3.108-121>.

20. Кубах, С.М., & Черняга, П.Г. (2011). Використання референцних систем координат при виконанні кадастрових робіт. *Вісник геодезії та картографії*, (3), 36-41. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vgtk_2011_3_10.

21. Habib, M. (2023). Grid-on-Grid Transformation for Integrating Spatial Reference System of Multi-source Data. In: Feng, G. (eds) *Proceedings of the 9th International Conference on Civil Engineering*. ICCE 2022. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 327. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-99-2532-2_53.

Dr. S., Professor, **Yurii Karpinskyi**, Assistant **Kin Danylo**,
Kyiv National University of Construction and Architecture,
Ph. D., **Kuryliak Ihor**,
SE “Research Institute of Geodesy and Cartography”,
Rotachov Nikita,
Kyiv National University of Construction and Architecture

METHOD TRANSFORMATION OF COORDINATES FROM THE ARCHIVE SYSTEM (VARASH-42) TO THE CURRENT SYSTEM (LCS-56) USING QGIS

This article proposes a technique for transforming coordinates from an archival coordinate system into an active one using affine transformation using the finite element method in the QGIS geoinformation environment using a transformation field in the NTV2 format.

The purpose of the work is to develop a method of transforming coordinates from the archival system into the one operating in Ukraine using the GRID model of the transformation field in the form of NTV2 format and QGIS software using the example of the Varash-42 coordinate system, derived from CS-42, and LCS-56, derived from UCS-2000. To implement the technique, a scheme for transforming

point coordinates is defined. The technique of integrating the transformation field into the QGIS geoinformation environment was researched and implemented. The authors investigated the transformation of coordinates on the territory of the city of Varash, Rivne region, and determined the accuracy of the obtained results, which is within the limits of tolerance.

According to the results of the study, it was established that the average squared error of a unit of weight is 0.024 m. Since the control coordinates were obtained with an accuracy within tolerance – up to 0.05 m; it was concluded that the coordinates obtained with the help of the NTV2 local transformation field for the territory of Varash are suitable for their further use.

The developed technique makes it possible to transform coordinates from archival coordinate systems derived from UCS-2000 to use processed geospatial data in topography-geodetic, cartographic, land management, land surveying and other spheres of activity, as well as to ensure compliance with one of the requirements for compatibility and interoperability of geospatial data: a coordinate system in which coordinate descriptions of geospatial objects are provided.

Keywords: reference ellipsoid; coordinate transformation; GIS, transformation field, processing of geospatial data; geodesy; State geodetic network; Ntv2.

REFERENCES

1. The Decree of the Cabinet of Ministers of Ukraine of September 22, 2004 No. 1259 "Some issues of application of the geodetic reference coordinate system". URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1259-2004-%D0%BF#Text>. {in Ukrainian}
2. The Law of Ukraine On the National Infrastructure of Geospatial Data: adopted on April 13. 2020 No. 554-IX// Information of the Verkhovna Rada of Ukraine. – 2020. – No. 37. – 277. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/554-20#Text>. {in Ukrainian}
3. On the approval of the Procedure for the functioning of the national infrastructure of geospatial data: Decree of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated May 26. 2021 No. 532. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/532-2021-п#Text>. {in Ukrainian}
4. The Order of the Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine "On approval of technical requirements for geospatial data, metadata and geoinformation services of the national infrastructure of geospatial data" dated November 10, 2021 No. 347. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0021-22#Text>{in Ukrainian}
5. Karpinskyi Yu., & Kin D. (2020, April). Research of the transition from cartometric to analytical operations. XXV Jubilee International Scientific and

Technical Conference «Geoforum – 2020», Lviv, Ukraine. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.34353.40806>. {in English}

6. Karpinskyi Y., Grachev O. (2001). Transformation of raster models of digital maps and plans. *Bulletin of Geodesy and Cartography*, No. 3, pp. 65-73. {in Ukrainian}

7. Karpinskyi Y.O., Grachev O.G. Classification of methods of interpolation and approximation of raster imagery transformation functions [Text] / O.G. Grachev // *Modern achievements of geodetic science and production: a collection of scientific papers* - Lviv Polytechnic National University, 2005. {in Ukrainian}

8. Karpinskyi Y., Kucher O. & Zaiets I. (2013). Justification of the method and creation of the transformation field of coordinate transformation between CS-42 and UCS-2000 systems. *Geodesy, cartography and aerial photography*, Vol. 2013, No. 78, 169-172. <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2017/may/1530/gka78201328.pdf>. {in Ukrainian}

9. Karpinskyi Y. (2002). Affine transformation of coordinates by the method of finite elements. *Bulletin of geodesy and cartography*, Vol. 2002, No. 4(27), 23-27. {in Ukrainian}

10. Karpinskyi Y., Nudelman V. (2018). Using of the state geodetic coordinate reference system UCS-200 in the ArcGIS ESRI. *Urban planning and territorial planning*, Vol. 2018, No. 68, 725-733. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/MTP_2018_68_86. {in Ukrainian}

11. Melnyk V., Rasiun V. (2014). Interpolation of amendments transformation of coordinate systems. *Bulletin of the National University of Water Management and Nature Management. Technical sciences*, Vol. 2014, No. 4, 320-328. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vnuvgrp_tekhn_2014_4_40. {in Ukrainian}

12. Fazilova, D. (2022). Uzbekistan's coordinate system transformation from CS42 to WGS84 using distortion GRID model. *Geodesy and Geodynamics*, 13(1), 24-30. DOI: 10.1016/j.geog.2021.10.001. {in English}

13. Garnero, G. (2014). Use of NTV2 transformation grids in engineering applications. *Earth Science Informatics*, 7(2), 139-145. DOI: 10.1007/s12145-013-0135-1. {in English}

14. González-Matesanz, J., Dalda, A., Quirós, R., & Celada, J. (2003, June). ED50-ETRS89 transition models for the Spanish geodetic network. In *Report on the Symposium of the IAG Subcommittee for Europe (EUREF), Toledo* (pp. 4-7). URL: <http://www.euref.eu/symposia/book2003/4-6.pdf>. {in English}

15. Oliveria, L. C., Santos, M. C., Nievinski, F. G., Leandro, R. F., Costa, S. M., Santos, M. F., ... & Maia, T. B. (2009). Searching for the optimal relationships between SIRGAS2000, South American Datum of 1969 and Córrego Alegre in

Brazil. In *Observing our Changing Earth* (pp. 71-79). Springer Berlin Heidelberg. DOI: 10.1007/978-3-540-85426-5_9. {in English}

16. Turner, J., Preston, C., Winthrop, R., Thatcher, I., Swales, P., & Finney, J. (2021). Advances in engineering survey grid transformations for rail infrastructure. In *High Speed Two (HS2): Infrastructure Design and Construction (Volume 1)* (pp. 461-471). ICE Publishing. URL: <https://learninglegacy.hs2.org.uk/document/advances-in-engineering-survey-grid-transformations-for-rail-infrastructure/>. {in English}

17. Weber, V., Navratil, G., & Blauensteiner, F. (2022). Managing Inhomogeneity in the Control Point Network during Staking Out Cadastral Boundaries in Austria. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 11(5), 274. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijgi11050274>. {in English}

18. Yun, S., Lee, H., & Song, J. (2020). Studies on derivation of appropriate geodetic system transformation schemes for spatial data. *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, 38(6), 561-571. DOI: <https://doi.org/10.7848/ksgpc.2020.38.6.561>. {in English}

19. Zuska A., Trehub Y., Yankin O. (2023). Analysis of the impact of converting the coordinates of turning points of land plots from the CS-63 system to UCS-2000 on their linear parameters and area. *Spatial development*, Vol. 2023, No. 3, 108-121. DOI: <https://doi.org/10.32347/2786-7269.2023.3.108-121>. {in Ukrainian}

20. Kubakh S. & Cherniaha P. (2011). Using of of reference coordinate systems in cadastral works. *Bulletine of geodesy and cartography*, Vol. 2011, No. 3, 36-41. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vgtk_2011_3_10. {in Ukrainian}

21. Habib, M. (2023). Grid-on-Grid Transformation for Integrating Spatial Reference System of Multi-source Data. In: Feng, G. (eds) *Proceedings of the 9th International Conference on Civil Engineering*. ICCE 2022. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 327. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-99-2532-2_53. {in English}

DOI: 10.32347/2076-815x.2024.86.411-425

УДК: 551.435.11:631.459-025.44]-043.865:[627.25+631.543.8](045)

к.с.-г.н., доцент **Кирилюк В.П.**,
hidrotechnik@ukr.net, ORCID: 0000-0003-2098-0520,
Рожі Т.А., tomas.rozhi.94@gmail.com, ORCID: 0000-0002-6794-9662,
к.т.н., доцент **Дець Т.І.**, tdec@ukr.net, ORCID: 0000-0003-3579-8326
Уманський державний педагогічний університет
імені Павла Тичини, м. Умань, Україна

ПРОЄКТУВАННЯ ПРОТИЕРОЗІЙНИХ ГІДРОТЕХНІЧНИХ І ЛІСОМЕЛІОРАТИВНИХ ЗАХОДІВ БОРОТЬБИ З ЯРАМИ

Розглянуто проєктування протиерозійних гідротехнічних і лісомеліоративних заходів боротьби з ярами на території с. Копенкувате Голованівського району Кіровоградської області.

Встановлено, що кліматичні умови (особливо розподіл опадів, як по вегетаційному періоду так і за інтенсивністю випадання) в деякі періоди сприяють прискоренню водної ерозії і особливо такої, як яружна.

Скорочення інтенсивності ерозії до допустимих величин є основним критерієм вибору протиерозійних заходів. В господарстві, до використовуваних агротехнічних протиерозійних заходів, підібрано і запроєктовано їх поєднання з гідротехнічними і лісомеліоративними, що задовольняють даній умові.

Комплекс протиерозійних заходів дозволить знизити інтенсивність ерозійних процесів і утворення ярів на землях сільськогосподарського призначення.

Ключові слова: яружна ерозія; план прияружної ділянки; топографо-геодезичне знімання; планово-картографічні матеріали; водозатримуючий вал; прияружна лісова смуга; суцільне залісення; топографічні плани; карти.

Постановка проблеми. Водна ерозія ґрунтів є головним деградаційним процесом у сучасних агроландшафтах, який завдає величезної шкоди в багатьох країнах світу, у тому числі і в Україні. У сучасних умовах практично повсюдно водна ерозія ґрунтів є антропогенною, оскільки в той чи інший спосіб пов'язана з діяльністю людини. Більш того, саме нераціональна господарська діяльність людини є причиною антропогенної ерозії, яка належить до категорії прискореної ерозії.

Термін «яружна ерозія» увійшов до наукової літератури для позначення процесів утворення і розвитку негативних лінійних форм рельєфу під дією тимчасових руслових потоків. Площа активних ярів в

Україні складає 157,0 тис. га, а їх кількість досягає 600 тис. штук. Негативний вплив ярів відчувається на площі біля 1 млн. га [1].

Тому повернення сучасних агроландшафтів до ерозійно стійкого, екологічно збалансованого стану в умовах реформування земельних відносин неможливе без комплексного аналізу та кількісної характеристики факторів, які обумовлюють інтенсивність ерозійних процесів та їх зниження за допомогою лісомеліоративних і гідротехнічних заходів в комплексі з агротехнічними і організаційними.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Яри – це рани, тяжка хвороба землі. Вони повністю і без вороття знищують сільськогосподарські та інші угіддя. Основними умовами їх утворення є значна глибина місцевих базисів ерозії, наявність розгалуженої древньої гідрографічної мережі, певні ґрунтові та геологічні умови (материнська порода – лес, глина, пісок, делювій крейдових відкладень), наявність концентрованого стоку (в результаті нераціонального природокористування – вирубка лісу, низький рівень землеробства тощо) [2].

Яр має такі морфологічні елементи: вершину (це верхня частина, що має вигляд крутого обриву глибиною до 20 м); відвершки (другорядні вершини); дно (нижня частина, яка обмежена з боків відкосами; у верхній частині яру — вузька смуга, в нижній – широка; місце стоку води); русло (місце на дні яру, по якому тече вода; у молодих ярах і у верхній частині старих дно і русло можуть співпадати); конус виносу (місце відкладання твердих частинок стоку; початок конуса виносу може співпадати з устям яру); устя (гирло) – місце злиття яру з базисом ерозії (з будь-якою ланкою гідрографічної мережі, частіше всього з долиною ріки); брівка (зовнішній контур, що відділяє яр від прилеглих польових схилів); відкоси (схили) – це бокові частини, обмежені зверху брівкою, а знизу дном; прияружна смуга (частина прилеглих польових схилів шириною 20–50 м, яким загрожує руйнування; відводиться під заліснення) [3].

Приріст яру в довжину становить 3–4 м на рік, іноді – 10 м і більше. Глибина вершини яру може бути від 3–5 м (щільні глинясті ґрунти) до 10–20 м (леси). Глибина яру може досягати близько 50 м. Яри бувають: діючі (збільшують свої розміри у всіх напрямках – довжину, глибину і ширину) і згаслі (потухлі) – припиняють ріст у названих напрямках (при цьому, як правило, вершина досягає вододілу, тобто припиняється надходження концентрованого стоку) [4].

Ведучим фактором яроутворення є антропогенний, тобто нераціональна діяльність людини.

Основний критерій вибору протиерозійних заходів – інтенсивність ерозії, яка не повинна перевищувати допустимі норми. Проте завжди можна підібрати

декілька різних поєднань (комплексів) протиерозійних заходів, що задовольняють даній умові.

Для захисту ґрунтів від ерозії застосовують такий комплекс протиерозійних заходів: організаційно-господарські, агротехнічні, лісомеліоративні та гідротехнічні [5].

Усі заходи боротьби з ерозією ґрунту мають бути спрямовані на те, щоб припинити або зменшити змивання, розмивання і видування ґрунту до розмірів, які б давали змогу відновити стан ґрунтів у процесі природного ґрунтоутворення. Крім того, при розробці та здійсненні системи (комплексу) заходів боротьби з ерозією слід передбачати не тільки припинення ерозійних процесів, а й обов'язкове відновлення родючості еродованих ґрунтів, тобто слід ліквідувати причини ерозії та її наслідки.

Мета роботи – запроєктувати протиерозійні гідротехнічні і лісомеліоративні заходи для боротьби з яружною ерозією.

Об'єктом на якому буде запроєктовано комплекс протиерозійних заходів є яр, який знаходиться в полі № 2 (кормова сівозміна) с. Копенкувате Голованівського району Кіровоградської області. Водозбірна площа яру 12 га, довжина 239 м. В гирлі ширина яру складає 22 м, найбільша ширина становить 30 м. Глибина яру в вершині – 3 м, а в гирлі – 6 м

Умови і методика досліджень. Клімат регіону помірно-континентальний. За даними агрокліматичного районування Кіровоградської області територія землекористування с. Копенкувате відноситься до північного агрокліматичного району (помірно-теплого).

За даними Уманської метеостанції тривалість дощу шаром 10 мм становить 6 годин 25 хв. При середній інтенсивності 0,05 мм/хв., а максимальна інтенсивність 2,60 мм/хв. тривалістю 10 хв. Найбільша кількість ерозійно небезпечних дощів випадає в літній час (56% > 10 мм і 64% > 2,0 мм), значно менше весною і восени (відповідно 22 і 18% > 10 мм і 15 і 17% > 2,0 мм).

Рельєф території с. Копенкувате представляє собою здебільшого плато, або підвищену хвилясту рівнину розчленовану мережею долин і балок, а також ярів. Орні землі на території розташовані в основному на широких водороздільних рівнинах і їх слабкопохилих схилах. На ділянці де будуть проєктуватися протиерозійні заходи (поле № 2 кормової сівозміни) за крутизною схилів площа розподілена так: 0–1° – 19,3%; 1–2° – 23,6%; 2–3° – 30,2%; 3–5° – 26,9%.

В ґрунтовому покриві території с. Копенкувате переважають чорноземи опідзолені, важкосуглинкові.

Визначаючим фактором при проєктуванні водозатримуючих валів є об'єм стоку води 10% забезпеченості [6].

Об'єм стоку від танення снігу або дощу визначаємо за формулою

$$W_{10\%} = 1000 h_{10\%} F \quad (1)$$

де $h_{10\%}$ – шар стоку весняної повені або від дощу, 10-процентової забезпеченості, мм; F – площа водозбору, км².

Шар стоку за період весняної повені визначається за формулою

$$h_{10\%}^{ман} = (C h_{1\%} - B) \bar{b}_л \cdot K \cdot K_e, \quad (2)$$

де $h_{1\%}$ – шар стоку за період весняної повені 1%-ї забезпеченості, мм; C і B – коефіцієнти для переходу в $P=1\%$ до $P=10\%$ (для Лісостепу і Степу $C=0,66$ і $B=15$); $\bar{b}_л$ – коефіцієнт, що враховує залісеність водозбору і розраховується при розораності більше 50% за формулою

$$\bar{b}_л = \frac{1}{1 + 0.01 f_л} \quad (3)$$

де $f_л$ – залісеність водозбору, %; κ – коефіцієнт, що враховує вплив виду розораності на інтенсивність водовіддачі (для водозборів площею більше 0,05 км приймається рівних одиниці); K_e – коефіцієнт, який враховує вплив експозиції схилів.

Шар дощового стоку 10-% забезпеченості на водозборах лісостепової і степової зон визначається за формулою

$$h_{10\%}^{дощ} = \Psi(t) H_{1\%} \varphi_л \lambda_{10\%}, \quad (4)$$

де $H_{1\%}$ – шар опадів за добу 1-процентної забезпеченості; $\varphi_л$ – об'ємний коефіцієнт стоку; $\Psi(t)$ – ордината кривої редуції шару опадів, що відповідає часу $t=150$ хв; $\lambda_{10\%}$ – перехідний коефіцієнт від $P=1\%$ до $P=10\%$ забезпеченості.

Сумарний об'єм твердого стоку (змит ґрунту) визначається за формулою

$$\Sigma W_{т.с.} = (W_{ман}^{змит} + W_{дощ}^{змит}) \cdot P, \quad (5)$$

де $W_{ман}^{змит}$ і $W_{дощ}^{змит}$ – об'єм змитого ґрунту за період весняної повені або від літнього дощу, м³; P – розрахунковий період роботи споруд, років (приймається 10 років).

Об'єм змитого ґрунту за період весняної повені вираховується за формулою

$$W_{\frac{\text{тан}}{\text{змив}}} = 100 \frac{\left(h \frac{\text{тан}}{10\%}\right)^n \cdot a \cdot v \cdot \kappa_1}{\rho^1} \cdot F, \quad (6)$$

де $h \frac{\text{тан}}{10\%}$ – шар стоку, мм, за період весняної повені 10-процентної забезпеченості, вираховується за формулою (2); a, n – параметри, що залежать від площі водозбору, агротехнічного фону і типу ґрунтів (для зябу); v – коефіцієнт, що враховує вплив агротехнічного фону за попередній рік на змив ґрунту (пар, зяб, просапні – $v=1$; зернові (ярі і озимі) – $v=0,9$; багаторічні трави – $v=0,8$); K_l – коефіцієнт, що враховує крутизну схилу (при $i_{cx} \geq 0,1$ - $K_l=0,1 \cdot i_{cx}$, при $i_{cx} < 0,1$ - $K_l = 1$); ρ^1 – об'ємна маса ґрунту, т/м³; F – площа водозбору, км².

Об'єм змитого ґрунту від дощу визначається за формулою

$$W_{\frac{\text{дощ}}{\text{змив}}} = 100 \frac{h \frac{\text{дощ}}{10\%} \cdot a_1 \cdot v \cdot \kappa_1}{\rho^1} \cdot F, \quad (7)$$

де $h \frac{\text{дощ}}{10\%}$ – шар дощового стоку 10-процентної забезпеченості, вираховується за формулою (4); a_1 – параметр, який залежить від площі водозбору і агрофону; $\zeta; \text{Вік}_1$ – те, що у формулі (6).

Водозатримуючі вали – канави ефективні в боротьбі з яружною ерозією та не складні в будівництві. Розраховуються вони на затримання найбільших об'ємів дощового або талого стоків (W_{max}), а також на затримання твердого стоку (змиву ґрунту) на протязі розрахункового періоду [6,7]

$$W_{\text{роз}} = W_{\text{max}} + \Sigma W_{m..c.}, \quad (8)$$

В залежності від прийнятої розрахункової забезпеченості, задавшись висотою валу, визначають необхідну його довжину, при якій буде затриманий весь стік.

Вал насипається з ґрунту, який виймаємо з канавки перед ним. Об'єм канавки W_k дорівнює об'єму тіла валу W_v

$$W_k = \frac{2a \cdot (m_1 + m_2)H}{2} \cdot H, \quad (9)$$

Ставка

$$W_{cm} = \frac{1}{2} \left(m_2 h + \frac{h}{i} \right) h, \quad (10)$$

де H – висота валу, м; h – глибина води в ставку перед валом, ($h = H - \Delta h$, де Δh – перевищення гребня валу над НІР); a – ширина по гребню, м; m_1 і m_2 – коефіцієнти низового і верхового укосів; i – середній ухил місцевості перед валом. Кожний метр валу затримує об'єм води W_1 , який дорівнює

$$W_1 = W_k + W_{cm} \quad (11)$$

Довжину валу необхідну для затримання розрахункового стоку ($W_{роз}$) визначаємо за формулою

$$L_в = \frac{W_{діс}}{W_1}, \quad (12)$$

Водозатримуючий вал розташовується на відстані від вершини яру

$$L = 3H_я K \quad (13)$$

де $H_я$ – глибина яру у вершині, м; K – коефіцієнт ($K=1,6$ м).

По кінцях валу під кутом $110-130^\circ$ проєктуємо шпори, щоб утримати воду. Чашу ставка перемичками (через 60–100 м) ділимо на секції.

В кінці шпор влаштовуємо трапецієвидні водообходи (на рівні ФПР) для організованого відведення води [7].

Загати для зміцнення дна яру встановлюють уперек водотоку. Вони припиняють зростання яру в глибину, затримують мул і пісок, а також створюють сприятливі умови для наступного залуження або залісення дна яру [6,7].

Висота загат приймається від категорії класу споруд. При четвертій категорії донні загати (плетені) приймаються висотою 1 м (додаток В, рис. В.1).

Необхідну кількість загат визначають за формулою

$$N = \frac{H - Li}{h_з}, \quad (14)$$

де H – різниця відміток початкової і кінцевої точок закріплюваного русла, м; L – довжина закріплюваної ділянки, м; $h_з$ – прийнята висота загат, м; i – похил поверхні, при якому не розмивається русло.

Відстань між загатами визначати за формулою

$$\ell = \frac{h_3}{i_0 - i} \quad (15)$$

де i – ухил русла яру.

На плані розміщення протиерозійних споруд (див. рис. 1) по дну яру вибираємо трасу для проектування загат. По трасі розбиваємо пікетаж.

Основні результати дослідження. Район проектування – с. Копенкувате Голованівського району Кіровоградської області, площа водозбору $0,12 \text{ км}^2$, шар стоку весняної повені 1% - забезпеченості з карти ізоліній (додаток 1 [7]) $h_{1\%} = 126 \text{ мм}$, b_l розраховується за формулою (3)

$$b_l = \frac{1}{1 + 0,01 \cdot 20} = 0,83$$

коефіцієнт $K = 1$, для водозбору площею більше $0,05 \text{ км}^2$; $K=1$, для даного яру; коефіцієнт $C = 0,66$ і $B = 15$ (для Лісостепу).

Шар стоку за період повені визначаємо за формулою (2)

$$h \frac{\text{ман}}{10\%} = (0,66 \cdot 126 - 15) \cdot 0,83 \cdot 1 \cdot 1 = 56,6 \text{ мм}$$

Об'єм стоку від сніготанення визначаємо за формулою (1)

$$W \frac{\text{ман}}{10\%} = 1000 \cdot 56,6 \cdot 0,12 = 6792 \text{ м}^3$$

Розрахунок шару дощового стоку проводиться за формулою 4 в такому порядку: за картою ізоліній (додаток 2 [7]) визначаємо шар опадів за добу $H_{1\%} = 120 \text{ мм}$; об'ємний коефіцієнт стоку $\varphi_1 = 0,40$ визначається по таблиці 1.2 [7]; ордината кривої редукції шару опадів, що відповідає часу $t = 150 \text{ хв}$ для Центральної України $\Psi(t) = 0,7$; для водозборів $F \leq 10 \text{ км}^2$ - $\lambda_{10\%} = 0,23$.

Шар дощового стоку

$$h \frac{\text{дош}}{10\%} = 0,7 \cdot 120 \cdot 0,40 \cdot 0,23 = 7,7 \text{ мм.}$$

Об'єм дощового стоку за формулою 1

$$W \frac{\text{дош}}{10\%} = 1000 \cdot 7,7 \cdot 0,12 = 924 \text{ м}^3$$

Для опідзолених ґрунтів і площі водозбору (0,12 га) і агротехнічного фону – зяб за таблицею 1.3 [7] знаходимо $a = 3,0 \cdot 10^{-3}$ і $n=1,6$. Коефіцієнт $v=0,9$ для агрофону за попередній рік – озима пшениця; $K_I = 1$ при $i_{cx} = 0,075$; $\rho = 1,4 \text{ т/м}^3$.

Об'єм змитого ґрунту за період весняної повені за формулою (6)

$$W \frac{\text{тан}}{\text{змив}} = 100 \cdot \frac{56,6^{1,6} \cdot 3,0 \cdot 10^{-3} \cdot 0,9 \cdot 1}{1,40} \cdot 0,11 = 14,7 \text{ м}^3.$$

Для заданого агрофону (просапні культури) і площі водозбору 0,11 км² за таблицею 1.5 [7] параметр $\alpha_1 = 0,5$; коефіцієнт $v = 1$, що враховує вплив попереднього агрофону (зяб) на змив ґрунту під просапними культурами.

Об'єм змитого ґрунту від дощу визначаємо за формулою (7)

$$W \frac{\text{дощ}}{\text{змив}} = 100 \frac{7,7 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot 1}{1,40} \cdot 0,11 = 32,9 \text{ м}^3$$

Сумарний об'єм твердого стоку вираховуємо

$$\Sigma W_{m.c.} = (14,7 + 32,9) \cdot 10 = 476 \text{ м}^3$$

План прияржної ділянки (М 1:1000) складено за матеріалами топографо-геодезичного знімання на основі планово-картографічних матеріалів (М 1:10000) наданими Кропивницькою філією державного підприємства «Черкаський науково-дослідний та проектний інститут землеустрою» (рис. 1).

Приймаємо трапецієвидний поперечний переріз валу шириною по верху $a=2,5$ м, коефіцієнт закладання низового укосу $m_1=1,5$ м, верхового $m_2 = 2$ м, висота валу $H=2,0$ м (табл. 1.6 7 [75]).

Перевищення гребня валу над нормальним підпертим рівнем води (НПР) – 0,3 м. При цьому глибина води у ставку перед валом при НПР буде становити $h=2,0 - 0,3=1,7$ м. Ширина ставка перед валом при НПР буде становити

$$\ell_{cm} = (m_2 h + \frac{h}{i_m}) = (2 \cdot 1,7 + \frac{1,7}{0,072}) = 27 \text{ м.}$$

Як відмічалось вище, вал насипається з ґрунту, який виймаємо з канавки передвалом. Тоді ширина канавки (ℓ_k) приймається від того місця, де НПР перетинається з поверхнею землі – до подошви валу і визначається за формулою

$$\ell_k = \frac{h}{i} (1 + i^2) = \frac{1,7}{0,072} (1 + 0,072^2) = 23,7 \text{ м.}$$

Кожний метр довжини валу затримує об'єм води W_1 , який дорівнює сумі площ канавки і ставка (див. формули 9; 10; 11).

$$W_1 = W_k + W_{cm} = \frac{2 \cdot 2,5 + (1,5 + 2,0) \cdot 2}{2} \cdot 2 + \frac{1}{2} \left(2 \cdot 1,7 + \frac{1,7}{0,072} \right) \cdot 2 = 39 \text{ м}^3$$

Якщо 1 м валу затримує 39 м^3 води, то для затримання

$$W_p = W \frac{man}{10\%} + \Sigma W_{mc} = 6792 + 476 = 7268 \text{ м}^3$$

потрібний вал довжиною

$$L_{\sigma} = \frac{W_p}{W_1} = \frac{6674}{39} = 186 \text{ м}$$

Щоб знайти глибину канавки можна застосовувати формулу

$$h_k = \frac{2W_k(1+i^2)}{\ell_k} = \frac{2 \cdot 12 \cdot (1+0,072^2)}{23,7} = 1,02 \text{ м}$$

Вал розміщується на відстані (формула 13)

$$L = 3 \cdot 4 \cdot 1,6 = 21 \text{ м}$$

Розміщення водозатримуючого валу на плані показано на рис. 1.

Різниця відміток початкової і кінцевої точок укріпленого загатами русла дна яру $H = 191 - 174 = 17$ м. Довжина закріпленої ділянки береться з плану $L = 236$ м, проектний похил для суглинків $i = 0,008$, висота загат для споруд четвертої категорії $h_3 = 1$ м, загата плетена.

Необхідну кількість загат визначаємо за формулою (14)

$$h = \frac{17 - 236 \cdot 0,008}{1} = 15 \text{ загат}$$

За відмітку низу першої загати береться відмітка землі. Додавши до відмітки землі висоту загати $h_3 = 1$ м, знаходимо відмітку верха. Місце наступної загати знаходимо графічно, провівши проектну лінію дна яру ухилом $0,008$ до перетину з лінією дна яру.

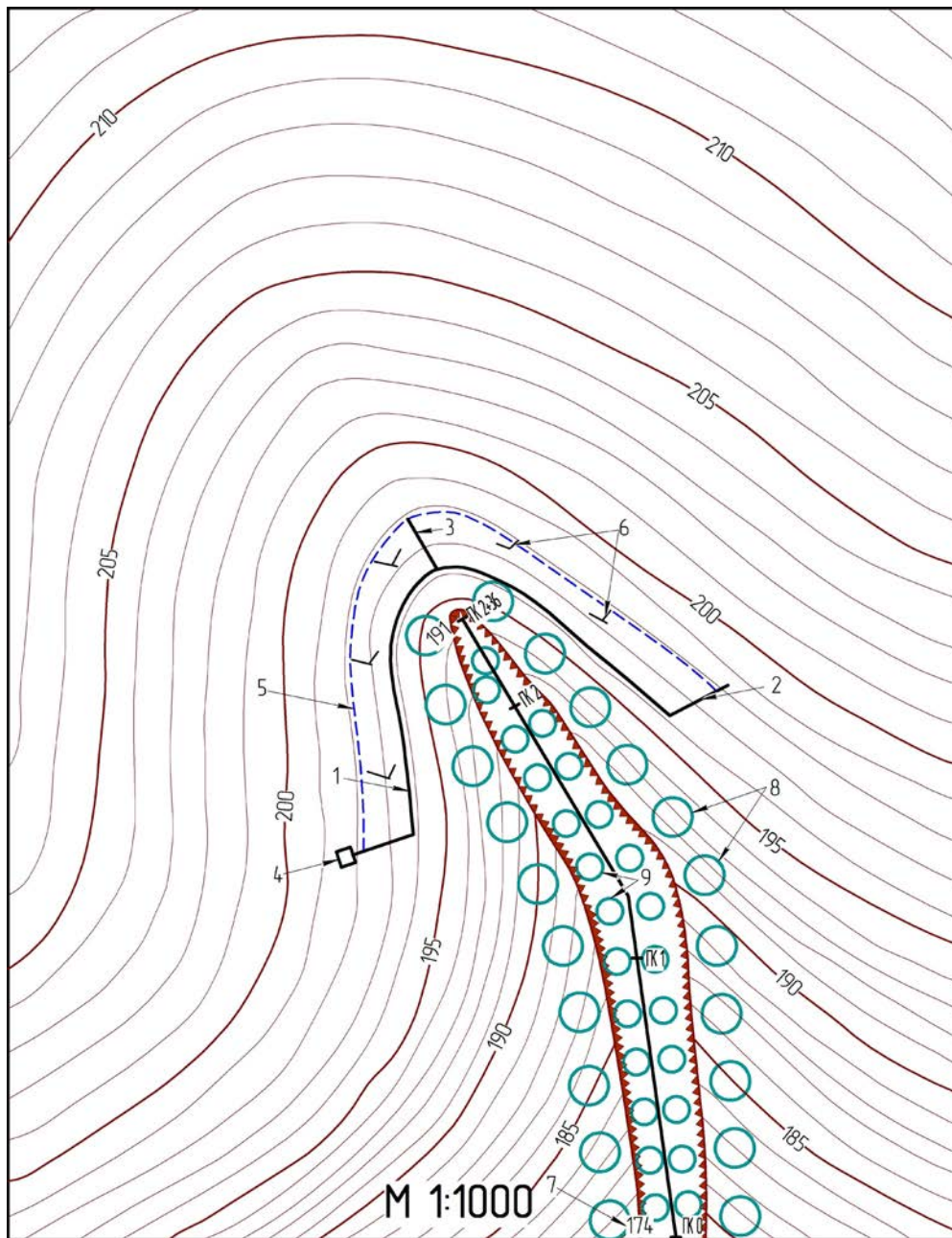


Рис. 1. План розміщення протиерозійних заходів

1 – водозатримуючий вал; 2 – шпори; 3 – перемичка; 4 – водообхід; 5 – урізи води; 6 – залуження; 7 – відмітки дна яру; 8 – прияружна лісова смуга; 9 – суцільне залісення дна яру.

Відстань між загатами визначили за формулою (15)

$$\ell = \frac{1}{0,072 - 0,008} = 15,73 \text{ м.}$$

В комплексі з гідротехнічними спорудами доцільно застосувати також лісомеліоративні заходи боротьби з ерозією, які підвищують стійкість ґрунтів до ерозійних процесів [8,9].

По контуру яру уздовж брівки на віддалі від них 5 м проектуємо прияржну лісову смугу. Яка виконуватиме водорегулюючу та водопоглинаючу роль, затримуватиме сніг від його здування в яр, покращуватиме гідрологічні умови прилягаючої території, покращить мікрокліматичні умови та підвищить врожайність сільськогосподарських культур. Схема прияржної смуги приведена на рис. 2.

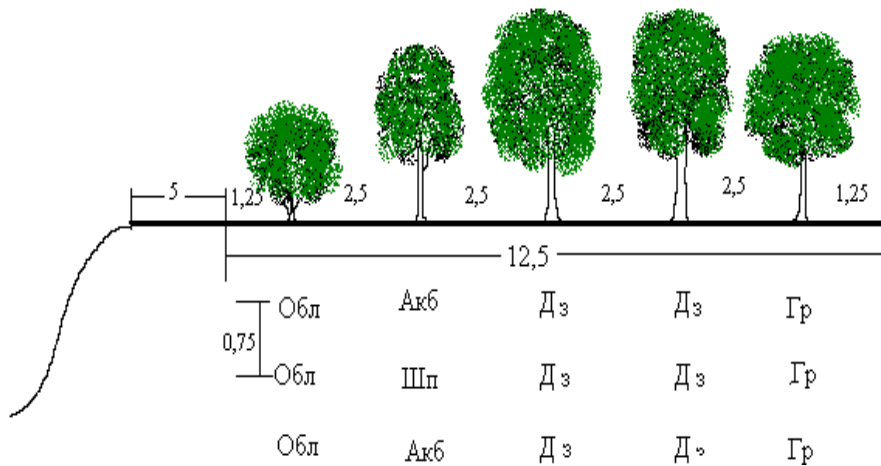


Рис. 2. Схема прияржної лісової смуги

Обл – обліпіха; Шп – шипшина звичайна; Акб – акація біла; Дз – дуб звичайний; Гр – груша.

Загальна ширина смуги – 12,5 м, кількість рядів – 5, ширина міжряддя 2,5 м. Конструкція – щільна, тип культур деревно-чагарниковий, з участю чагарнику близько 50%.

Розрахунок кількості садивного матеріалу для прияржної лісосмуги наведений в табл. 1.

Таблиця.1

Розрахунок потреби посадкового матеріалу для створення прияржної лісосмуги

№ смуг	Протяжність, км	Площа, га	Потрібна кількість посадкового матеріалу, тис. шт.					
			Всього	У тому числі по породах				
				Дз	Шп	Гр	Акб	Обл
1	0,526	1,035	3,604	1,052	0,750	0,375	0,375	1,052

Проаналізувавши вище наведені дані можна зробити висновок, що для створення прияржної лісосмуги потрібно: дуба звичайного – 1,052 тис. шт.; груші 0,375 тис. шт.; акації білої – 0,375 тис. шт.; шипшини звичайної – 0,750 тис. шт.; обліпіхи – 1,052 тис. шт.

Так як по дну яру вже запроєктовано плетені загати то в комплексі з ними ефективно буде застосувати суцільне заліснення. Заліснення дна яру здійснюється з метою припинення його росту в глибину і кольматажу твердого стоку.

Насадження створюються за комбінованим, деревно-чагарниковим типом культур, тобто обов'язкова участь чагарнику (25 – 30 %).

Ряди розташовуються уперек водотоку; віддаль між рядами 2 м, а в ряду 1 м.

Схема заліснення дна яру приведена на рис 3.

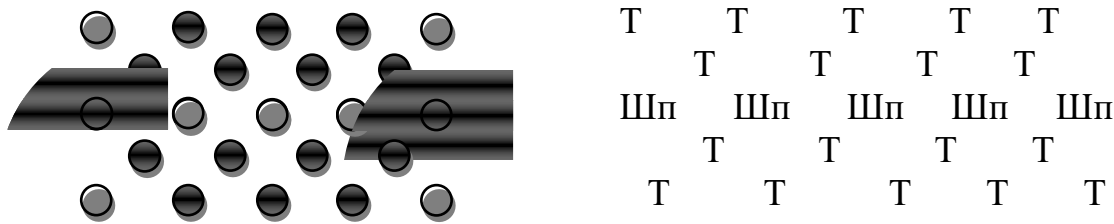


Рис. 3. Схема заліснення дна яру
Т – тополя чорна, Шп – шипшина звичайна.

Площа дна яру яка відводиться під заліснення складає 0,52 га. Ширина міжрядь 2 м, в ряду 1 м. Кількість посадкового матеріалу обраховуємо з розрахунку на 1 га. Кількість рядів на 1 га буде 50. Кількість рослин в одному ряду, довжиною 100 м становитиме 100 шт. Отже, кількість садивних місць на 1га з врахуванням кількості рядів становитиме: 100 шт. x 50 рядів = 5000 шт/га.

Потрібна кількість садивного матеріалу на всю площу становитиме: 5000 x 0,52 = 2600 шт.

Розрахунок кількості посадкового матеріалу для суцільного заліснення дна яру наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Розрахунок потреби посадкового матеріалу для заліснення дна яру

Площа, га	Потрібна кількість посадкового матеріалу, тис.шт		
	всього	у тому числі по породах	
		тополя	шипшина
0,52	2,600	1,733	0,867

Проаналізувавши наведені дані можна зробити висновок, що для заліснення дна яру площею 0,52 га нам необхідно посадкового матеріалу тополі 1,733 тис. шт; шипшини – 0,867 тис. шт.

Висновки. Виходячи з аналізу метеоумов, особливо з розподілу опадів, як по вегетаційному періоду так і інтенсивності випадання можна зробити висновок, що кліматичні умови в деякі періоди сприяють прискоренню водної ерозії і особливо такої, як яружна.

Згідно гідрологічних розрахунків об'єм стоку 10% забезпеченості від танення снігу становив 6792 м³, сумарного твердого стоку – 476 м³. Для їх затримання запроєктований земляний вал довжиною – 186 м, висотою – 2,0 м.

Одночасно з влаштуванням водозатримуючого валу створюємо прияружну лісову смугу, яку розміщуємо по обидва боки яру вздовж його бровок на відстані 5 м від них. Протяжність смуги – 0,526 км, ширина – 12,5 м, кількість рядів – 5. Кількість садивного матеріалу: дуба звичайного – 1,052 тис. шт.; груші 0,375 тис. шт.; акації білої – 0,375 тис. шт.; шипшини звичайної – 0,750 тис. шт.; обліпихи – 1,052 тис. шт.

Для зміцнення дна яру передбачено влаштування 15 плетених загат. Дно яру ми відводимо під суцільне залісення. Для залісення дна яру площею 0,52 га нам необхідно посадкового матеріалу тополі 1,733 тис. шт., шипшини – 0,867 тис. шт.

Література

1. Волощук М.Д., Гагалюк М.І. Еродовані ґрунти та екологічні аспекти їх використання. *Агрономія і ґрунтознавство: Міжвідм. тем. наук. зб.* Харків, 2002. Кн. 3. С. 32–34.
2. Тараріко О.Т. Сучасна модель ґрунтозахисної системи землеробства з контурно-меліоративною організацією території. *Ґрунти – основа добробуту держави, турбота кожного.* Кн. 1. Київ, 2006. С. 181–183.
3. Світличний О.О., Чорний С.Г. Основи ерозієзнавства. Суми: Університетська книга, 2007. 266 с.
4. Добряк Д.С., Осіпчук С.О., Шквар М.І., Погурельський С.П. Економіко-екологічна оптимізація агроландшафтів Канівського району Черкаської області. *Вісник аграрної науки.* 2000. №3. С. 46–49.
5. Кирилюк В.П. Комплексний захист ґрунтів від яружної ерозії. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України: Актуальні проблеми лісового та садово-паркового господарства.* Львів: РВВ НЛТУ України. 2013. Вип. 23.6. С. 296–299.
6. Ващик С.М. Проектування протиерозійних гідротехнічних споруд на водозбірній площі: Методичні рекомендації. Львів, 1993. 58 с.
7. Кирилюк В.П., Шемякін М.В. Методичні рекомендації для виконання індивідуального завдання «Проектування гідротехнічних споруд для регулювання схилового стоку і боротьби з ерозією». Умань: УСГА, 2005. 22 с.

8. Пилипенко О.І., Юхновський В.Ю., Ведмідь М.М. Системи захисту ґрунтів від ерозії. Київ: Златояр, 2004. 435 с.

9. Гладун Г.Б., Трофименко М.Є., Лохматов М.А. Захисні лісові насадження: проектування, вирощування, впорядкування.. Харків: Нове слово, 2005. 390 с.

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Kyryliuk Volodymyr, Rozhi Tomas,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, **Dets Tetiana,**
Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University

DESIGN OF ANTI-EROSION HYDRAULIC AND FORESTRY MEASURES TO COMBAT RAVINES

The article discusses the design of anti-erosion hydraulic and forestry measures to combat ravines in the territory of Kopenkuvate village, Golovanivsky district, Kirovohrad region.

It has been established that climatic conditions (especially the distribution of precipitation, both in terms of the growing season and the intensity of precipitation) in some periods contribute to the acceleration of water erosion, especially gully erosion.

According to hydrological calculations, the volume of runoff from the 10% snowmelt was 6792 m³, and the total solid runoff was 476 m³. An earthen rampart 186 m long and 2.0 m high was designed to capture the runoff.

Reducing erosion intensity to acceptable levels is the main criterion for selecting erosion control measures. In addition to the agrotechnical erosion control measures used, the farm selected and designed their combination with hydrotechnical and forest reclamation measures that meet this condition.

Simultaneously with the installation of the water retention berm, we create a forest strip along the ravine, which is placed on both sides of the ravine along its sides at a distance of 5 meters from them. The strip is 0.526 km long, 12.5 m wide, and has 5 rows. Amount of planting material: common oak - 1.052 thousand pieces; pear - 0.375 thousand pieces; white acacia - 0.375 thousand pieces; common dog rose - 0.750 thousand pieces; sea buckthorn - 1.052 thousand pieces.

To strengthen the bottom of the ravine, we plan to install 15 wicker dams. The bottom of the ravine will be used for continuous forestation. To reforest the ravine bottom with an area of 0.52 hectares, we need 1,733 thousand poplar plants and 0.867 thousand rose hips.

The complex of anti-erosion measures will reduce the intensity of erosion processes and the formation of ravines on agricultural lands.

Key words: Gully erosion; plan of a ravine area; topographic and geodetic survey; planning and cartographic materials; water retention berm; ravine forest strip; continuous afforestation; topographic plans; maps.

REFERENCES

1. Voloshchuk M.D., Hahaliuk M.I. Erodovani grunty ta ekolohichni aspekty yikh vykorystannia. Ahronomiia i gruntoznavstvo: Mizhvidm. tem. nauk. zb. Kharkiv, 2002. Kn. 3. S. 32–34. {in Ukrainian}
2. Tarariko O.T. Suchasna model gruntozakhysnoi systemy zemlerobstva z konturno-melioratyvnoiu orhanizatsiieiu terytorii. Grunty – osnova dobrobutu derzhavy, turbota kozhnoho. Kn. 1. Kyiv, 2006. S. 181–183. {in Ukrainian}
3. Svitlychnyi O.O., Chorny S.H. Osnovy eroziieznavstva. Sumy: Universytetska knyha, 2007. 266 s. {in Ukrainian}
4. Dobriak D.S., Osipchuk S.O., Shkvar M.I., Pohurelskyi S.P. Ekonomiko-ekolohichna optymizatsiia ahrolandshaftiv Kanivskoho raionu Cherkaskoi oblasti. Visnyk ahrarnoi nauky. 2000. №3. S. 46–49. {in Ukrainian}
5. Kyryliuk V.P. Kompleksnyi zakhyst gruntiv vid yaruzhnoi erozii. Naukovyi visnyk Natsionalnoho lisotekhnichnoho universytetu Ukrainy: Aktualni problemy lisovoho ta sadovo-parkovoho hospodarstva. Lviv: RVV NLTU Ukrainy. 2013. Vyp. 23.6. S. 296–299. {in Ukrainian}
6. Vashchuk S.M. Proektuvannia protyeroziinykh hidrotekhnichnykh sporud na vodozbirni ploschi: Metodychni rekomendatsii. Lviv, 1993. 58 s. {in Ukrainian}
7. Kyryliuk V.P., Shemiakin M.V. Metodychni rekomendatsii dlia vykonannia indyvidualnoho zavdannia «Proektuvannia hidrotekhnichnykh sporud dlia rehuliuвання skhylovoho stoku i borotby z eroziieiu». Uman: USHA, 2005. 22 s. {in Ukrainian}
8. Pylypenko O.I., Yukhnovskyi V.Iu., Vedmid M.M. Systemy zakhystu gruntiv vid erozii. Kyiv: Zlatoiar, 2004. 435 s. {in Ukrainian}
9. Hladun H.B., Trofymenko M.Ie., Lokhmatov M.A. Zakhysni lisovi nasadzhennia: proektuvannia, vyroshchuvannia, vporiadkuvannia.. Kharkiv: Nove slovo, 2005. 390 s. {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2076-815x.2024.86.426-436

УДК 528.3/622.8

д.т.н., професор **Куліковська О.Є.**,
kulikovskaja13@ukr.net, ORCID: 0000-0002-2168-1445,
Львівський національний університет природокористування

ПРО ВПЛИВ ЕКЗОГЕННИХ ПРОЦЕСІВ НА РЕЗУЛЬТАТИ ВИМІРЮВАННЯ ПЕРЕМІЩЕНЬ ГЕОДЕЗИЧНИХ ЗНАКІВ

Описано досвід дослідження впливу екзогенних процесів на зміщення геодезичних знаків, а отже, і на результати повторного нівелювання. Показано, що екзогенні процеси викликають конвертовані та незворотні деформації поверхневих шарів. Дослідженнями на деформаційних майданчиках локальних геодинамічних полігонів Криворізького регіону встановлено вплив температурного фактору на стійкість реперів: зміна температури атмосфери і стійкість реперів мають кореляційний зв'язок як у просторі, так і в часі. Практичний зміст позначається цільовим спрямуванням даного дослідження для спеціалістів геодезичної галузі і містобудування.

Ключові слова: повторне нівелювання; геодезичні знаки; вплив екзогенних процесів; кореляційний аналіз; зміщення реперів; температурний фактор.

Проблема і її зв'язок із науковими та практичними завданнями.

Види впливу екзогенних процесів на геодезичні знаки, а отже, і на результати повторного нівелювання різноманітні. Вони можуть бути систематизовані по глибині їх прояву, зворотності, розміру території розповсюдження, механізму (характеру) і періоду їх прояви. Встановлено, що екзогенні процеси викликають конвертовані та незворотні деформації поверхневих шарів, що зафіксовано в оборотних і необоротних зміщеннях земної поверхні [3].

Вплив екзогенних процесів на геодезичні знаки багатofакторні, і в сучасній практиці спостережень відсутня чітка науково обґрунтована система інженерно-геодезичного прогнозу неотектонічного впливу на результати повторного високоточного нівелювання, на підставі якого можна було б вирішувати питання стійкості глибинних, ґрунтових і скельних нівелірних знаків, а також моделювання механізму впливу екзогенних процесів на результати повторного нівелювання. Тому дослідження їх впливу є актуальною задачею досліджень.

Мета. Дослідження спрямовано на встановлення впливу екзогенних процесів на результати вимірювань переміщень геодезичних знаків під час спостережень на локальних геодинамічних полігонах Криворізького регіону.

Аналіз останніх публікацій. Роботи з узагальнення матеріалів

моніторингу екзогенних геологічних процесів (ЕГП) до недавнього часу ще здійснювалися відповідно до Постанови Кабінету Міністрів України «Про затвердження положення про державну систему моніторингу довкілля» від 30 березня 1998 р. № 391 із змінами [5]. Разом з тим, зміни у законодавстві відбулися. Верховною Радою України прийнято Закон України від 20 березня 2023 р. № 2973–IX «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо державної системи моніторингу довкілля, інформації про стан довкілля (екологічної інформації) та інформаційного забезпечення управління у сфері довкілля» (далі – Закон), який покликаний на створення та забезпечення функціонування державної системи моніторингу довкілля, вдосконалення правового регулювання інформації про стан довкілля (екологічної інформації) та механізмів забезпечення доступу до неї, визначення правових засад інформаційного забезпечення управління в галузі охорони навколишнього природного середовища [6]. І це дозволяє використовувати дані для продовження досліджень із оновленою інформацією.

Серед досліджень, які безпосередньо стосуються вивченню впливу ендегенних процесів на стійкість ґрунтів, земної поверхні або геодезичних знаків треба звернути увагу на [11]. Автори зазначають, що проведений експеримент показав цікаві результати. Науковці зазначають, що за наявності ненасиченого ґрунту сукупна кількість опадів викликає не малі зміни висоти поверхні ґрунту, досягаючи загальних зміщень поверхні до 10 см між літньою посухою та послідовними сезонами дощів. Репери, закріплені в ґрунті на глибині 0,3; 1; 2; 3,5 і 5 м, отримали значні диференціальні рухи, близько декількох міліметрів, із помітними переміщеннями з глибиною. Щоб уникнути інтерпретації простих зміщень як рухів, спричинених локальними змінами вмісту вологи в ґрунті, спричиненими опадами, доцільно брати до нівелірних мереж репери, які закладено, як мінімум, на глибині 1–2 м.

D. Dong, P. Fang, Y. Bock, M. K. Cheng, S. Miyazaki [7] підкреслюють, що дослідженнями доведено сезонні зміни положення об'єкта, які отримані на основі глобальних безперервних часових рядів GNNS за 4,5 роки за допомогою «пайрінгового» підходу. Пайрінг – це спосіб відобразити внесок порівняно відомих сезонних джерел та отримати уявлення про відносно маловідомі джерела, таких як: вплив ефектів полюсних припливів, навантаження океанських припливів, атмосферного навантаження, неприливної океанічної маси та навантаження ґрунтових вод. Результати виконаних досліджень показують, що близько 40% потужності річних вертикальних змін положення ділянок, що спостерігаються, можна пояснити

спільним внеском цих сезонних перерозподілів поверхневій масі. Після видалення цих сезонних ефектів із спостережень авторами також досліджувалися потенційні внески немодельованих ефектів вологої тропосфери, теплового розширення корінних порід, помилок у моделях зміни фазового центру та помилок в орбітальному моделюванні. Автори запропонували масштабований матричний аналіз чутливості для оцінки вкладу корелюючих параметрів. як спосіб покращити стабільність наземної системи відліку у сезонних часових масштабах.

У роботі [4] проаналізовано сучасні теоретичні уявлення про геолого-геоморфологічні системи, які розглядаються як динамічні, що нелінійно розвиваються у просторі та часі. Н.Ю. Букевич у своєму дослідженні [1] розглянув основні причини розвитку зсувних явищ, обґрунтував їх вплив на експлуатацію газотранспортних мереж, а також розробив рекомендації щодо попередження цих небезпечних геологічних процесів. У цій же роботі наведено класифікацію типів формування схилів та їх вплив на утворення зсувів, а також методи прогнозування і контролю розвитку обвальних явищ.

Автори [8, 9] зазначають, що екзогенні вертикальні переміщення гідрометеорологічного походження можуть бути викликані перемінами атмосферних та гідрологічних навантажень на поверхню Землі, об'ємними деформаціями ґрунту, які виникають внаслідок переміни його температури та вологості. Застосовуючи моделі атмосфери та розподілу води на континентальних ділянках Землі, науковці зазначають, що можна вирахувати навантаження на земну поверхню і одержати моделі зміщень земної поверхні глобального і регіонального масштабів. Lyon T. J., Filmer M. S., Featherstone W. E. доводять нелінійність впливу дії сезонних змін вологи ґрунту на вертикальні переміщення земної поверхні залежно від абсолютного значення вологості [10]. Практична значущість даної роботи полягає у можливості мінімізації впливу гідрометеорологічних чинників на результати високоточних спостережень за динамікою земної поверхні, отримані наслідки рекомендовано використовувати при високоточних спостереженнях за вертикальними рухами на геодинамічних полігонах та їх аналізу. Як показано у дослідженні [2], паралельно із геодезичними спостереженнями на геодинамічному полігоні виконували вимірювання вологості ґрунту абсолютним термогравіметричним методом до глибини 1 м через кожні 0,1 м для визначення її впливу на стійкість реперів.

Виклад матеріалу і результати. Під час організації деформаційних майданчиків локальних геодинамічних полігонів Криворізького регіону, виходячи з схеми закріплення глибинних і ґрунтових реперів, в якості робочої гіпотези приймалася стабільність (стійкість) глибинних реперів по відношенню

до дії екзогенних факторів і нерівномірність поступальних (довгоперіодичних) рухів погоризонтних і ґрунтових реперів.

Дані дослідження проводилися на спеціально обладнаних деформаційних майданчиках, технічна характеристика одного із них наведена в табл. 1, рис. 1.

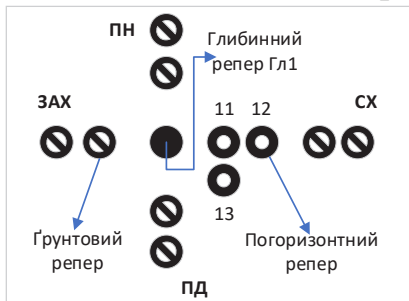


Рис. 1. Схема розміщення реперів

Стабільність глибинних реперів по відношенню до дії екзогенних процесів обґрунтовується наступними факторами: глибиною закладки реперів в кристалічних породах, що характеризуються високою щільністю і міцністю; глибиною знаходження марки репера від поверхні землі.

Таблиця 1

Технічні параметри деформаційного майданчика ДМ-1

Всього пунктів	Назва груп реперів	Відстань від глибинного репера, м	Глибина закладки, м	Глибина закладки марки від поверхні землі, м	Довжина реперних труб і залізобетонних пілонів розмірами 20x20 см
12	Гл 1		59,2	0,80	1,80-31,5
	11, 12, 13	1, 12	2,22	1,02	1,80
	ПД	8, 20	2,00	0,20	1,80
	СХ	9, 10	2,10	0,30	1,80
	ЗАХ	7, 20	2,10	0,30	1,80
	СХ	7, 55	2,20	0,40	1,80

Температурний фактор має періодичний характер і тому його вплив на стійкість реперів також закономірно змінюється в часі: лінійно змінюється в інтервалі часу березень-травень і вересень-листопад, синусоїдально в червні-серпні, якщо поділити на окремі частини. Хоча, в цілому, зміну температури можна описати синусоїдою (рис. 2).

Аналіз результатів вимірювань температури атмосфери на деформаційних майданчиках і середньомісячних температур по Кривому Рогу за даними метеослужби дозволив встановити взаємозв'язок між зміною температури атмосфери та часовими межами спостережень (рис. 3), який може бути виражений через середньомісячні екстремальні температури формулою

$$\Delta t_0 = a + b \sin \frac{\pi}{\tau} , \tag{1}$$

де a – мінімальна середньомісячна температура початкової фази (січень місяць: $a = -4,8^\circ$); b – максимальна середньомісячна температура (липень місяць: $b = +30,3^\circ$); π/τ – фази зміни температури.

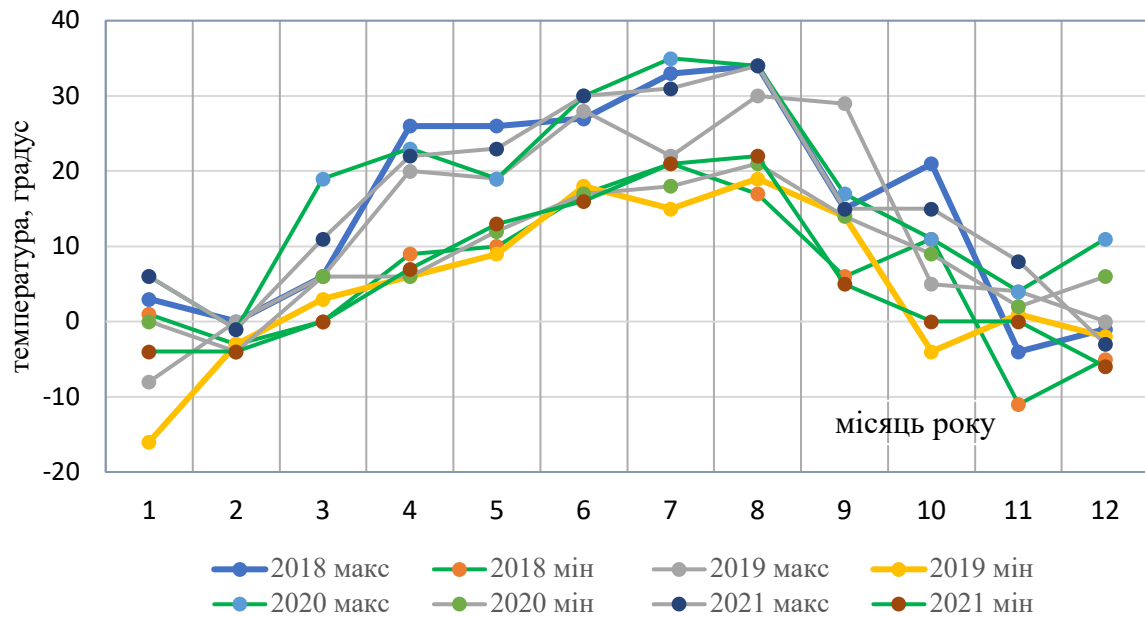


Рис. 2. Графік коливань температури атмосфери за даними метеослужби

Результати обчислень Δt_0 за формулою (1) в інтервалі часу від 0 до π наведені в табл. 2, показані на рис. 3.

Таблиця 2

Результати обчислення Δt_0

Номер фази	π/τ	$\sin \pi/\tau$	$b \sin \pi/\tau$	Δt_0	Коефіцієнти
1	15 (165)	0,259	7,838	3,038	$a = -4,8$
2	30 (150)	0,500	15,143	10,343	$b = +30,3$
3	45 (135)	0,707	21,417	16,617	
4	60 (120)	0,866	26,233	21,433	
5	75 (105)	0,966	29,262	24,462	
6	90	1,000	30,300	25,500	

Періодичні зміни температури атмосфери викликають теплові деформації гірських порід, які в силу відмінності теплофізичних властивостей і температурного режиму порід мають складну диференційовану структуру в просторі і в часі, що проявляється в неоднорідних вертикальних зсувах реперів, в основі яких залягають ці породи.

Як видно з графіка (рис. 3), зміни температури в атмосфері відбуваються закономірно, що дозволяє прогнозувати вертикальні зміщення ґрунтових реперів. Штриховою лінією показана лінія тренду для середньомісячних температур, яка побудована за формулою

$$\Delta t = 0.035n^4 - 0.9344n^3 + 7.4294n^2 - 15.762n + 7.7268$$

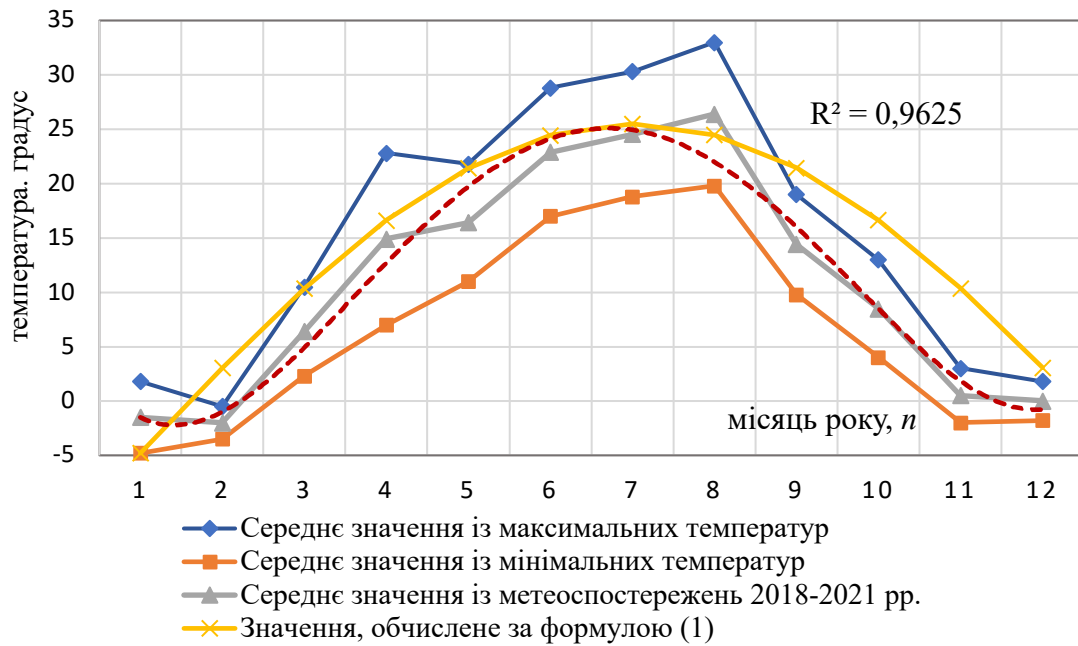


Рис. 3. Графік середньомісячних коливань температури атмосфери

Кореляційний аналіз змін температури Δt і Δh на деформаційних майданчиках ДМ-1 і ДМ-2 виявив наявність лінійного зв'язку між досліджуваними факторами (табл. 3).

Таблиця 3

Результати кореляційного аналізу

Назва майданчику	Кількість вимірювань	r	$\sigma(\Delta h)$	$\sigma(\Delta t)$	$\sigma(r)$	Примітка
ДМ-1	55	0,40	3,87	10,25	0,11	за формулою Романовського В.І.
$ r \geq 3\sigma(r); 0,33 < 0,40$						
ДМ-2	45	0,40	2,78	10,03	0,15	по критерію Фішера
$z=0,42$	$0,27 \leq z \leq 0,57$					
	$0,27 \leq z \leq 0,64$					
	$0,27 \leq z \leq 0,40$					

Для прогнозу вертикальних змішень ґрунтових реперів, обумовлених періодичними змінами температури атмосфери, може бути рекомендована формула

$$\Delta H_t = \alpha_0 h \Delta t_0 \sin \frac{\pi}{T} \tag{2}$$

де h – довжина (розмір) репера; α_0 – коефіцієнт лінійного розширення матеріалу репера (сталь, бетон); Δt_0 – температурний параметр, обчислений за формулою (1).

У табл. 4 наведено результати розрахунку зміщення ґрунтових реперів довжиною від 2 до 8 м в інтервалі через 1 м, а на рис. 4 графічно представлено

результати. Середню квадратичну похибку прогнозування нестійкості ґрунтових реперів $m_{\Delta H}$ можна розрахувати за формулою

$$m_{\Delta H t} = \alpha_0 h \sin \frac{\pi}{T} m_{\Delta t_0}, \quad (3)$$

де $m_{\Delta t_0}$ – середня квадратична похибка вимірювання температури у часі, при якій забезпечується стійкість реперів, яка прийнята $\pm 4,3^\circ$, що складає середню величину відхилення екстремальних температур від середнього.

Таблиця 4

Результати розрахунку зміщення ґрунтових реперів

Періоди спостереження, місяць року	Глибина закладки репера, м						
	2	3	4	5	6	7	8
1	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	0,06
2	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,36	0,41
3	0,23	0,35	0,46	0,58	0,69	0,81	0,92
4	0,36	0,55	0,73	0,91	1,09	1,27	1,46
5	0,46	0,69	0,93	1,16	1,39	1,62	1,85
6	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00
$m_{\Delta t_0}$, мм	$\pm 0,02$	$\pm 0,06$	$\pm 0,12$	$\pm 0,18$	$\pm 0,24$	$\pm 0,29$	$\pm 0,33$

Отже, аналіз отриманих даних дозволив встановити, що зона впливу змін температури атмосфери на стійкість реперів поширюється на глибину до 8 м і за екстремальних значень температури ($t = 50^\circ\text{C}$) може призвести до зміщення реперів до 2,0 мм.

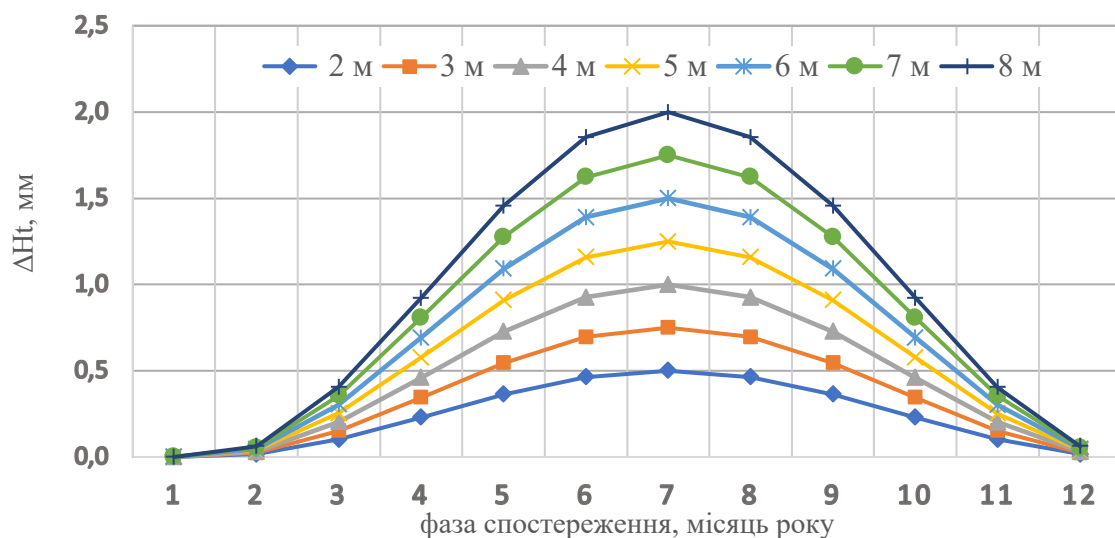


Рис. 4. Зміщення ґрунтових реперів за фазами спостереження

Виявлені закономірні зв'язку температурного фактору і обумовлена цим фактором нестійкість реперів дозволили прогнозувати її величину і

рекомендувати схему тимчасових періодів польових вимірів у повторних циклах (табл. 5).

Таблиця 5

Схема рекомендованих часових періодів польових спостережень
в повторних циклах вимірювань

Перший цикл спостереження, місяць											
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Повторний цикл спостереження, місяць											
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	XII	IX	X	IX	VIII	VII	VI	V	IV	III	II

Висновки. Дослідженнями показано ступінь впливу зміни температури атмосфери на точність результатів високоточного повторного нівелювання. Виявлені закономірності зв'язку температурного фактору і обумовлена цим нестійкість реперів дозволяють прогнозувати її величину і рекомендувати схему часових періодів польових вимірів у повторних циклах. Встановлений лінійний кореляційний зв'язок, але слід зазначити, він може бути порушеним накладенням більш сильного фактору, що визначає динаміку руху реперів. Не спостерігається чіткого зв'язку між змінами температури Δt і перевищень Δh в інтервалі часу травень – липень. Інтенсивному зростанню температури відповідає опускання ґрунтових реперів, що не узгоджується з загальною теорією їх стійкості. Зсув по фазі становить більше двох місяців, що свідчить про вплив на стійкість ґрунтових реперів іншого, більш сильнішого фактору, ніж температурний.

Список літератури

1. Букевич Н. Аналіз розвитку зсувів у гірських районах та заходи стосовно їх попередження із врахуванням інженерно-геологічних умов. Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. 2010. № 4(37). С. 34–38. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/84122489.pdf> (дата звернення: 16.04.2024).
2. Грушка І. Методи і засоби вимірювань вологості матеріалів та середовищ. Наукові праці УкрНДГМ. 2005. I, № 254. С. 169–187. URL: https://uhmi.org.ua/pub/np/254/13_Metod_Grushka.pdf (дата звернення: 18.04.2024).
3. Калинич І., Каблак Н., Скаандрі С. Динаміка розвитку зсувних процесів на території Закарпатської області. Містобудування та територіальне планування. 2017. № 64. С. 535–543.
4. Павлик В.Г. Сезонні гідротермічні вертикальні рухи земної поверхні в умовах різних за гранулометричним складом ґрунтів. Геодинаміка. 2010. № 1(9). С. 22–27. URL: <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/60553> (дата звернення: 21.04.2024).
5. Про внесення зміни до постанови Кабінету Міністрів України від 30 березня 1998 р. N 383 : Постанова Каб. Міністрів України від 16.11.2002 р. № 1745 : станом на 18 черв. 2013 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1745-2002-p#Text> (дата звернення: 21.04.2024).

6. Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля : Постанова Каб. Міністрів України від 30.03.1998 р. № 391 : станом на 21 черв. 2023 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/391-98-п#Text> (дата звернення: 21.04.2024).
7. Anatomy of apparent seasonal variations from GPS-derived site position time series / D. Dong et al. *Journal of geophysical research: solid earth*. 2002. Vol. 107, B4. P. ETG 9–1–ETG 9–16. URL: <https://doi.org/10.1029/2001jb000573> (date of access: 21.04.2024).
8. Bitelli G., Bonsignore F., Unguendoli M. Levelling and GPS networks to monitor ground subsidence in the Southern Po Valley. *Journal of geodynamics*. 2000. Vol. 30, no. 3. P. 355–369. URL: [https://doi.org/10.1016/s0264-3707\(99\)00071-x](https://doi.org/10.1016/s0264-3707(99)00071-x) (date of access: 23.04.2024).
9. Bos M.S., Bastos L., Fernandes R.M.S. The influence of seasonal signals on the estimation of the tectonic motion in short continuous GPS time-series. *Journal of geodynamics*. 2010. Vol. 49, no. 3-4. P. 205–209. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jog.2009.10.005> (date of access: 23.04.2024).
10. Lyon T.J., Filmer M.S., Featherstone W.E. On the use of repeat leveling for the determination of vertical land motion: artifacts, aliasing, and extrapolation errors. *Journal of geophysical research: solid earth*. 2018. URL: <https://doi.org/10.1029/2018jb015705> (date of access: 21.04.2024).
11. Pavlyk V.G., Kutnyi A.M., Kalnyk O.P. *Geodynamics*. 2019. Т. 2019, № 2(27). С. 16–23. URL: <https://doi.org/10.23939/jgd2019.02.016> (дата звернення: 21.04.2024).
12. Spitsa R. Principles, methods and criteria in discovery of the neotectonically active faults. *Ukrainian geographical journal*. 2013. Т. 2013, № 2. С. 40–47. URL: <https://doi.org/10.15407/ugz2013.02.040> (дата звернення: 21.04.2024).
13. Vittuari L., Gottardi G., Tini M.A. Monumentations of control points for the measurement of soil vertical movements and their interactions with ground water contents. *Geomatics, natural hazards and risk*. 2014. Vol. 6, no. 5-7. P. 439–453. URL: <https://doi.org/10.1080/19475705.2013.873084> (date of access: 21.04.2024).

Doctor of Technical Sciences, Professor **Kulikovska Olga**,
Lviv National Environmental University

ON THE INFLUENCE OF EXOGENEOUS PROCESSES ON THE RESULTS OF MEASURING MOVEMENTS OF GEODESIC MARKINGS

The influence of exogenous processes on geodetic marks is multifactorial, and in modern observation practice there is no clear scientifically based system of engineering and geodetic forecasting of neotectonics influence on the results of repeated high-precision leveling, on the basis of which it would be possible to solve the issues of stability of depth, soil and rock leveling marks, as well as modeling the mechanism of influence of exogenous processes on the results of repeated leveling. Therefore, the study of their influence is an urgent task. The study is aimed at determining the influence of exogenous processes on the results of measurements of geodetic marks displacements during observations at local geodynamic polygons in the Kryvyi Rih region. The work performed has shown that the temperature factor is periodic in nature and therefore its influence on the stability of the reps also naturally varies over time: it changes linearly in the time interval March-May and September-

November, sinusoidally in June-August, if divided into separate parts. Although, in general, the temperature change can be described as a sinusoid.

A linear correlation has been established, but it should be noted that it can be broken by the imposition of a stronger factor that determines the dynamics of the movement of the rappers. There is no clear connection between temperature changes Δt and exceedances Δh in the time interval May-July. The intensive increase in temperature corresponds to the lowering of soil references, which is inconsistent with the general theory of their stability. The phase shift is more than two months, which indicates the influence of another, stronger factor than temperature on the stability of soil references. Periodic changes in atmospheric temperature cause thermal deformations of rocks, which, due to differences in thermal properties and temperature conditions of rocks, have a complex differentiated structure in space and time, which is manifested in heterogeneous vertical displacements of the references underlying these rocks.

The revealed regularities of the temperature factor and the instability of the references caused by this factor made it possible to predict its value and recommend a scheme of time periods for field measurements in repeated cycles.

Key words: repeated leveling; geodetic marks; influence of exogenous processes; correlation analysis; displacement of benchmarks; temperature factor.

REFERENCES

1. Bukeych N. Analiz rozvytku zsuviv u hirskykh raionakh ta zakhody stosovno yikh poperedzhennia iz vrakhuvanniam inzhenerno-heolohichnykh umov. Rozvidka ta rozrobka naftovykh i hazovykh rodovyshch. 2010. № 4(37). S. 34–38. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/84122489.pdf> (data zvernennia: 16.04.2024). {In Ukrainian}
2. Hrushka I. Metody i zasoby vymiriuvan volohosti materialiv ta seredovyshch. Naukovi pratsi UkrNDHM. 2005. I, № 254. S. 169–187. URL: https://uhmi.org.ua/pub/np/254/13_Metod_Grushka.pdf (data zvernennia: 18.04.2024). {In Ukrainian}
3. Kalynych I., Kablak N., Skakandri S. Dynamika rozvytku zsvnykh protsesiv na terytorii Zakarpatskoi oblasti. Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia. 2017. № 64. S. 535–543. {In English}
4. Pavlyk V.H. Sezonnii hidrotermichni vertykalni rukhy zemnoi poverkhni v umovakh riznykh za hranulometrychnym skladom gruntiv. Heodynamika. 2010. № 1(9). S. 22–27. URL: <http://dspace.nbu.gov.ua/handle/123456789/60553> (data zvernennia: 21.04.2024). {In Ukrainian}
5. Pro vnesennia zminy do postanovy Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 30 bereznia 1998 r. N 383 : Postanova Kab. Ministriv Ukrainy vid 16.11.2002 r. № 1745

: stanom na 18 cherv. 2013 r. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1745-2002-п#Text> (data zvernennia: 21.04.2024). {In Ukrainian}

6. Pro zatverdzhennia Polozhennia pro derzhavnu systemu monitorynhu dovkillia : Postanova Kab. Ministriv Ukrainy vid 30.03.1998 r. № 391 : stanom na 21 cherv. 2023 r. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/391-98-п#Text> (data zvernennia: 21.04.2024). {In Ukrainian}

7. Anatomy of apparent seasonal variations from GPS-derived site position time series / D. Dong et al. Journal of geophysical research: solid earth. 2002. Vol. 107, B4. P. ETG 9–1–ETG 9–16. URL: <https://doi.org/10.1029/2001jb000573> (date of access: 21.04.2024). {In English}.

8. Bitelli G., Bonsignore F., Unguendoli M. Levelling and GPS networks to monitor ground subsidence in the Southern Po Valley. Journal of geodynamics. 2000. Vol. 30, no. 3. P. 355–369. URL: [https://doi.org/10.1016/s0264-3707\(99\)00071-x](https://doi.org/10.1016/s0264-3707(99)00071-x) (date of access: 23.04.2024). {In English}.

9. Bos M.S., Bastos L., Fernandes R.M.S. The influence of seasonal signals on the estimation of the tectonic motion in short continuous GPS time-series. Journal of geodynamics. 2010. Vol. 49, no. 3-4. P. 205–209. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jog.2009.10.005> (date of access: 23.04.2024). {In English}.

10. Lyon T.J., Filmer M.S., Featherstone W.E. On the use of repeat leveling for the determination of vertical land motion: artifacts, aliasing, and extrapolation errors. Journal of geophysical research: solid earth. 2018. URL: <https://doi.org/10.1029/2018jb015705> (date of access: 21.04.2024). {In English}.

11 Pavlyk V.G., Kutnyi A.M., Kalnyk O.P. OsoblivostI vplivu sezonnih varIatsIy vologi Gruntu na vertikalnI ruhi zemnoYi poverhnI. Geodynamics. 2019. T. 2019, # 2(27). S. 16–23. URL: <https://doi.org/10.23939/jgd2019.02.016> (data zvernennya: 21.04.2024). {In Ukrainian}

12. Spitsa R. Principles, methods and criteria in discovery of the neotectonically active faults. Ukrainian geographical journal. 2013. T. 2013, № 2. S. 40–47. URL: <https://doi.org/10.15407/ugz2013.02.040> (data zvernennia: 21.04.2024). {In Ukrainian}

13. Vittuari L., Gottardi G., Tini M.A. Monumentations of control points for the measurement of soil vertical movements and their interactions with ground water contents. Geomatics, natural hazards and risk. 2014. Vol. 6, no. 5-7. P. 439–453. URL: <https://doi.org/10.1080/19475705.2013.873084> (date of access: 21.04.2024). {In English}.

DOI: 10.32347/2076-815x.2024.86.437-448

УДК 528.4

Малюк О.О.,

maliuk_oo-2022@knuba.edu.ua, ORCID: 0009-0006-5207-5567,
Київський національний університет будівництва та архітектури

ОСОБЛИВОСТІ ДІЯЛЬНОСТІ КОМІТЕТУ ЕКСПЕРТІВ ООН З УПРАВЛІННЯ ГЛОБАЛЬНОЮ ГЕОПРОСТОРОВОЮ ІНФОРМАЦІЄЮ (UN-GGIM): ДОСВІД УКРАЇНИ

Досліджено діяльність Комітету експертів ООН з управління глобальною геопросторовою інформацією (United Nations Committee of Experts on Global Geospatial Information Management, UN-GGIM), а саме: структуру організації, програми та напрями, які реалізуються; прийняті Комітетом резолюції та стратегії розвитку геопросторової інформації.

Також було проаналізовано, яку саме роль відіграє Україна, беручи активну участь у проєктах Комітету UN-GGIM, яким чином впливають отримані результати на топографо-геодезичну та картографічну діяльність і сферу національної інфраструктури геопросторових даних України (далі – НІГД).

Було окремо проаналізовано 11 програм Комітету UN-GGIM на предмет участі української сторони у робочих групах.

Отримані результати дозволили сформуванню висновку, що Україна в особі Державної служби з питань геодезії, картографії та кадастру продовжує долати шлях розвитку НІГД та створення високоякісних, достовірних, актуальних, інтегрованих геопросторових даних, які будуть відповідати сучасному рівню розвитку геоінформаційних систем і світовим тенденціям технологій Четвертої промислової революції.

Ключові слова: геопросторові дані; ГІС; IGIF; інтеграція даних; геодезія; картографія; ООН; геопортал.

Постановка проблеми. Економічна і соціальна рада ООН (далі – ЕКОСОП), заснувала Комітет експертів як вищий міжурядовий механізм для прийняття спільних рішень і визначення напрямків щодо виробництва, доступності та використання геопросторової інформації в рамках національної, регіональної та глобальної політики. Очолюваний державами-членами Організації Об'єднаних Націй, UN-GGIM має на меті вирішувати глобальні проблеми, пов'язані з використанням та розвитком геопросторової інформації, і служити органом для розроблення глобальної політики в галузі управління геопросторовою інформацією.

Кожен Регіональний комітет UN-GGIM відіграє життєво важливу роль, підтримуючи зв'язок із Секретаріатом UN-GGIM з питань, що становлять інтерес, та основних подій у період між засіданнями Комітету експертів, сприяючи регіональному розвитку та дискусіям, а також надаючи офіційну інформацію Комітету експертів. П'ять регіональних комітетів забезпечують механізм сильної та впорядкованої регіональної інфраструктури, яка піднімає важливі регіональні перспективи на глобальний рівень, а результати та переваги глобальної діяльності поширюються серед усіх держав-членів у кожному регіоні [1]:

- Азія-Тихий океан (UN-GGIM-ASIA-PACIFIC);
- Америки (UN-GGIM: AMERICAS);
- Арабські країни (UN-GGIM: ARAB STATES);
- Європа (UN-GGIM: EUROPE);
- Африка (UN-GGIM: AFRICA).

У Регіональному комітеті Європи (UN-GGIM: EUROPE) створено робочі групи з реалізації робочого плану на 2022 – 2025 роки:

- 1) інтеграція даних;
- 2) цілі сталого розвитку;
- 3) інтегрована система геопросторової інформації;
- 4) стратегія та політика щодо даних;
- 5) геодезичні референсні системи координат Європи.

Метою UN-GGIM: Europe є сприяння більш ефективному управлінню та доступності геопросторової інформації в Європі, а також забезпечення узгодженості роботи Регіонального комітету з глобальною програмою UN-GGIM. На своєму восьмому пленарному засіданні в жовтні 2021 року Регіональний комітет схвалив і прийняв оновлену стратегію UN-GGIM: Європа. Оновлена стратегія окреслює місію UN-GGIM: Європа, яка полягає в максимальному використанні геопросторової інформації в Європі для побудови більш безпечного та сталого світу [2].

Станом на травень 2024 року відбулось 13 сесій Комітету (останнє – 4 серпня 2023 р.). Резолюція 2022/24 Економічної і Соціальної Ради (ЕКОСОП), прийнята 22 липня 2022 року, підтвердила важливість зміцнення і підвищення ефективності Комітету експертів Організації Об'єднаних Націй з управління глобальною геопросторовою інформацією, особливо для здійснення його діяльності, спрямованої на досягнення Цілей сталого розвитку та Інтегрованої системи геопросторової інформації Організації Об'єднаних Націй, з метою зміцнення і забезпечення його подальшої ефективності та користі для всіх держав-членів. Тринадцята сесія Комітету експертів була присвячена

нагальним потребам у вдосконаленні національного управління геопросторовою інформацією для підтримки прискореного досягнення Цілей сталого розвитку, використовуючи прийняті Комітетом норми, рамки, принципи та керівництва в якості стратегій і механізмів для розвитку, інтеграції, зміцнення та максимізації управління геопросторовою інформацією і пов'язаних з нею ресурсів та лідерства в усіх країнах [3].

Комітет підтвердив необхідність скорочення зростаючого цифрового розриву в галузі геопросторової інформації між розвиненими країнами та країнами, що розвиваються, а також забезпечення того, щоб під час будь-якого розгляду питань, що стосуються майбутньої екосистеми, пріоритет надавався потребам країн, що розвиваються, зокрема й завдяки сприянню створенню систематизованих та всеосяжних механізмів, за допомогою яких особи, які ухвалюють рішення, отримують доступ до геопросторових даних і технологій [4].

У зв'язку з цим Комітет експертів зазначив, що світовому співтовариству необхідно продовжувати обговорення екосистеми геопросторової інформації, щоб пояснити, яку роль відіграє геопросторова інформація в технологічному прогресі та суспільстві загалом, а також наголосив на важливості відкритої для всіх глобальної взаємодії з метою забезпечення узгодженості дій та врахування інтересів ширшого геопросторового співтовариства під час розроблення вищезазначених концепцій [4].

Комітету експертів представлено оновлену інформацію про обговорення і зусилля, спрямовані на подальше вивчення майбутньої екосистеми геопросторової інформації, з метою надання допомоги державам-членам і національним установам, які займаються геопросторовою інформацією, де важливу роль відіграватимуть технологічні розробки та інноваційні варіанти застосування [4].

Аналіз досліджень та публікацій по темі дослідження. У роботах [5 – 15] було проаналізовано, яким чином міжнародні проекти сприяли розвитку інфраструктури геопросторових даних в Україні та обумовили перехід від картографічного підходу створення/оновлення топографічних планів і карт до інфраструктурного (або геоінформаційного), де ядром є база топографічних даних.

У серпні 2018 року Комітетом експертів ООН з управління глобальною геопросторовою інформацією (Global Geospatial Information Management - UN-GGIM) була прийнята Система інтегрованої геопросторової інформації або Рамкова програма інтегрованої геопросторової інформації (Integrated Geospatial Information Framework – IGIF).

Система інтегрованої геопросторовою інформацією включає Методологію (надалі Методологія IGIF) та відповідний аналітичний набір інструментів для підтримки використання Системи інтегрованої геопросторової інформації ООН та поступового створення інфраструктур геопросторових даних, адаптованих до конкретних країн та пріоритетів [16]

У червні 2021 року Держгеокадастром була проведена чергова оцінка стану розвитку національної інфраструктури в Україні за Методологією IGIF. В опитуванні взяли участь група консультантів, які працюють в Держгеокадастрі та в інших організаціях України. У результаті оцінювання встановлено, що правова та політична перспектива є сильною стороною стану розвитку НІГД, а прийняття Закону про Національну інфраструктуру геопросторових даних і постанови Кабінетом Міністрів “Порядок функціонування національної інфраструктури геопросторових даних [17-19] є головними досягненням і трампліном для прогресу. У результаті оцінювання виявлено досить високий рівень розвитку стандартизації у сфері географічної інформації/геоматики та культури інновацій, яка підкріплюється підтримкою на загальнодержавному рівні у взаємодії Держгеокадастру та Міністерства цифрової трансформації, також є можливістю, якою має скористатися геоінформаційна спільнота [16].

Слабкі сторони розвитку НІГД полягають у незавершеності механізмів управління, відсутності стійкої бізнес-моделі для розвитку необхідної інфраструктури, нерозвиненості партнерства між державним та приватним секторами та відсутності комунікаційної стратегії. Особливо треба вказати на неналежний рівень забезпеченості базовими геопросторовими даними, відзначити відставання, відсутність специфікацій та метаданих для геопросторових даних, а наявні геопросторові дані є неінтероперабельними і практично недоступні на геопорталах [14, 16]. Загальна оцінка стану розвитку національної інфраструктури в Україні, виконаної за Методологією IGIF, становить 0,36 або 36%, що відповідає рейтингу країн з «геопросторовим розривом» [14, 16].

Основні програми, які реалізуються Комітетом [1]:

- 1) посилення управління геопросторовою інформацією;
- 2) внесок у глобальний порядок денний у сфері геопросторової інформації;
- 3) інтегроване управління геопросторовою інформацією на національному рівні;
- 4) геопросторова інформація для сталого розвитку;
- 5) геодезія;
- 6) інтеграція статистичної та геопросторової інформації;

- 7) землеустрій та управління земельними ресурсами;
- 8) геопросторова інформація та послуги в умовах надзвичайних ситуацій;
- 9) морська геопросторова інформація;
- 10) політичні та правові рамки;
- 11) впровадження геопросторових стандартів.

Метою роботи є дослідити особливості діяльності Комітету експертів ООН з управління глобальною геопросторовою інформацією (UN-GGIM) та проаналізувати результати активної участі українських науковців та державних службовців у цій організації.

Виклад основного змісту дослідження. У рамках реалізації норвезького проекту міжнародної технічної допомоги Картографічною службою Королівства Норвегія (Kartverket) було надано експертну підтримку за методологією Світового банку та застосовано чотири інструменти, зокрема:

- оцінку поточного стану геопросторової інфраструктури в країні;
- геопросторове узгодження (визначення стратегічних цілей, які можуть знайти практичне використання в сфері геопросторових даних);
- соціально-економічний аналіз;
- національний план дій щодо функціонування НІГД.

Рамкова програма інтегрованої геопросторової інформації - IGIF (Програма 1 і 3). Рамкова програма інтегрованої геопросторової інформації Організації Об'єднаних Націй (IGIF) є основою та керівництвом для розробки, інтеграції, зміцнення та максимізації управління геопросторовою інформацією та пов'язаними з нею ресурсами в усіх країнах. Вона допоможе країнам подолати геопросторовий цифровий розрив, забезпечити соціально-економічне процвітання і не залишити нікого позаду.

IGIF складається з трьох частин, які є окремими, але пов'язаними між собою документами:

- частина 1. Всеохоплююча стратегія;
- частина 2. Посібник з реалізації;
- частина 3. План дій на рівні країни.

Ці три частини складають комплексну інтегровану систему геопросторової інформації, яка задовольняє потреби країни у вирішенні економічних, соціальних та екологічних питань, що залежать від інформації про місцезнаходження у світі, який постійно змінюється. Посібник з впровадження інформує користувачів про те, що необхідно для створення, впровадження, зміцнення, вдосконалення та/або підтримки національної системи управління геопросторовою інформацією та її потенціалу.

IGIF зосереджується на інформації про місцезнаходження, яка інтегрована з будь-якими іншими значущими даними для вирішення соціальних та екологічних проблем, виступає каталізатором економічного зростання та можливостей, а також для розуміння та отримання вигоди від пріоритетів розвитку країни та Цілей сталого розвитку.

У лютому 2022 року було завершено Оцінку соціально-економічного впливу, яка дозволила кількісно оцінити витрати та вигоди, розробити фінансову модель, а також проаналізувати інші дослідження та регіональні галузеві звіти інших країн.

Під час проведення соціально-економічного аналізу експерти зіткнулися з низкою проблем, серед яких неповні та неперевірені дані, а також установи, які не надають надійних фінансових даних, і відсутність довіри до того, як ця інформація буде використана. За результатами Оцінки були розроблені рекомендації для України на 5-річний період щодо покращення функціонування НІГД [20].

Результати аналізу були використані для розробки плану впровадження НІГД та реалізації заходів, що стимулюватимуть розвиток геопросторової екосистеми в Україні та економічному зростанню [20].

Внесок у глобальний порядок денний у сфері геопросторової інформації (Програма 2). Щорічно Держгеокадастр офіційно надає Комітету звіти стан розвитку геопросторової інформації в державі.

У 2023 році Державна служба з питань геодезії, картографії та кадастру надала звіт Комітету, у якому викладено основні досягнення та діяльність Держгеокадастру у сфері геопросторової інформації, топографо-геодезичної діяльності та кадастру за період 2022 р. та перше півріччя 2023 р., а також плани на найближче майбутнє з урахуванням головного виклику для країни - неспровокованої війни. [20].

Також було повідомлено Комітет про обмежений доступ до державних геоінформаційних ресурсів, держателем яких є Держгеокадастр, у зв'язку з дією військового стану в державі (рис. 1).

Геопросторова інформація для сталого розвитку (Програма 4). Національна економічна стратегія України на період до 2030 року, затверджена постановою Кабінету Міністрів України від 03.03.2021 №179, визначає створення та забезпечення функціонування Національної інфраструктури просторових даних як один з основних пріоритетів розвитку держави.

Ця діяльність включає створення, оновлення, оброблення, зберігання та використання геопросторових даних широким колом геопросторових даних широким колом користувачів за безпосереднього управління цими процесами з боку Держгеокадастру [20].

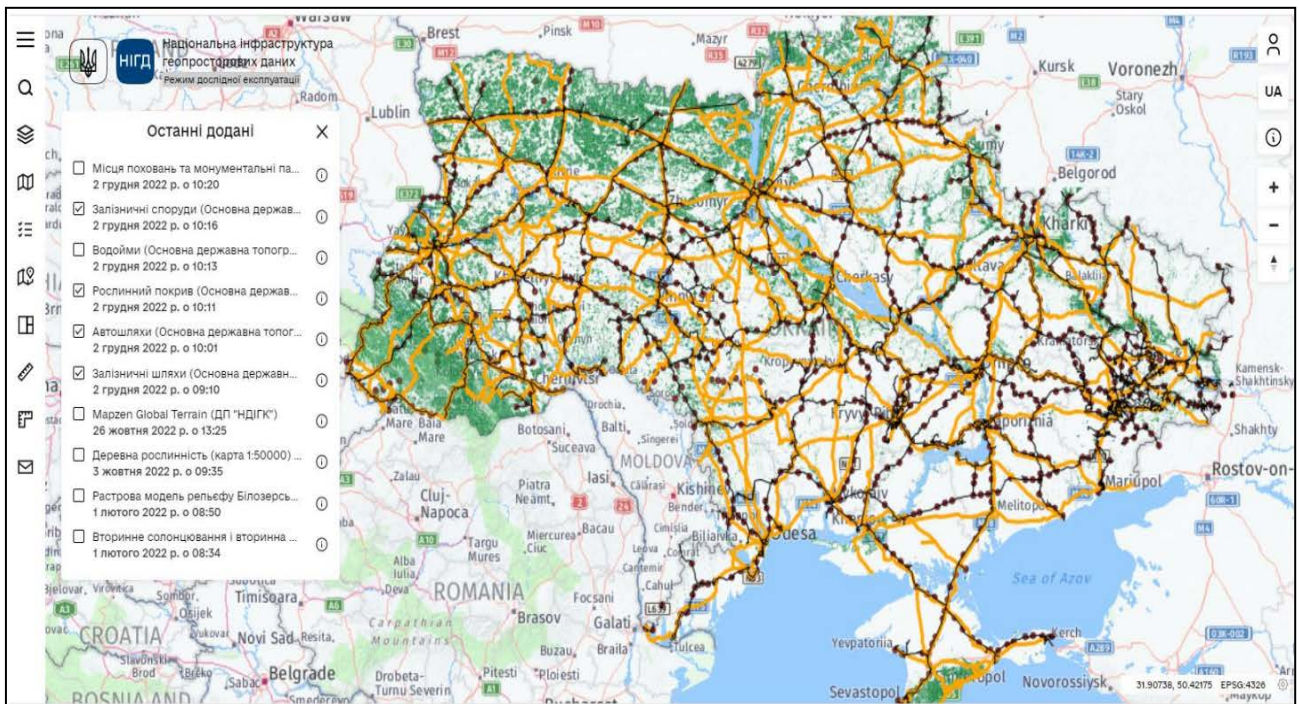


Рис. 1. Інтерфейс веб-карти на національному геопорталі НІГД [20]

Геодезія (Програма 5). Українська сторона не представлена як член команди у робочих групах цієї програми. Проте, це не зупиняє розвиток і функціонування геопорталу Державної геодезичної мережі та створення Української постійно діючої (перманентної) мережі спостережень глобальних навігаційних супутникових систем, а демонструє високий та сучасний рівень розвитку геодезичної галузі в Україні.

Інтеграція статистичної та геопросторової інформації (Програма 6). Українська сторона не представлена як член команди у робочих групах цієї програми.

Землеустрій та управління земельними ресурсами (Програма 7). Українська сторона не представлена як член команди у робочих групах цієї програми.

Геопросторова інформація та послуги в умовах надзвичайних ситуацій (Програма 8). Українська сторона не представлена як член команди у робочих групах цієї програми.

Морська геопросторова інформація (Програма 9). Українська сторона не представлена як член команди у робочих групах цієї програми. Слід зазначити, що розвиток морської інфраструктури геопросторових даних в Україні реалізує науково-виробничий комплекс «Укрморкартографія», філія державної установи «Держгідрографія» Державна служба морського і внутрішнього водного транспорту та судноплавства України.

Політичні та правові рамки (Програма 10). Українська сторона не представлена як член команди у робочих групах цієї програми.

Впровадження геопросторових стандартів (Програма 11). Цю програму в Україні реалізовує Технічний комітет 103 «Географічна інформація/Геоматика», який утворений наказом Державного комітету України з питань технічного регулювання та споживчої політики «Про затвердження Положення про технічний комітет стандартизації ТК 103 «Географічна інформація/геоматика» №309 від 24.10.2006 р.

Висновки. Проаналізована активність України у рамках програм Комітету UN-GGIM дозволяє стверджувати, що розвиток національної інфраструктури геопросторових даних обумовлений значною мірою можливістю брати активну участь у міжнародних проєктах, яку надають партнери держави та світові лідери. Набутий досвід у цих проєктах одразу впроваджується на виробництві, тим самим підвищуючи рівень знань кваліфікованих фахівців і рівень якості створених/оновлених геопросторових даних.

Слід звернути увагу, що у більшості програмах Комітету UN-GGIM українська сторона не представлена як член команди, хоча реалізовує ці теми на загальнодержавному рівні у частині науково-дослідних робіт.

Список джерел

1. UN-GGIM. UN-GGIM: EUROPE [Електронний ресурс] / UN-GGIM // United Nations. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: <https://ggim.un.org/regional-entities/#europe>.
2. UN-GGIM. Working Groups [Електронний ресурс] / UN-GGIM // United Nations. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: <https://un-ggim-europe.org/working-groups/>.
3. UN-GGIM. Thirteenth Session [Електронний ресурс] / UN-GGIM // United Nations. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: <https://ggim.un.org/meetings/GGIM-committee/13th-session/>.
4. UN-GGIM. The future geospatial information ecosystem [Електронний ресурс] / UN-GGIM // United Nations. – 2023. – Режим доступу до ресурсу: https://ggim.un.org/meetings/GGIM-committee/13th-Session/documents/E_C20_2_023_9_e.pdf.
5. Karpinskyi Yu., Lazorenko N., Maksymova Yu., Kin D., Nesterenko O., Zhao H. & Borowczyk J. (2024). Geoinformation Support of the Decision-Making Support System for the Reconstruction of Cultural Heritage Objects. *International Journal of Conservation Science*. 15(1, 2024). 119-128 DOI: 10.36868/IJCS.2024.SI.10
6. Karpinskyi Y., Lazorenko-Hevel N., Kin D. (2020). INSPIREID implementation in the topographic database of the main state topographic map of Ukraine. Веб *ISTCGCAP*, Vol. 91, No. 91, 20–27. <https://doi.org/10.23939/istcgcap2020.91.020>
7. Karpinskyi, Y., & Lazorenko-Hevel, N. (2020). Topographic mapping in the National Spatial Data Infrastructure in Ukraine. In *E3S Web of Conferences*, Vol. 171, p. 02004. EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017102004>
8. Karpinskyi Yu., Lyashchenko A., Lazorenko N., Kin D. (2023) Providing an educational component for the development of the National geospatial data infrastructure. *Conference*

Proceedings International Conference of Young Professionals «GeoTerrace-2023», Volume 2023, p.1 – 5. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2023510002>

9. Karpinskyi Yu., Lyashchenko A., Lazorenko-Hevel N., Cherin A., Kin D. and Havryliuk Ye. (2021) Main state topographic map: structure and principles of the creation a database. *Conference Proceedings, Geoinformatics*, Volume 2021, p. 1– 6. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.20215521043>

10. Kin D., Lazorenko N., Karpinskyi Y. NSDI development during the War for the reconstruction of Ukraine. *Advances in Topographic Mapping: International conference*, Poznan, 27–28 October 2022. https://topo.icaci.org/wp-content/uploads/2022/10/s4p2_kin.pdf

11. Карпінський Ю., Лазоренко-Гевель Н. Системна модель топографічного картографування в національній інфраструктурі геопросторових даних в Україні // Геодезія, картографія і аерофотознімання. Вип. 92, 2020. С.24-36 DOI: <https://doi.org/10.23939/istcgcap2020.92.024>

12. Карпінський Ю. О., Лазоренко-Гевель Н. Ю. (2018) Методи збирання геопросторових даних для топографічного картографування Сучасні досягнення геодезичної науки і виробництва. Збірник наукових праць, 2018. Вип. I (35). С. 204–211. URL: <http://gki.com.ua/ua/metodi-zbirannja-geoprostorovihdanih-dlja-topografichnogo-kartografuvannja>

13. Карпінський Ю. О., Лященко А. А. Стратегія формування національної інфраструктури геопросторових даних в Україні. Київ: НДІГК, 2006. 108 с.

14. Карпінський Ю., Лященко А., Макаренко Д., Черін А. (2021). Національна інфраструктура геопросторових даних України у світовому вимірі: стан та нагальні завдання розвитку і сталого функціонування. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*, I (41). С. 104-112. DOI: www.doi.org/10.33841/1819-1339-1-41-104-112

15. Лазоренко-Гевель Н., Карпінський Ю., Кінь Д. (2021). Особливості створення (оновлення) цифрових топографічних карт для формування основної державної топографічної карти. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*, I (41). С. 113-122. DOI: www.doi.org/10.33841/1819-1339-1-41-113-122.

16. Карпінський Ю.О. Основи створення інтероперабельних геопросторових даних. / Ю. О. Карпінський та ін. – Київ: КНУБА, 2023. – 302 с. ISBN: 978-966-627-248-8.

17. Закон України Про національну інфраструктуру геопросторових даних: прийнятий 13 квіт. 2020 року № 554-IX// Відомості Верховної Ради України. – 2020. – № 37. – Ст. 277. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/554-20#Text>.

18. Про затвердження Порядку функціонування національної інфраструктури геопросторових даних: Постанова Кабінету Міністрів України від 26 трав. 2021 р. № 532. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/532-2021-п#Text>.

19. Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України «Про затвердження технічних вимог до геопросторових даних, метаданих і геоінформаційних сервісів національної інфраструктури геопросторових даних» від 10 листопада 2021 р. № 347. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0021-22#Text>

20. The State Service of Ukraine for Geodesy, Cartography and Cadastre. UKRAINE Country Report 2022-2023 [Електронний ресурс] / The State Service of Ukraine for Geodesy, Cartography and Cadastre // United Nations. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: https://ggim.un.org/country-reports/documents/Ukraine_National_Report_2023.pdf.

Oleksandr Maliuk,
Kyiv National University of Construction and Architecture

PECULIARITIES OF THE ACTIVITIES OF THE UNITED NATIONS COMMITTEE OF EXPERTS ON GLOBAL GEOSPATIAL INFORMATION MANAGEMENT (UN-GGIM): UKRAINE'S EXPERIENCE

This article examines the activities of the United Nations Committee of Experts on Global Geospatial Information Management (UN-GGIM), namely: the structure of the organisation, programmes and areas of work; resolutions adopted by the Committee and strategies for the development of geospatial information.

The aim of this paper is to research the peculiarities of the UN Committee of Experts on Global Geospatial Information Management (UN-GGIM) and analyse the results of the active participation of Ukrainian scientists and civil servants in this organisation.

It analysed what role Ukraine plays by actively participating in the projects of the UN-GGIM Committee, and how the results obtained affect the topographic, geodetic and mapping activities and the sphere of the National Geospatial Data Infrastructure of Ukraine (hereinafter referred to as NGDI). 11 programmes of the UN-GGIM Committee were separately analysed for the participation of the Ukrainian side in the working groups.

The results obtained allowed us to conclude that Ukraine, represented by the State Service of Ukraine for Geodesy, Cartography and Cadastre, continues to overcome the path of NSDI development and creation of high-quality, reliable, up-to-date, interoperable geospatial data that will meet the current level of development of geographic information systems and global trends of the Fourth Industrial Revolution. It should be noted that in most programmes of the UN-GGIM Committee, the Ukrainian side is not represented as a team member, although it implements these topics at the national level in terms of research and development.

Keywords: geospatial data; GIS; IGIF; data integration; geodesy; cartography; UN; geoportal.

REFERENCES

1. UN-GGIM. UN-GGIM: EUROPE [Електронний ресурс] / UN-GGIM // United Nations. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: <https://ggim.un.org/regional-entities/#europe>. {in English}
2. UN-GGIM. Working Groups [Електронний ресурс] / UN-GGIM // United Nations. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: <https://un-ggim-europe.org/working-groups/>. {in English}

3. UN-GGIM. Thirteenth Session [Електронний ресурс] / UN-GGIM // United Nations. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: <https://ggim.un.org/meetings/GGIM-committee/13th-session/>. {in English}
4. UN-GGIM. The future geospatial information ecosystem [Електронний ресурс] / UN-GGIM // United Nations. – 2023. – Режим доступу до ресурсу: https://ggim.un.org/meetings/GGIM-committee/13th-Session/documents/E_C20_2023_9_e.pdf. {in English}
5. Karpinskyi Yu., Lazorenko N., Maksymova Yu., Kin D., Nesterenko O., Zhao H. & Borowczyk J. (2024). Geoinformation Support of the Decision-Making Support System for the Reconstruction of Cultural Heritage Objects. *International Journal of Conservation Science*. 15(1, 2024). 119-128 DOI: 10.36868/IJCS.2024.SI.10. {in English}
6. Karpinskyi Y., Lazorenko-Hevel N., Kin D. (2020). INSPIREID implementation in the topographic database of the main state topographic map of Ukraine. Виб *ISTCGCAP*, Vol. 91, No. 91, 20–27. <https://doi.org/10.23939/istcgcap2020.91.020>. {in English}
7. Karpinskyi, Y., & Lazorenko-Hevel, N. (2020). Topographic mapping in the National Spatial Data Infrastructure in Ukraine. In *E3S Web of Conferences*, Vol. 171, p. 02004. EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017102004>. {in English}
8. Karpinskyi Yu., Lyashchenko A., Lazorenko N., Kin D. (2023) Providing an educational component for the development of the National geospatial data infrastructure. *Conference Proceedings International Conference of Young Professionals «GeoTerrace-2023»*, Volume 2023, p.1 – 5. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2023510002>. {in English}
9. Karpinskyi Yu., Lyashchenko A., Lazorenko-Hevel N., Cherin A., Kin D. and Havryliuk Ye. (2021) Main state topographic map: structure and principles of the creation a database. *Conference Proceedings, Geoinformatics*, Volume 2021, p. 1– 6. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.20215521043>. {in English}
10. Kin D., Lazorenko N., Karpinskyi Y. NSDI development during the War for the reconstruction of Ukraine. *Advances in Topographic Mapping: International conference*, Poznan, 27–28 October 2022. https://topo.icaci.org/wp-content/uploads/2022/10/s4p2_kin.pdf. {in English}
11. Karpinsky Y., Lazorenko-Gevel N. System model of topographic mapping in the national geospatial data infrastructure in Ukraine // *Geodesy, cartography and aerial photography*. Issue 92, 2020. P.24-36 DOI: <https://doi.org/10.23939/istcgcap2020.92.024>. {in Ukrainian}
12. Karpinskyi Y.O., Lazorenko-Hevel N.U. (2018). Methods of collecting geospatial data for topographic mapping Modern achievements of geodetic science

and production. Collection of scientific works, 2018. Issue I (35). p. 204-211. URL: <http://gki.com.ua/ua/metodi-zbirannja-geoprostorovihdanih-dlja-topografichnogo-kartografuvannja>. {in Ukrainian}

13. Karpinskyi Y.O., Lyashchenko A.A. Strategy of formation of the national geospatial data infrastructure in Ukraine. Kyiv: Research Institute of Geosciences, 2006. 108 p. {in Ukrainian}

14. Karpinskyi Y., Lyashchenko A., Makarenko D., Cherin A. (2021). National geospatial data infrastructure of Ukraine in the global dimension: state and urgent tasks of development and sustainable functioning. Modern achievements of geodetic science and production, I (41). p. 104-112. DOI: www.doi.org/10.33841/1819-1339-1-41-104-112. {in Ukrainian}

15. Lazorenko-Hevel N., Karpinskyi Y., Kin D. (2021). Features of creating (updating) digital topographic maps for the formation of the main state topographic map. Modern achievements of geodetic science and production, I (41). p. 113-122. DOI: www.doi.org/10.33841/1819-1339-1-41-113-122. {in Ukrainian}

16. Karpinsky Y.O. Fundamentals of creating interoperable geospatial data. / Y.O. Karpinsky et al. Kyiv: KNUBA, 2023. 302 p. ISBN: 978-966-627-248-8. {in Ukrainian}

17. The State Service of Ukraine for Geodesy, Cartography and Cadastre. UKRAINE Country Report 2022-2023 [Електронний ресурс] / The State Service of Ukraine for Geodesy, Cartography and Cadastre // United Nations. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: https://ggim.un.org/country-reports/documents/Ukraine_National_Report_2023.pdf. {in English}

18. The Law of Ukraine On the National Infrastructure of Geospatial Data: adopted on April 13, 2020 No. 554-IX// Information of the Verkhovna Rada of Ukraine. – 2020. – No. 37. – 277. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/554-20#Text>. {in Ukrainian}

19. On the approval of the Procedure for the functioning of the national infrastructure of geospatial data: Decree of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated May 26, 2021 No. 532. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/532-2021-п#Text>. {in Ukrainian}

20. The Order of the Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine «On approval of technical requirements for geospatial data, metadata and geoinformation services of the national infrastructure of geospatial data»; dated November 10, 2021 No. 347. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0021-22#Text>. {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2076-815x.2024.86.449-461

УДК 528.46+711.4

канд. тех. наук, доцент **Поморцева О.Є.**,
elenapomor7@gmail.com, ORCID: 0000-0002-4746-0464,Харківський національний університет
міського господарства імені О.М. Бекетова,канд. тех. наук, доцент, **Лазоренко Н.Ю.**,
lazorenko.niu@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-1572-4947,**Кінь Д.О.**, kin.do@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-0185-2534,

Київський національний університет будівництва та архітектури,

Некрасов Я.В.,

yaruslav20032003200320032003@gmail.com, ORCID ID: 0009-0009-3892-8748,

Харківський національний університет
міського господарства імені О.М. Бекетова

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВЕРНАКУЛЯРНИХ РАЙОНІВ НА СТАЛИЙ РОЗВИТОК ТЕРИТОРІЙ МІСТ

Актуальність дослідження обумовлена потребою у максимальному залученні мешканців у процеси управління та розвитку територіями міста, що дозволить створити комфортне, зручне та сучасне міське середовище з максимальним врахуванням інтересів та потреб користувачів інфраструктурою міста. Метою дослідження, матеріали якого викладено у цій статті, є аналіз сучасних підходів у містобудуванні з врахуванням потреб населення, що мешкає саме на цій території, як складової сталого розвитку сучасного міста, з використанням геоінформаційних технологій та відкритих геопросторових даних, наприклад, геотегів.

Ці питання вивчені в розрізі благоустрою та привабливості міста з точки зору пересічного мешканця. Для забезпечення базових потреб, пов'язаних з покращенням рівня та комфортності проживання, пропонується районування території на вернакулярні райони. Такий поділ території суттєво відрізняється від адміністративних районів.

Дослідження проведено на прикладі міста-мільйонника – Харкова. Були визначені принципи формування вернакулярних районів всередині існуючої міської території, розглянута ретроспектива походження цієї концепції. Розглянуто взаємозв'язок між вернакулярними районами та менталітету населення за допомогою габітусу.

Ключові слова: геоінформаційна система; геопросторовий аналіз; містобудування; вернакулярний район; нерухомість; точка інтересу; маргінальна зона; габітус.

Постановка проблеми. Сьогодні у містах світу мешкає понад половина населення планети (приблизно 56%), а до 2050 року очікується збільшення частки міського населення до 70%.

Міста є одними із рушійних сил економіки своїх країн. Незважаючи на їхню різноманітність, потреби та цінності мешканців дуже схожі: тривалість життя, зниження смертності, професійна самореалізація, різноманітне дозвілля, якість освіти та життя в цілому – всі ці запити та виклики актуальні для всіх городян. Життєдіяльність городян протікає і впорядковується в процесі осмислення матеріальних та ідеальних умов життя. Сенси стають точками життєвого простору, а щодо міста – точкою відліку самого міського простору. Міський простір складається із смислових точок. Головна функція будь-яких точок відліку полягає в тому, що вони формують певний порядок, у якому стає можлива певна траєкторія поведінки й життєвого шляху, у такий спосіб простір перетворюється на облаштований осмислений простір міста. Люди насичують точки своїми символами: храмами, владою, дозвіллям, торгівлею, житлом [1, 2].

Одним із механізмів впливу на сталий розвиток міських територій є зонування або районування міста. Зонування його території призначене насамперед для формування якісних умов життя громадян. Міста, де враховано більш комфортні для проживання умови та потреби мешканців, створюють середовища для обміну думками та побажаннями містян та відповідно є «магнітами» людського капіталу.

Оскільки різні класи населення мають різні звички та традиції, що створює у соціальному просторі міста так звані габітуси [3], відповідно в них формуються різні потреби в ресурсах. Залучення мешканців у процеси управління та розвитку територіями міста дозволить створити комфортне, зручне та сучасне міське середовище з максимальним врахуванням їх інтересів та потреб.

Аналіз досліджень та публікацій по темі дослідження. Доволі актуальним завданням на сьогодні є дослідження регулювання адміністративного поділу, як важливого інструменту для просторового управління територіями [4-12].

У роботі [13] авторка зазначила: *«сьогодні уся Україна «вкрита» вернакулярними районами різних рангів, але вони залишаються поза увагою сучасних науковців. Без врахування таких ментально-територіальних утворень неможлива жодна адміністративно-територіальна реформа, жодне політико-просторове перетворення та вдосконалення».*

У статті [14] підкреслено, що *«як наслідок територіальної ідентифікації населення та ментальної структуризації географічного простору формуються вернакулярні райони. У відповідності до рівнів територіальної ідентичності*

існують різні рівні вернакулярних районів: від внутрілокального до макрорегіонального».

Вивчення питання щодо розширення міст у Китаї з 2013 по 2017 рік під час адміністративного поділу територій на райони показало, що це має значний вплив на розширення населених пунктів у державі. Ступені розширення міст суттєво різняться в різних регіонах через відмінності в стадіях соціально-економічного розвитку. Невдалий поділ міської території на адміністративні одиниці може створити певні проблеми у містах, що вплине на їх подальший розвиток. Вивчення впливу поділу території міста на райони допомагає адміністрації приймати диференційовані рішення [15].

Науковці в Італії запропонували практичне застосування відношення площі, що займається районом, до населення. Використовуючи відкриті дані про населення і мережу доріг, було визначено співвідношення для різних районів міських територій. Було запропоновано об'єднання адміністративних одиниць, використовуючи емпіричне значення цих відношень як цільову функцію для прийняття або відхилення попарного злиття декількох районів. Цей метод, разом із експертним обговоренням, використовується як додатковий інструмент для здійснення міського планування [16].

Метою роботи є дослідження та обґрунтування впливу вернакулярних районів на сталий розвиток міста, що дозволить розробити методологію аналізу та врахування інтересів та потреб мешканців міста в управлінні та розвитку його територій та інфраструктури.

Виклад основного змісту дослідження. У теорії містобудування концепція «габітус міста» введена для пояснення особливості формування матеріальної структури міст, закладених у різні історичні періоди, також для позначення конкретного місця, міста й регіону [17]. Габітус міста – це сукупність морфологічних характеристик матеріальної структури міста, притаманних лише певній епосі та певній культурі [17]. Морфологічні ознаки, що є типовими для певної території в певний момент часу, і будуть відповідати габітусу як своєрідного концепту про характерну форму та будову матеріальної структури міста, яка сформована на окресленій території в певну історичну епоху. На цьому етапі поняття «габітус» матиме діагностичне значення, а його роль зводиться до визначення формальної оцінки своєрідності тих чи інших поселень, виражених у специфіці їх розвитку та способах зміни (або здатності пристосовуватися до певних умов) [18]. Він здатен у простий спосіб привернути увагу до стану збереження своєрідності історично сформованих міст та може бути описаний у практиці містобудування як нормативна категорія.

У цій роботі запропоновано розглядати габітус міста за допомогою вернакулярних районів, оскільки це дозволяє дослідити як суспільство впливає на територію населеного пункту.

У статті [19] автор зауважив: *«коли метою дослідження є виокремлення вернакулярних районів у просторі, якщо жодні методи не можуть бути використані, єдиним правильним підходом є робота із згенерованими користувачами метадааними з географічними тегами. Це, однак, суперечить визначенню вернакулярних районів, оскільки фотографії з географічними тегами в контексті типових соціальних мереж і в межах зон туристичного інтересу походять як від туристів/відвідувачів, так і від місцевих мешканців, а відокремити їх, відповідно, неможливо. Це означає, що отримані соціальні знання значною мірою включають сприйняття нерезидентів, яке, звичайно, може суттєво відрізнятися в певних випадках від сприйняття місцевих жителів, тому оцінка може зіткнутися з різними труднощами.»*

На межах вернакулярних районів, які є осередками місцевого менталітету, можуть утворюватися «маргінальні зони» – простір, що перебуває у перехідному стані між двома або більше просторовими формами розвитку потенційних вернакулярних районів. Доволі часто трапляється так, що ці зони характеризуються різним ступенем значущості для самого міста. Тому це може бути цікавим об'єктом аналізу з різних точок зору: вони можуть відображати процеси трансформації та взаємодії між соціумом і культурами, ступінь впливу зовнішніх чинників на місцеву екологію, економіку та менталітет, а також динаміку розвитку місцевого середовища.

Одним із головних аспектів економічної моделі створення нового вернакулярного району (сучасне місто постійно росте та розвивається) – є стимулювання підприємництва та інвестицій. Розвиток будівництва (створення нових житлових масивів), бізнес-інфраструктури та підтримка підприємницької діяльності створюють сприятливі умови для економічного зростання та створення нових робочих місць. Паралельно з цим, передбачається зосередження уваги на розвитку людського капіталу та підвищенні кваліфікації працівників. Забезпечення доступу до якісної освіти та професійної підготовки сприяє підвищенню престижу проживання у новоутвореному вернакулярному районі серед містян. Ще одним важливим елементом з точки зору престижності району є розвиток інфраструктури та нерухомості. Оцінка нерухомості включає в себе аналіз цін на житло в первинному та вторинному сегментах житлового фонду, а також дослідження динаміки зміни цін на нерухомість та оренду. Це повинно надати змогу регулювати ціни на житло відповідно до рівня доходів населення, що мешкає в цьому районі. Врахування економічних та соціально-просторових аспектів дозволить створити життєздатні та привабливі для

проживання райони, які відповідають потребам індивідуального та суспільного розвитку. Такий комплексний підхід сприяє створенню сталого та гармонійного середовища для життя та розвитку людей і міста.

Було проведено інтегральну оцінку території адміністративних районів міста Харкова та виявлено протиріччя розвитку території у зв'язку з тим, що не враховуються райони, які існують у повсякденній свідомості суспільства чи його частини як образ території, що має свою назву (що не відповідає адміністративному поділу) і специфічні властивості. Суперечливість розвитку в сучасному містобудуванні полягає, з одного боку, у забезпеченні якісних комфортних умов для життєдіяльності людини та використанні ресурсного потенціалу території, з іншого – у втраті природної та історико-культурної своєрідності території.

На думку авторів цієї статті, якщо звернути увагу на вернакулярний розподіл території великого міста, а не адміністративний, можна уникнути цього протиріччя. Це буде сприяти тому, що державні, громадські та приватні інтереси будуть спрямовані на раціональне природокористування та збереження історико-культурної спадщини як всередині окремого вернакулярного району, так і всього міста в цілому. Тобто вирішення містобудівних протиріч буде вирішуватися шляхом виявлення та класифікації конфліктів з обліком соціальної думки містян, що проживають на певній території для досягнення цілей сталого розвитку, підвищення ефективності територіального планування та управління територією. Проаналізувавши останні дослідження щодо вернакулярності територій, встановлено, що формування вернакулярних районів відбувається всередині міської території за наступними принципами:

1) принципом територіальної обумовленості та містобудівної інтеграції – залежність від територіальних особливостей, історико-культурних та природних факторів;

2) принципом просторової організації території – архітектурно-планувальне забезпечення виконання актуальних завдань проектування. Передбачає використання традиційних схем функціональної, планувальної, просторової організації території;

3) принципом збереження ідентичності, спрямований на виявлення історико-культурної своєрідності мешканців цього району;

4) принципом вирішення містобудівних протиріч, який реалізується шляхом обліку приватних та суспільних інтересів.

Географічна модель просторового поділу території міста на вернакулярні райони перш за все повинна враховувати їх привабливість. Зазвичай цей

критерій впливає на вартість нерухомості в тому чи іншому районі. Під час визначення межі цього району слід враховувати два параметри:

- 1) відстань від так званих точок інтересу (POI – point of interest: торговельно-розважальні центри, великі транспортні вузли, спортивні комплекси тощо) до умовного центру вернакулярного району;
- 2) оцінка привабливості району.

Використання в моделі параметра «відстань» засноване на припущенні, що пересічний мешканець буде відвідувати ті POI, до яких він зможе швидше дістатися в межах свого району. Привабливість району впливає на вартість однотипних квартир в залежності від обраного вернакулярного району. Чим привабливіший вернакулярний район для містян, тим більша вартість нерухомості чи оренди квартири в цьому районі (рис. 1, 2) [20].

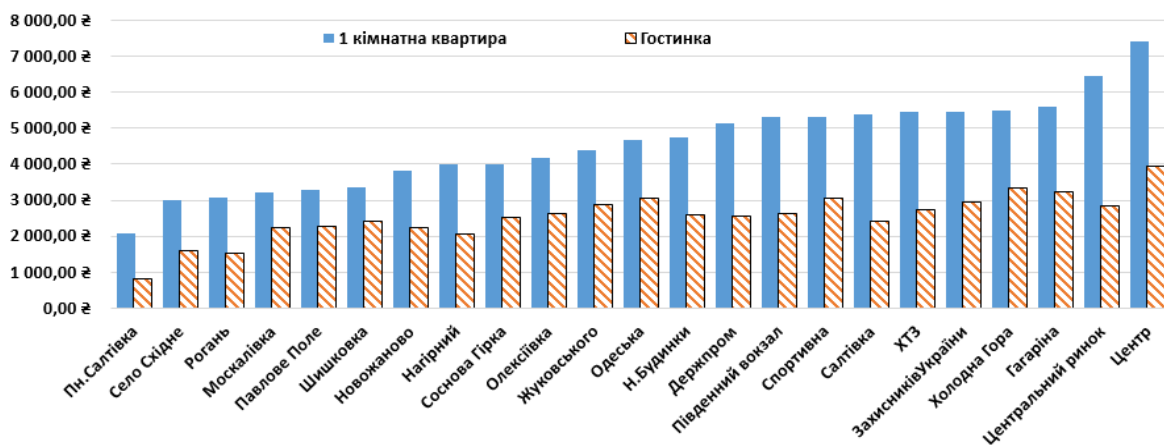


Рис. 1. Середня вартість нерухомості на вторинному ринку по районах міста Харкова (червень 2023 р. – лютий 2024 р.)

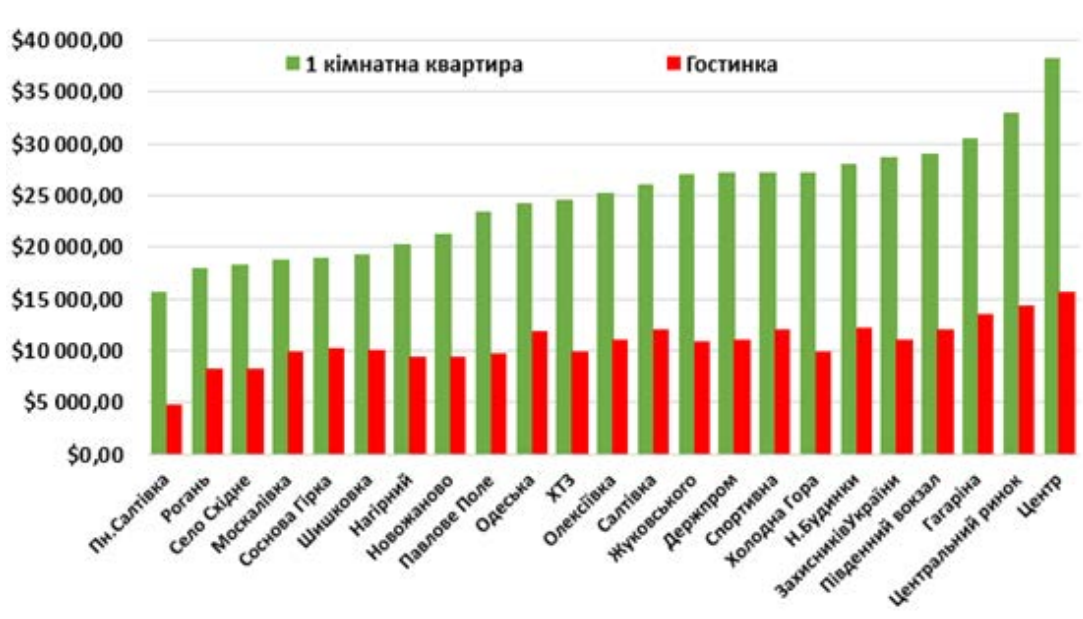


Рис. 2. Середня вартість оренди нерухомості по районах міста Харкова (червень 2023 р. – лютий 2024 р.)

Також для визначення привабливості кожного з вернакулярних районів рекомендовано проводити опитування населення, проте разом із застосуванням підходу порівняння вартості квартир для підвищення рівня адекватності даних.

З урахуванням підходу Рейлі формула (1) визначення граничної точки Р двох районів має вид (рис. 3):

$$\frac{W^{\gamma}}{D_{AP}^{\alpha}} = \frac{W^{\delta}}{D_{BP}^{\beta}} \quad (1)$$

де D_{AP} – довжина відрізка AP;

D_{BP} – довжина відрізка BP;

W – ваги POI A і B;

α, β – коефіцієнти чутливості, характеризують ставлення містян до величини відстані до точки POI;

γ, δ – коефіцієнти привабливості точок інтересу A і B.

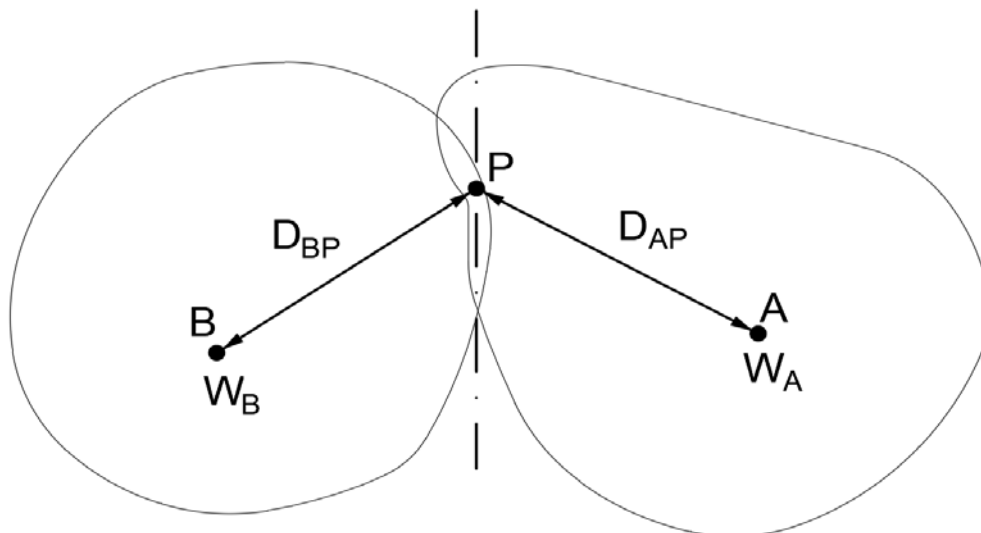


Рис.3. Знаходження граничних точок двох районів з POI – A і B

Значення коефіцієнтів α, β, γ і δ обчислюються методом регресійного аналізу на підставі результатів опитувань мешканців досліджуваного району. Відстань від точки інтересу A до будь-якої точки P на межі вернакулярного району обчислюється за формулою:

$$D_{AP} = \left(\frac{W_A^{\gamma}}{W_B^{\delta}} \right)^{\frac{1}{\alpha+\beta}} \cdot D_{BP} \quad (2)$$

Це співвідношення встановлює властивість точок кордону, що розділяє простір районів за точками інтересів – наприклад A і B. У кожному вернакулярному районі таких точок інтересу можна навести достатню

кількість, щоб з максимальною точністю виявити межі цих районів. Запропонована модель дозволить побудувати межі вернакулярних районів з урахуванням їх географічного положення і привабливості.

Висновки. На прикладі міста Харкова визначено принципи формування вернакулярних районів всередині міської території. Також запропоновано модель формування меж таких районів в залежності від специфічних місць тяжіння або точок інтересів (POI) у кожному районі. Таку модель буде реалізовано за допомогою геоінформаційних систем та відкритих геопросторових даних. Мешканці міста формують точки інтереси, тим самим утворюють певні вернакулярні райони зі своїми властивостями. Такі райони дозволяють проаналізувати інтереси, звичаї, традиції, побут населення, тобто габітуси. Ці дані рекомендовано враховувати у підготовчому та основному етапах розроблення містобудівної документації.

У подальших дослідженнях буде розроблено методологію аналізу і врахування інтересів та потреб мешканців міста в управлінні і розвитку його територіями та інфраструктурою.

Список джерел

1. Дьомін М.М. Міста України на шляху до сталого розвитку / М.М. Дьомін // Коммунальное хозяйство городов: научн.-техн. сб. – Київ: Техніка, 2002. – Вип. 36. – С. 3-8. URL: https://eprints.kname.edu.ua/4304/1/3-8_Дьомин.pdf.
2. Конь Д. СОЦИАЛЬНОЕ ПРОСТРАНСТВО ГОРОДА: СУЩНОСТЬ И СТРУКТУРА [Електронний ресурс] / Д. Конь, Л. Радионова. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.10749.28645>.
3. Бесєдіна, Г.О. (2016). Вплив соціальної теорії П'єра Бурдьє на розвиток сучасних соціально-філософських досліджень теми практик. *Вісник Харківського національного педагогічного університету імені ГС Сковороди. Філософія*, (47 (1)), С. 49-60. URL: <http://journals.hnpu.edu.ua/index.php/philosophy/article/view/1428>.
4. Олійник, Я.Б., & Гнатюк, О.М. (2013). Методичні підходи до дослідження територіальної ідентичності населення. *Український географічний журнал*, (3), с. 34-40.
5. Місто й оновлення. Урбаністичні студії / Представництво Фонду ім. Гайнріха Бюлля в Україні; Редкол.: С. Шліпченко, В. Тимінський, А. Макаренко, Л. Малес, І. Тищенко. — К.: ФОП Москаленко О.М., 2013. — 360 с.
6. Barker, J. (2005). The Major Vernacular Regions of Tennessee, Masters thesis, *Marshall University*. URL: <https://mds.marshall.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1455&context=etd>.

7. Мірошниченко, В.В. (2014). Оцінка ступеня престижності вернакулярних районів м. Харкова. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна*. Серія: Екологія, (10), С. 117-125. URL: https://journals.urau.ua/visnukkhnu_ecology/article/view/25567.
8. Purves, R.S., & Derungs, C. (2015). From space to place: Place-based explorations of text. *International Journal of Humanities and Arts Computing*, 9(1), 74-94. DOI: <http://dx.doi.org/10.3366/ijhac.2015.0139>.
9. El. Gouj, H., Rincón-Acosta, C., & Lagesse, C. (2022). Urban morphogenesis analysis based on geohistorical road data. *Applied Network Science*, 7, С. 1-26. DOI: <https://doi.org/10.1007/s41109-021-00440-0>.
10. Marek, P. (2023). Reproduction of the identity of a region: perceptual regions based on formal and functional regions and their boundaries. *Geografiska Annaler: Series B, Human Geography*, 105(1), С. 79-98. DOI: <https://doi.org/10.1080/04353684.2022.2097113>.
11. Соснова, Н. (2022). Завдання формування пішохідної мережі міста. *Сучасні проблеми Архітектури та Містобудування*, (63), С. 154-163.
12. Кінь, Д., Лазоренко-Гевель, Н., & Шудра, Н. (2021). Геоінформаційне моделювання розвитку території м. Харкова у ретроспективі. *Містобудування та територіальне планування*, (76), С. 119-131. DOI: 10.32347/2076-815x.2021.76.119-131.
13. Троценко, О. (2014). Методика дослідження територіальної ідентичності мешканців Дніпропетровської області. *Часопис соціально-економічної географії*, (17), С. 93-99. DOI: <https://doi.org/10.26565/2076-1333-2014-17-15>.
14. Гнатюк, О. (2013). Компонентна структура територіальної ідентичності населення. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Географія*, (1), С. 59-61.
15. Feng, R., & Wang, K. (2021). Spatiotemporal effects of administrative division adjustment on urban expansion in China. *Land Use Policy*, 101, 105143. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.105143>.
16. Chen, J., Kan, K., & Davis, D. S. (2021). Administrative reclassification and neighborhood governance in urbanizing China. *Cities*, 118, 103386. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2021.103386>.
17. Ідак, Ю. (2018). Концепція «габітус» у вивченні морфологічних особливостей давніх історичних міст. *XXIX Наукова сесія Наукового товариства імені Шевченка*. Комісія архітектури та містобудування НТШ у Львові, Львів, 28–29 березня 2018 р., С. 26–27.
18. Ідак, Ю.В. (2018). «Габітус» міста Стародавньої Греції. *Містобудування та територіальне планування*, 66, С. 215–222. URL:

http://nbuv.gov.ua/UJRN/MTP_2018_66_26.

19. Spyrou E, Korakakis M, Charalampidis V, Psallas A, Mylonas P. A Geo-Clustering Approach for the Detection of Areas-of-Interest and Their Underlying Semantics. *Algorithms*. 2017; 10(1):35. DOI: <https://doi.org/10.3390/a10010035>.

20. Pomortseva O., Nekrasov Y. Impact of two years of war on the real estate market of Ukraine. What's ahead? IV International Scientific and Practical Conference «Questions. hypotheses. answers: science XXI century», October 31-November 01, 2023, Toronto. Canada. p. 6-11. URL:

<https://www.sconferences.com/wp-content/uploads/2024/03/Toronto.Canada-4.pdf>.

Ph. D., Associate Professor **Pomortseva Olena**,
O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv,
Ph. D., Associate Professor **Lazorenko Nadiia**, Assistant **Kin Danylo**,
Kyiv National University of Construction and Architecture,
Nekrasov Yaroslav,
O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv

RESEARCH OF THE IMPACT OF VERNACULAR AREAS ON SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF URBAN TERRITORIES

The relevance of the research is stipulated by the need to maximise the involvement of residents in the processes of management and development of the city's territories, which will create a comfortable, convenient and modern urban environment with maximum consideration of the interests and needs of users of the city's infrastructure. The research aims to analyse modern approaches to urban planning, taking into account the needs of the population living in the area, as a component of sustainable development of a modern city, using geoinformation technologies and open geospatial data, such as geotags. These issues are discussed in the context of urban amenities and attractiveness from the point of view of an average resident. To meet the basic needs related to improving the level and comfort of living, it is proposed to divide the territory into vernacular areas. This type of territorial division differs significantly from administrative districts. The research was conducted on the example of a city with a population of over a million people - Kharkiv.

The principles of vernacular area formation within the existing urban territory are defined, and the origin of this concept is considered in retrospect. The relationship between vernacular areas and the population mentality through habitus is considered.

Keywords: geographic information system; geospatial analysis; urban planning; vernacular area; real estate; point of interest; marginal zone; habitus.

REFERENCES

1. Dyomin M.M. Cities of Ukraine on the way to sustainable development / M.M. Dyomin // Municipal economy of cities: scientific and technical collection - Kyiv: Technika, 2002. - Issue 36. - P. 3-8. https://eprints.kname.edu.ua/4304/1/3-8_ДЬОМИН.pdf. {in Ukrainian}
2. Kon D. SOCIAL SPACE OF THE CITY: Essence and Structure [Electronic resource] / D. Kon, L. Radionova. – 2016: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.10749.28645>. {In Russian}
3. Besedina, G.O. (2016). The influence of Pierre Bourdieu's social theory on the development of modern socio-philosophical research on the topic of practices. *Bulletin of H.S. Skovoroda Kharkiv National Pedagogical University. Philosophy*, (47 (1)), 49-60. URL: <http://journals.hnpu.edu.ua/index.php/philosophy/article/view/1428>. {in Ukrainian}
4. Oliynyk, Y.B., & Hnatiuk, O.M. (2013). Methodological approaches to the study of territorial identity of the population. *Ukrainian Geographical Journal*, (3), 34-40. {in Ukrainian}
5. City and renewal. Urban studies / Heinrich Boell Foundation in Ukraine; Edited by S. Shlipchenko, V. Tyminsky, A. Makarenko, L. Males, I. Tyshchenko - Kyiv: FOP Moskalenko O.M., 2013. – 360 p. {in Ukrainian}
6. Barker, J. (2005). The Major Vernacular Regions of Tennessee, Masters thesis, *Marshall University*. URL: <https://mds.marshall.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1455&context=etd>. {in English}
7. Miroshnychenko, V.V. (2014). Assessment of the degree of prestige of vernacular districts of Kharkiv. *Bulletin of V. N. Karazin Kharkiv National University. Series: Ecology of the city*. (10), 117-125. URL: https://journals.uran.ua/visnukkhnu_ecology/article/view/25567. {in Ukrainian}
8. Purves, R.S., & Derungs, C. (2015). From space to place: Place-based explorations of text. *International Journal of Humanities and Arts Computing*, 9(1), 74-94. DOI: <http://dx.doi.org/10.3366/ijhac.2015.0139>. {in English}
9. El Gouj, H., Rincón-Acosta, C., & Lagesse, C. (2022). Urban morphogenesis analysis based on geohistorical road data. *Applied Network Science*, 7, 1-26. DOI: <https://doi.org/10.1007/s41109-021-00440-0>. {in English}
10. Marek, P. (2023). Reproduction of the identity of a region: perceptual regions based on formal and functional regions and their boundaries. *Geografiska Annaler: Series B, Human Geography*, 105(1), 79-98. DOI: <https://doi.org/10.1080/04353684.2022.2097113>. {in English}

11. Sosnova, N. (2022). The task of forming a pedestrian network of the city. *Modern Problems of Architecture and Urban Planning*, (63), 154-163. {in Ukrainian}
12. Trotsenko, O. (2014). Methodology for studying the territorial identity of residents of the Dnipro region. *Journal of Socio-Economic Geography*, (17), 93-99. DOI: <https://doi.org/10.26565/2076-1333-2014-17-15>. {in Ukrainian}
13. Hnatiuk, O. (2013). Component structure of the territorial identity of the population. *Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geography*, (1), 59-61. {in Ukrainian}
14. Feng, R., & Wang, K. (2021). Spatiotemporal effects of administrative division adjustment on urban expansion in China. *Land Use Policy*, 101, 105143. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.105143>. {in English}
15. Chen, J., Kan, K., & Davis, D. S. (2021). Administrative reclassification and neighborhood governance in urbanizing China. *Cities*, 118, 103386. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2021.103386>. {in English}
16. Idak, Y. (2018). The concept of ‘habitus’ in the study of morphological features of ancient historical cities. *XXIX Scientific Session of the Shevchenko Scientific Society. Commission of Architecture and Urban Planning of the National Scientific Society in Lviv*, Lviv, 28-29 March 2018, pp. 26-27. {in Ukrainian}
17. Idak, Y.V., 2018. ‘Habitus’ of the city of Ancient Greece. *Urban Planning and Territorial Planning*, 66, pp. 215–222. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/MTP_2018_66_26. {in Ukrainian}
18. Spyrou E, Korakakis M, Charalampidis V, Psallas A, Mylonas P. A Geo-Clustering Approach for the Detection of Areas-of-Interest and Their Underlying Semantics. *Algorithms*. 2017; 10(1):35. DOI: <https://doi.org/10.3390/a10010035>. {in English}
19. Pomortseva O., Nekrasov Y. Impact of two years of war on the real estate market of Ukraine. What’s ahead? *IV International Scientific and Practical Conference «Questions. hypotheses. answers: science XXI century»*, October 31-November 01, 2023, Toronto. Canada. p. 6-11. URL: <https://www.sconferences.com/wp-content/uploads/2024/03/Toronto.Canada-4.pdf>. {in English}
20. Kin, D., Lazorenko-Hevel, N., & Shudra, N. (2021). Geoinformation Modeling of M. Kharkov Territory Development in Retrospective. *Urban and Territorial Planning*, (76), 119-131. DOI: 10.32347/2076-815x.2021.76.119-131. {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2076-815x.2024.86.449-461

УДК 528.46+711.4

канд. тех. наук, доцент **Поморцева О.Є.**,
elenapomor7@gmail.com, ORCID: 0000-0002-4746-0464,Харківський національний університет
міського господарства імені О.М. Бекетова,канд. тех. наук, доцент, **Лазоренко Н.Ю.**,
lazorenko.niu@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-1572-4947,**Кінь Д.О.**, kin.do@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-0185-2534,

Київський національний університет будівництва та архітектури,

Некрасов Я.В.,

yaruslav20032003200320032003@gmail.com, ORCID ID: 0009-0009-3892-8748,

Харківський національний університет
міського господарства імені О.М. Бекетова

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВЕРНАКУЛЯРНИХ РАЙОНІВ НА СТАЛИЙ РОЗВИТОК ТЕРИТОРІЙ МІСТ

Актуальність дослідження обумовлена потребою у максимальному залученні мешканців у процеси управління та розвитку територіями міста, що дозволить створити комфортне, зручне та сучасне міське середовище з максимальним врахуванням інтересів та потреб користувачів інфраструктурою міста. Метою дослідження, матеріали якого викладено у цій статті, є аналіз сучасних підходів у містобудуванні з врахуванням потреб населення, що мешкає саме на цій території, як складової сталого розвитку сучасного міста, з використанням геоінформаційних технологій та відкритих геопросторових даних, наприклад, геотегів.

Ці питання вивчені в розрізі благоустрою та привабливості міста з точки зору пересічного мешканця. Для забезпечення базових потреб, пов'язаних з покращенням рівня та комфортності проживання, пропонується районування території на вернакулярні райони. Такий поділ території суттєво відрізняється від адміністративних районів.

Дослідження проведено на прикладі міста-мільйонника – Харкова. Були визначені принципи формування вернакулярних районів всередині існуючої міської території, розглянута ретроспектива походження цієї концепції. Розглянуто взаємозв'язок між вернакулярними районами та менталітету населення за допомогою габітусу.

Ключові слова: геоінформаційна система; геопросторовий аналіз; містобудування; вернакулярний район; нерухомість; точка інтересу; маргінальна зона; габітус.

DOI: 10.32347/2076-815x.2024.86.462-476

УДК 332.2:332.3

Прокопенко Н.І.,

bilanp79@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5046-6122,

Сумський національний аграрний університет,

к.т.н., доцент **Дець Т.І.**,

tdec@ukr.net, ORCID: 0000-0003-3579-8326,

Рожі Т.А., tomas.rozhi.94@gmail.com, ORCID: 0000-0002-6794-9662,

Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини

ЗЕМЕЛЬНЕ ПЛАНУВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ ЗЕМЕЛЬНИМИ ЗАВДАННЯМИ В МЕЖАХ АГРОЛАНДШАФТНИХ ПРОЄКТІВ: УСПІШНІ ПРАКТИКИ ТА ВИКЛИКИ

Розвиток і впровадження інноваційних технологій та методів у земельному плануванні та управлінні можуть стати ключем до розв'язання цих проблем, пропонуючи нові можливості для сталого розвитку агроландшафтів. Дослідження спрямоване на аналіз успішних практик та визначення викликів у сфері, що є надзвичайно важливим для розробки ефективних стратегій сталого управління земельними ресурсами на місцевому, національному та міжнародному рівнях.

Ключові слова: агроландшафтне планування; агроландшафтний проєкт; ГІС; земельні ресурси; земельний кадастр; блокчейн технології.

Мета статті. оцінка сучасних підходів, методик та інноваційних рішень у земельному плануванні та управлінні, що застосовуються в агроландшафтних проєктах з метою забезпечення їхньої екологічної стійкості, економічної ефективності та соціальної справедливості.

Методи дослідження. 1). Геоінформаційний аналіз для збору, аналізу, управління та візуалізації даних про земельні ресурси з метою покращення процесів планування та управління; 2). Системний аналіз для визначення взаємозв'язків між різними компонентами агроландшафтних систем, включаючи вплив агротехнологій на природні ресурси; 3). Проєктний підхід до агроландшафтних проєктів, з метою розробки та впровадження проєктів земельного планування та управління.

Результати. Успішне земельне планування та управління вимагає інтегрованого підходу, який залучає екологічні, економічні, та соціальні аспекти. Це сприяє балансу між виробничими потребами та збереженням природних ресурсів.

Перспективи. Дослідження ефективності новітніх технологій у земельному плануванні та управлінні, зокрема штучного інтелекту, блокчейну та дистанційного зондування, для ідентифікації перспективних напрямів їх використання в агроландшафтах. Розробка та тестування інтегрованих моделей управління земельними ресурсами, які враховують екологічні, економічні та соціальні аспекти з метою забезпечення сталого розвитку.

Актуальність. Агроландшафтне планування та управління стають все більш значущими в умовах глобальних змін клімату, нестачі продовольчих ресурсів та зростання населення планети, що ставить перед науковцями, урядами та фермерами важливе завдання забезпечити ефективне використання земельних ресурсів з мінімальним негативним впливом на довкілля. Сьогодні існує багато викликів, пов'язаних із земельним плануванням та управлінням, включаючи деградацію земель, втрату біорізноманіття, нераціональне використання ресурсів і конфлікти інтересів між різними користувачами землі та ефективне вирішення цих проблем потребує розробки та впровадження інноваційних підходів та методологій.

Дослідження займає важливе місце у вивченні інтегрованих підходів до управління земельними ресурсами, які враховують економічні, екологічні та соціальні аспекти. Воно допомагає заповнити наявні прогалини у знаннях щодо ефективності різних методів земельного планування та управління в контексті агроландшафтів. Результати дослідження можуть бути використані для розробки рекомендацій, стратегій розвитку сільського господарства та управління природними ресурсами. Вони також можуть слугувати основою для створення інструментів прийняття рішень, спрямованих на оптимізацію використання земельних ресурсів у сільськогосподарському виробництві та підвищення його стійкості.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Дослідження Руденко Л. [1] підкреслює значення інтегрованого підходу до земельного планування, який враховує екологічні, економічні та соціальні аспекти розвитку територій. Автор аргументує, що такий підхід сприяє сталому використанню земельних ресурсів та забезпеченню продовольчої безпеки.

В роботі Чабанюк В., Поливач К. [8] аналізуються стратегії адаптації сільськогосподарських систем до змін клімату. Автори визначають ключові методи адаптації, включаючи розробку засухоустійких сортів культур, оптимізацію систем зрошення та впровадження обертання культур для збереження біорізноманіття. Дослідження Габловський Б., Габловська Н., Штогрин Л., Касіянчук Д., Кононенко М. [11] зосереджене на проблематиці деградації земель і впливі цього процесу на продовольчу безпеку. Автор вказує

на необхідність впровадження ресурсозаощаджувальних технологій та практик земельного планування та управління земельними завданнями.

Вчені Чувпило В., Шевчук С., Гапон С., Нагорна С., Куришко Р. [6] механізми вирішення конфліктів за земельні ресурси, висвітлюючи важливість прозорості процесів земельного планування та активної участі громадськості у прийнятті рішень. Робота Ямелинець Т. [7] акцентує на важливості інтеграції новітніх технологій у процеси земельного планування та управління. Вона охоплює такі аспекти, як застосування геоінформаційних систем, дистанційного зондування та штучного інтелекту для оптимізації використання земельних ресурсів та підвищення продуктивності. Огляд літератури демонструє, що успішне земельне планування та управління в контексті агроландшафтних проєктів вимагає комплексного підходу, що враховує як традиційні методи, так і інноваційні технології.

Мета. Основною метою дослідження є оцінка сучасних підходів, методик та інноваційних рішень у земельному плануванні та управлінні, що застосовуються в агроландшафтних проєктах з метою забезпечення їхньої екологічної стійкості, економічної ефективності та соціальної справедливості.

Завдання дослідження:

- проаналізувати сучасні підходи та методи до земельного планування та управління;
- ідентифікувати виклики у сфері земельного планування та управління, включаючи деградацію земель, конфлікти за земельні ресурси, необхідність інтеграції новітніх технологій;
- дослідити успішні практики земельного планування та управління земельними завданнями в агроландшафтних проєктах;
- сформулювати рекомендації з покращення практик у сфері земельного планування та управління земельними ресурсами в агроландшафтних проєктах.

Методи. Методологічна частина може бути структурована наступним чином, зосереджуючись на трьох ключових аспектах: геоінформаційний аналіз, системний аналіз та проєктний підхід до агроландшафтних проєктів. 1). Геоінформаційний аналіз. Використання ГІС (геоінформаційних систем) для збору, аналізу, управління та візуалізації даних про земельні ресурси з метою покращення процесів планування та управління. Збір просторових даних з різних джерел, включаючи супутникові знімки, топографічні карти та земельні кадастри, Аналіз даних за допомогою ГІС для ідентифікації потенційних зон агроландшафтного планування, зон конфлікту, а також для визначення оптимальних шляхів розміщення сільськогосподарських угідь. 2). Системний аналіз. Розгляд земельного планування та управління як багатоаспектної системи, яка включає екологічні, економічні та соціальні елементи. Аналіз

взаємозв'язків між різними компонентами агроландшафтних систем, включаючи вплив агротехнологій на природні ресурси, економіку та суспільство. Використання теорії систем для моделювання взаємодій між компонентами агроландшафту та оцінки потенційного впливу різних стратегій земельного планування. 3). Проектний підхід до агроландшафтних проєктів. Розробка та впровадження конкретних проєктів земельного планування та управління на основі принципів проектного управління, щоб досягти сталого розвитку агроландшафтів. Фази проектного циклу: визначення проблем, планування, проєктування, виконання, моніторинг та оцінка. Розробка детальних планів управління земельними ресурсами, включаючи заходи з охорони земель, водних ресурсів, біорізноманіття. Використання принципів адаптивного управління для забезпечення гнучкості та здатності проєктів адаптуватися до змін умов або нової інформації.

Комбінуючи ці три методологічні підходи, дослідження зможе комплексно підійти до аналізу та вирішення проблем, пов'язаних із земельним плануванням та управлінням в рамках агроландшафтних проєктів, забезпечивши при цьому сталість та ефективність використання земельних ресурсів.

Результати. У сучасному світі, що швидко змінюється, земельне планування та управління земельними ресурсами набувають особливої ваги, оскільки вони знаходяться на перетині екологічної стійкості, економічного розвитку та соціальної справедливості. Агроландшафтні проєкти, які містять комплексні підходи до сільськогосподарського виробництва, збереження природи та розвитку сільських територій, стають ключовими елементами у вирішенні цих глобальних завдань, проте, зіткнення з глобальними викликами вимагає нових стратегій та інноваційних рішень.

Перший і, можливо, найважливіший виклик – це зміна клімату. Її вплив на агроландшафти має безпосередні наслідки для продовольчої безпеки, доступності водних ресурсів та біорізноманіття. Зміни в опадах, підвищення температури та екстремальні погодні умови вимагають адаптивного підходу до управління земельними ресурсами, зокрема через розробку засухо- та затоплення-стійких сільськогосподарських систем. Другим викликом є глобальна деградація земель. Надмірне використання пестицидів та добрив, нераціональні методи обробітку землі та вирубка лісів призводять до ерозії ґрунтів, знищення органічного шару та забруднення водних ресурсів. Вирішення цієї проблеми потребує інтегрованого підходу до земельного планування, який враховує екологічну вразливість територій та сприяє відновленню деградованих земель [15].

Третім великим викликом є конфлікти за земельні ресурси. Зростаючий попит на землю для сільськогосподарського виробництва, житлового будівництва, промисловості та збереження природи призводить до змагання між різними групами користувачів. Ефективне земельне планування та управління в таких умовах вимагає забезпечення прозорості, залучення всіх зацікавлених сторін та розробки компромісних рішень, які враховують інтереси як місцевих громад, так і загальнонаціональні цілі. Четвертий виклик полягає у необхідності інтеграції новітніх технологій у процеси земельного планування та управління. Геоінформаційні системи, дистанційне зондування Землі, блокчейн та штучний інтелект можуть забезпечити збір, обробку та аналіз великих обсягів даних, сприяючи при цьому більш обґрунтованому прийняттю рішень [3].

У сфері агроландшафтного планування та управління земельними ресурсами ключове значення мають інтегровані підходи, які дозволяють збалансувати потреби в продовольчій безпеці, екологічній стійкості та соціально-економічному розвитку. Враховуючи зростаючі виклики, такі як деградація ґрунтів, зміна клімату та зменшення природних ресурсів, сучасне земельне планування та управління вимагають застосування комплексного підходу, який базується на наступних принципах:

1. Основою будь-якого агроландшафтного проєкту має стати принцип сталого розвитку, який передбачає збереження природних ресурсів та біорізноманіття на користь майбутніх поколінь. Сталість забезпечується через мінімізацію впливу аграрної діяльності на довкілля, збереження водних ресурсів, контроль ерозії ґрунтів та захист від забруднення.

2. Земельне планування вимагає інтеграції екологічних, економічних та соціальних аспектів. Це означає, що при розробці агроландшафтних проєктів необхідно враховувати не тільки продуктивність сільськогосподарських культур, але й збереження екосистем, а також потреби та добробут місцевих громад [6].

3. У зв'язку зі зміною клімату та іншими непередбачуваними зовнішніми факторами, агроландшафтне планування та управління мають бути гнучкими та адаптивними. Підходи мають передбачати можливість коригування управлінських рішень у відповідь на змінені умови, забезпечуючи тим самим стійкість агроекосистем.

4. Земельне планування та управління вимагають залучення знань із різних наукових дисциплін, таких як агрономія, екологія, соціологія, економіка та геоінформатика. Міждисциплінарний підхід дозволяє всебічно оцінити потенційний вплив різних стратегій планування та управління на агроландшафти.

5. Застосування новітніх технологій, таких як дистанційне зондування, геоінформаційні системи (ГІС), прецизійне землеробство, може значно покращити якість та ефективність земельного планування та управління. Інноваційність сприяє розробці більш точних, ефективних та сталіших підходів до використання земельних ресурсів [11].

Реалізація цих принципів у практиці агроландшафтного планування та управління вимагає злагодженої взаємодії між державою, науковими установами, місцевими громадами та приватним сектором. Лише шляхом спільних зусиль можливо досягнути сталого розвитку агроландшафтів, які забезпечуватимуть продовольчу безпеку, збереження природних ресурсів та покращення якості життя місцевих громад.

У сучасному світі інноваційні технології змінюють обличчя традиційного землеробства, пропонуючи нові можливості для планування та управління агроландшафтними проєктами. Розвиток геоінформаційних систем (ГІС), дистанційного зондування Землі, прецизійного землеробства, блокчейн-технологій і штучного інтелекту (ШІ) відкриває перед сільськогосподарськими виробниками, науковцями та управлінцями нові перспективи для ефективного та сталого використання земельних ресурсів [14].

Геоінформаційні системи та дистанційне зондування. ГІС та дистанційне зондування стають незамінними інструментами в ідентифікації, аналізі та моніторингу земельних ділянок, вони дозволяють з високою точністю оцінювати стан ґрунтів, рівень вологості, наявність рослинності та інші критично важливі параметри. Застосування цих технологій сприяє розумному плануванню обробки землі, враховуючи особливості кожної ділянки, що підвищує продуктивність та мінімізує вплив на довкілля.

Прецизійне землеробство. Прецизійне землеробство використовує інформаційні та комунікаційні технології для оптимізації агротехнічних заходів з метою збільшення врожайності та зниження витрат, завдяки точному дозуванню води, добрив та засобів захисту рослин, забезпечується раціональне використання ресурсів та зменшення негативного впливу на екосистему.

Блокчейн і штучний інтелект. Блокчейн може знайти застосування в агроландшафтних проєктах для забезпечення прозорості та надійності обігу земельних активів, ведення земельних кадастрів та сертифікації продукції [13]. Штучний інтелект, своєю чергою, дозволяє аналізувати великі обсяги даних для прогнозування умов вирощування, ідентифікації хвороб рослин та визначення оптимальних строків посіву та збирання врожаю.

Україна, завдяки своїм родючим чорноземам та великим аграрним потенціалом, стала майданчиком для реалізації низки успішних агроландшафтних проєктів, ці ініціативи не тільки покращують ефективність

використання земельних ресурсів, але й сприяють збереженню природних ландшафтів та підтримці біорізноманіття. Дослідимо успішні проекти, які демонструють інноваційний підхід України до агроландшафтного планування та управління [2].

1. Відновлення степів на Миколаївщині. Проект був спрямований на відновлення природних степових екосистем через обмеження інтенсивного сільськогосподарського використання земель та впровадження практик природного фермерства (рис. 1).



Рис. 1. Грунтовий покрив Миколаївської області [7]

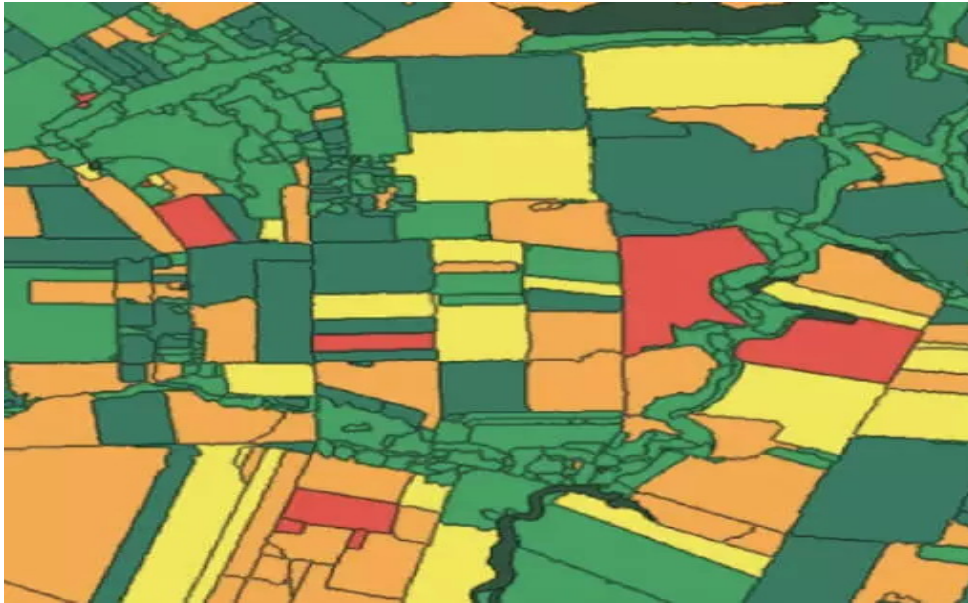
Цей кейс показує, як застосування малоінтенсивних агротехнологій дозволяє відновити природні степи, зберегти їх біорізноманіття та одночасно отримувати стабільний врожай.

2. «Розумні поля» на Херсонщині. Проект використовує передові технології прецизійного землеробства та даних дистанційного зондування Землі для оптимізації використання водних та земельних ресурсів, завдяки цьому підходу фермери Херсонської області змогли значно підвищити продуктивність при мінімальному впливі на довкілля, зокрема на системи зрошення (рис. 2) [1].

3. Лісовідновлення на Закарпатті. Цей проект зосереджений на відновленні лісових екосистем, які постраждали від надмірної вирубки. Ініціатива охоплює висаджування корінних видів дерев, відновлення природних водойм та заходи з охорони молодих насаджень, крім екологічних вигод, проект також сприяє розвитку екотуризму в регіоні.

4. Біоферми на Вінниччині. Вінницька область стала піонером у розвитку органічного землеробства в Україні. Біоферми в регіоні демонструють, як застосування органічних методів обробки землі та відмова від хімічних добрив і

пестицидів можуть забезпечити високу продуктивність при одночасному збереженні здоров'я ґрунтів і підтримці екологічного балансу [3].



Р

Рис. 2. Супутникове знімання «розумних полів» на Херсонщині [9]

5. Збереження водно-болотних угідь у Дніпропетровській області. Проєкт зосереджений на захисті та відновленні водно-болотних угідь, які є важливими для збереження водних ресурсів, підтримки біорізноманіття та регулювання клімату. Заходи включають регулювання водних режимів, контроль за забрудненням і розробку екологічно стійких сільськогосподарських практик на прилеглих територіях (рис. 3).

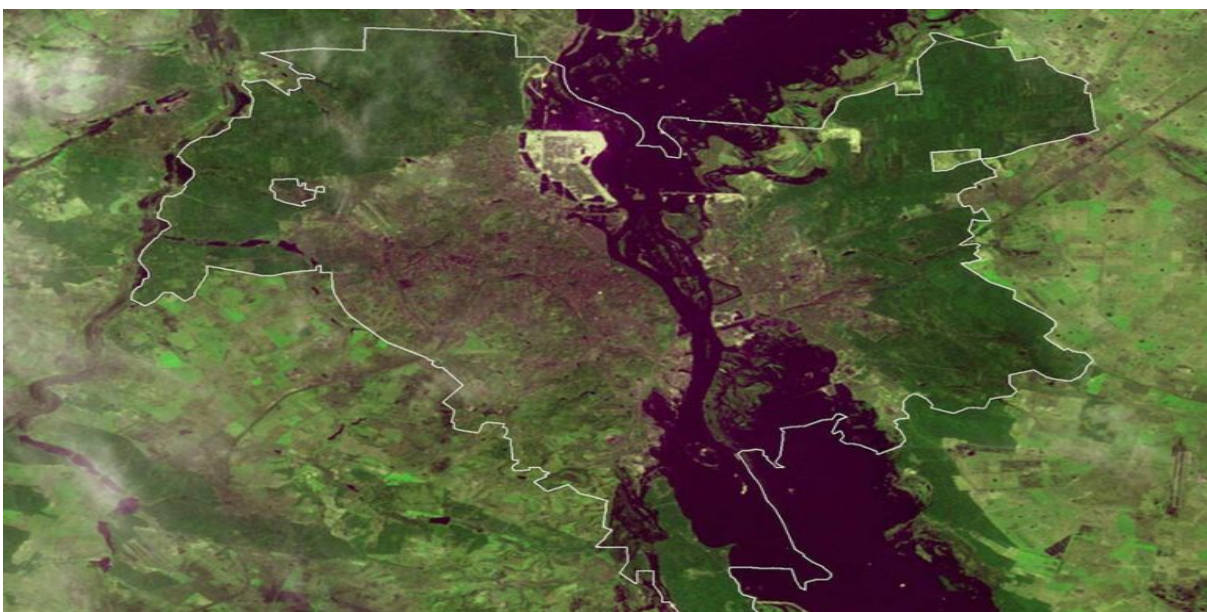


Рис. 3. Панорамне знімання водно-болотних угідь у Дніпропетровській області (частково) [12]

Наведені приклади показують, як інноваційні ідеї та технології можуть бути успішно застосовані для вирішення складних завдань у сфері агроландшафтного планування та управління і вони демонструють баланс між продуктивністю, сталістю та збереженням природних ресурсів, відкриваючи шлях для подальших інновацій у сільськогосподарському секторі. Україна, країна з потужним аграрним потенціалом, активно інтегрує інноваційні технології в агроландшафти та процеси земельного планування, що не тільки забезпечує зростання продуктивності й сталості в аграрному секторі, але й сприяє збереженню природних ресурсів та екосистем [8]. Ми можемо дослідити успішне земельне планування та управління земельними завданнями в рамках агроландшафтних проєктів українському агросекторі.

1. Впровадження прецизійного землеробства на Півдні України. У Південних регіонах України, де сільськогосподарські угіддя зазнають дефіциту водних ресурсів, впровадження прецизійного землеробства дозволило оптимізувати використання води та добрив (рис. 4).



Рис. 4. План прецизійного землеробства на Південних областях України [2]

За допомогою супутникових карт, сенсорів вологості ґрунту та дронів фермери змогли точно визначати потреби культур і ефективно розподіляти ресурси, знижуючи витрати та підвищуючи урожайність.

2. Агроекологічне картографування на Західній Україні. На Західній Україні були реалізовані проєкти з агроекологічного картування, які включали аналіз ґрунтів, водних джерел та біорізноманіття за допомогою ГІС технологій (рис. 5).

Це дало можливість створити детальні картографічні моделі, що сприяють раціональному використанню земель, захисту екосистем та плануванню екологічно збалансованого сільськогосподарського виробництва.

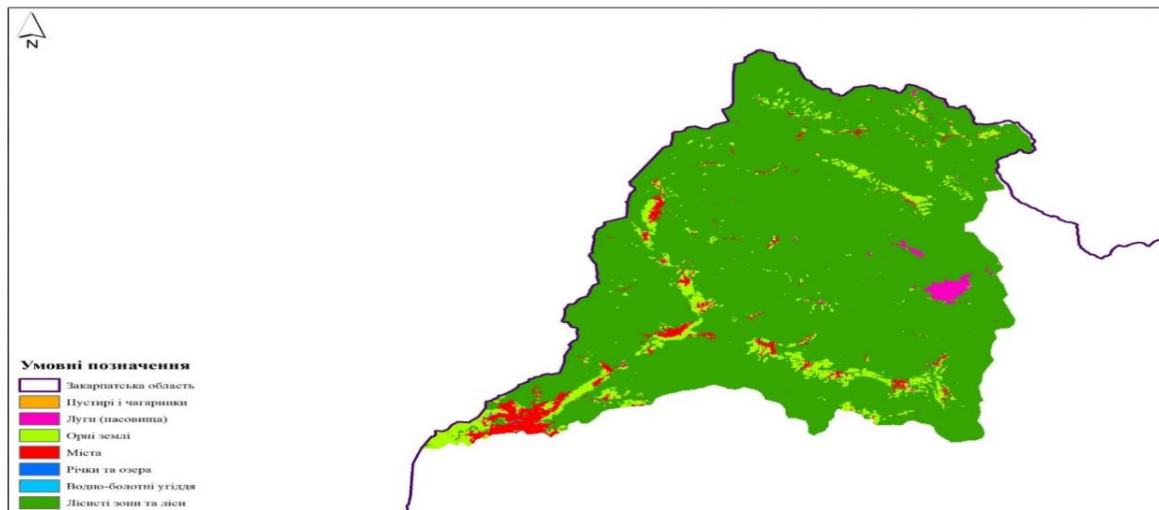


Рис. 5. План басейну річки Уж. Картування екосистем [7]

3. Використання дронів для моніторингу лісових масивів. В лісогосподарському секторі України використання безпілотників дозволило покращити моніторинг стану лісових масивів, своєчасно виявляти осередки шкідників та хвороб, а також контролювати незаконні вирубки. Ефективне аерофотознімання та аналіз даних забезпечують важливу інформацію для прийняття рішень щодо управління та охорони лісів.

4. Застосування блокчейну для земельного кадастру. У сфері земельного планування Україна зробила кроки вперед, розглядаючи можливість впровадження блокчейн технологій для створення прозорого та невідомого реєстру земельних ділянок, що дозволило б значно знизити ризики шахрайства, спростити процедури купівлі-продажу земель та підвищити загальну довіру до земельних відносин (рис. 6) [4].

Попри значний потенціал інноваційних технологій, їх впровадження на практиці супроводжується низкою викликів. До них належать висока вартість обладнання та програмного забезпечення, потреба у кваліфікованих фахівцях та ризик кібератак. Крім того, важливо забезпечити доступність цих технологій для малих та середніх фермерських господарств, що потребує розробки відповідних державних та міжнародних програм підтримки [5].

Попри наявні труднощі, інноваційні технології відкривають нові горизонти для розвитку агроландшафтних проєктів, пропонуючи рішення для сталого землекористування, та їх впровадження сприятиме підвищенню продуктивності агропромислового виробництва, збереженню природних ресурсів та підтримці економічного добробуту сільських громад. Основою для досягнення цих цілей має стати гармонійне поєднання наукових досліджень, інновацій, державної підтримки та активної участі самих аграріїв.

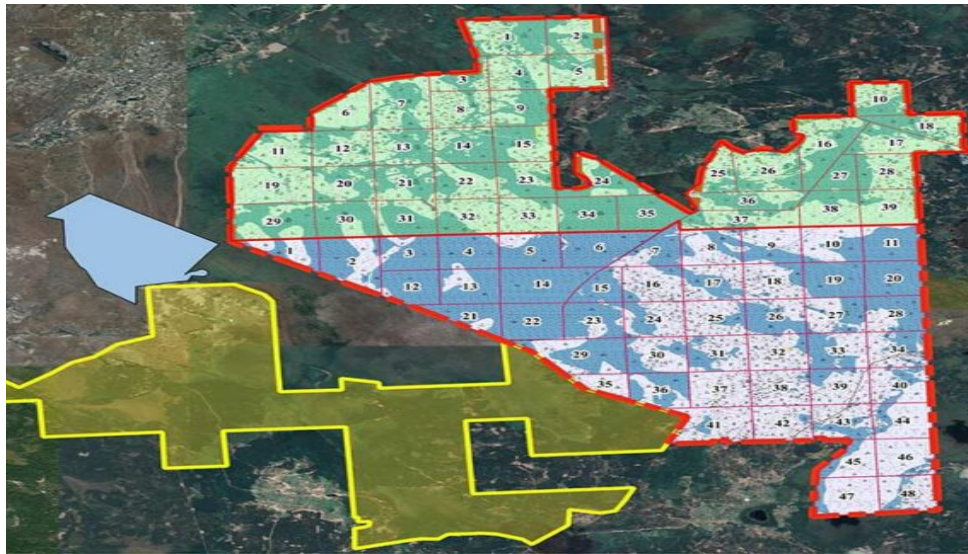


Рис. 6. Використання блокчейн технологій для ведення земельного кадастру [14]

Висновки та перспективи. Визначено, що ефективне земельне планування та управління вимагає інтегрованого підходу, який поєднує екологічну стійкість, економічний розвиток і соціальну справедливість, і це вимагає участі та координації між різними зацікавленими сторонами, включаючи державні органи, місцеві громади, науковців і агровиробників. Визначено, що адаптація до зміни клімату є критично важливою для забезпечення стійкості агроландшафтних систем. Це означає впровадження практик, які зменшують вразливість агроландшафтів до екстремальних погодних умов, таких як засуха та затоплення, і сприяють відновленню природних ресурсів. Доведено, що інтеграція новітніх технологій в процеси земельного планування та управління, таких як ГІС, дистанційне зондування, блокчейн та штучний інтелект, дозволяє підвищити точність та ефективність прийняття рішень, забезпечуючи при цьому більш стале використання земельних ресурсів.

Отримані результати підкреслюють необхідність подальшого розвитку та впровадження інтегрованих, інноваційних підходів до земельного планування та управління в агроландшафтних проєктах. Вони також наголошують на важливості адаптації до глобальних змін і потребу розвитку стійких та відповідальних агроландшафтних систем, що можуть протистояти сучасним викликам.

Список використаних джерел

1. Актуальні напрямки розвитку картографії в Україні / За редакцією Руденка Л.Г. Київ : Ін-т географії НАН України, 2019. 90 с.

2. Андреев С., Жилін В. Застосування даних аерофотозйомки з безпілотних літальних апаратів для побудови 3D-моделей місцевості. Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць. 2019. №1. С. 3-16. 10.26906/SUNZ.2019.1.003.
3. Вертегел С., Вишняков В., Гуреля В., Сластін С., Піскун О., Харченко С., Мороз В. Розробка методики створення і оновлення картографічної основи з використанням космічних знімків від супутників «SUPER VIEW-1». Екологічна безпека та природокористування. 2022. №41(1). с. 89-101. <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2022.1.89-101>
4. Македон В.В., Байлова О.О. Планування і організація впровадження цифрових технологій в діяльність промислових підприємств. Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія «Економічні науки». 2023. Випуск 47. С. 16-26. DOI: 10.32999/ksu2307-8030/2023-47-3.
5. Македон В.В., Михайленко О.Г. Управління внутрішніми інвестиційними проектами в регіональному промисловому кластері підприємств. Підприємництво та інновації. 2022. (25). С. 56-63. DOI: <https://doi.org/10.32782/2415-3583/25.9>.
6. Чувпило В., Шевчук С., Гапон С., Нагорна С., Куришко Р. Кадастрові системи та землеустрій у містобудівному проектуванні: оптимізація землекористування та міського планування. Містобудування та територіальне планування. 2023. №(84). С. 407-423. <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2023.84.407-423>.
7. Ямелинець Т. Інформаційне ґрунтознавство: монографія. Львів : ЛНУ ім. Івана Франка, 2022. 352 с.
8. Chabaniuk V., Polyvach K. Critical properties of modern geographic information systems for territory management. Cybernetics and Computer Engineering. 2020. No. 3(201). pp. 5-32. DOI:10.15407/kvt201.03.005.
9. Digital Outcrop Modelling and Geological Mapping: Shaping the Future of Geology. URL: <https://www.vrgeoscience.com/shaping-the-future-of-geology/>
10. GIS for Land Administration – Esri. URL: www.esri.com/industries/cadastre/
11. Hablovskyi B., Hablovska N., Shtohryn L., Kasiyanchuk D., Kononenko M. The Long-Term Prediction of Landslide Processes within the Precarpathian Depression of the Cernivtsi Region of Ukraine. Journal of Ecological Engineering. 2023. №24(7). pp. 254-262. <https://doi.org/10.12911/22998993/164753>.
12. Landsat-8/LDCM. URL: <https://www.eoportal.org/satellite-missions/landsat-8-ldcm>
13. Makedon V., Mykhailenko O., & Dzyad O. Modification of Value Management of International Corporate Structures in the Digital Economy. European

Journal of Management Issues. 2023. 31(1). pp. 50-62.
<https://doi.org/10.15421/192305>.

14. NASA. Landsat Science. URL:
<https://landsat.gsfc.nasa.gov/article/landsat-next-defined/>

15. Villanueva J.K.S., Blanco, A.C. Optimization of ground control point (GCP) configuration for unmanned aerial vehicle (UAV) survey using structure from motion (SFM). The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. 2019. 42. pp. 167-174. DOI:10.5194/isprs-archives-XLII-4-W12-167-2019.

Senior Lecturer **Prokopenko Nataliia**

Sumy National Agrarian University

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor **Dets Tetiana**,

Lecturer **Rozhi Tomas**, Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University

LAND PLANNING AND MANAGEMENT OF LAND TASKS WITHIN AGRICULTURAL PROJECTS: SUCCESSFUL PRACTICES AND CHALLENGES

The development and implementation of innovative technologies and methods in land planning and management can become the key to solving these problems, offering new opportunities for the sustainable development of agricultural landscapes. The research aims to analyze successful practices and identify challenges in the field, which is extremely important for the development of effective strategies for sustainable land management at the local, national and international levels. The purpose of the article. assessment of modern approaches, methods and innovative solutions in land planning and management used in agro-landscape projects to ensure their environmental sustainability, economic efficiency and social justice. **Research methods.** 1). Geoinformation analysis for the collection, analysis, management and visualization of data on land resources in order to improve planning and management processes; 2). System analysis to determine the relationships between various components of agro-landscape systems, including the impact of agricultural technologies on natural resources; 3). Project approach to agro-landscape projects, with the aim of developing and implementing land planning and management projects. **The results.** Successful land planning and management requires an integrated approach that involves environmental, economic, and social aspects. This promotes a balance between production needs and conservation of natural resources. **Prospects.** Study of the effectiveness of the latest technologies in land planning and management, in particular artificial intelligence, blockchain and remote sensing, to

identify promising directions for their use in agricultural landscapes. Development and testing of integrated land management models that take into account environmental, economic and social aspects in order to ensure sustainable development.

Keywords: agro-landscape planning; agro-landscape project; GIS; land resources; land cadastre; blockchain technology.

REFERENCES

1. Rudenko, L.G. (2019) Aktualni napriamky rozvytku kartohrafii v Ukraini [Current trends in the development of cartography in Ukraine] Edited by Kyiv: Institute of Geography of the National Academy of Sciences of Ukraine. {in Ukrainian}.
2. Andreev, S. & Zhilin, V. (2019) Zastosuvannia danykh aerofotoziumky z bezpilotnykh litalnykh aparativ dlia pobudovy 3D-modelei mistsevosti. Systemy upravlinnia, navihatsii ta zviazku. Zbirnyk naukovykh prats, 1, 3-16. 10.26906/SUNZ.2019.1.003. {in Ukrainian}.
3. Vertegel, S., Vyshnyakov, V., Gurelia, V., Slastin, S., Piskun, O., Kharchenko, S., & Moroz, V. (2022) Rozrobka metodyky stvorennia i onovlennia kartohrafichnoi osnovy z vykorystanniam kosmichnykh znimkiv vid suputnykiv "SUPER VIEW-1". Ekolohichna bezpeka ta pryrodokorystuvannia, 41(1), 89-101. <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2022.1.89-101>. {in Ukrainian}.
4. Makedon, V.V., Bailova O.O. (2023) Planuvannia i orhanizatsiya vprovadzhennia syfrovykh tekhnolohiy v diyal'nist' promyslovykh pidpryyemstv [Planning and organizing the implementation of digital technologies in the activities of industrial enterprises]. Scientific Bulletin of Kherson State University. Series "Economic Sciences", Issue 47, 16-26. DOI: 10.32999/ksu2307-8030/2023-47-3 {in Ukrainian}.
5. Chuvpylo, V., Shevchuk, S., Hapon, S., Nahorna, S., & Kuryshko, R. (2023) Kadastrovi systemy ta zemleustriy u mistobudivnomu proektuvanni: optymizatsiya zemlekorystuvannia ta mis'koho planuvannia [Cadastral systems and land structure in urban planning: optimization of land use and urban planning]. Mistobuduvannia ta terytorial'ne planuvannia, (84), 407-423. <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2023.84.407-423>. {in Ukrainian}.
6. Makedon, V.V, Mykhaylenko, O.H. (2022) Upravlinnna vnutrishnimy investytsiynomy proektamy v rehional'nomu promyslovomu klasteri pidpryyemstv. [Management of internal investment projects in the regional industrial cluster of enterprises] Pidpryyemnytstvo ta innovatsiyi, (25), 56-63. DOI: <https://doi.org/10.32782/2415-3583/25.9>. {in Ukrainian}.

7. Yamelynets, T. (2022) *Informatsiyne gruntoznavstvo: monohrafiya* [Informational soil science: monograph]. Lviv, LNU named after Ivan Franko. {in Ukrainian}.
8. Chabaniuk, V., Polyvach, K. (2020) Critical properties of modern geographic information systems for territory management. *Cybernetics and Computer Engineering*, No. 3(201), 5-32. DOI:10.15407/kvt201.03.005. {in English}
9. Digital Outcrop Modelling and Geological Mapping: Shaping the Future of Geology. (2023) Retrieved from: <https://www.vrgeoscience.com/shaping-the-future-of-geology/> {in English}.
10. GIS for Land Administration – Esri. Retrieved from: www.esri.com/industries/cadastral/ {in English}.
11. Hablovskyi, B., Hablovska, N., Shtohryn, L., Kasiyanchuk, D., Kononenko, M. (2023) The Long-Term Prediction of Landslide Processes within the Precarpathian Depression of the Cernivtsi Region of Ukraine. *Journal of Ecological Engineering*, 24(7), 254-262. <https://doi.org/10.12911/22998993/164753>. {in English}.
12. Landsat-8/LDCM. (2023) Retrieved from: <https://www.eoportal.org/satellite-missions/landsat-8-ldcm> {in English}.
13. Makedon, V., Mykhailenko, O., & Dzyad, O. (2023) Modification of Value Management of International Corporate Structures in the Digital Economy. *European Journal of Management Issues*, 31(1), 50-62. <https://doi.org/10.15421/192305>. {in English}.
14. NASA. Landsat Science. (2023). Retrieved from: <https://landsat.gsfc.nasa.gov/article/landsat-next-defined/> {in English}.
15. Villanueva, J.K.S., & Blanco, A.C. (2019) Optimization of ground control point (GCP) configuration for unmanned aerial vehicle (UAV) survey using structure from motion (SfM). *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42, 167-174. DOI:10.5194/isprs-archives-XLII-4-W12-167-2019. {in English}.

DOI: 10.32347/2076-815x.2024.86.477-486

UDK 528: 004

Tretiak Vladyslav Maksymovych,
tretiak_vm@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0003-4825-0378,
Kyiv National University of Construction and Architecture

CREATION AND USE OF GEOSPATIAL DATA FOR MORPHOMETRIC ANALYSIS OF URBAN DEVELOPMENT USING GEOGRAPHIC INFORMATION TECHNOLOGIES

The modern urban environment requires an integrated approach to management and development that takes into account various aspects of urban development and quality of life. This article discusses the use of geoinformation technologies for the creation and use of a geospatial database in the context of urban development analysis and morphometric indicators. It emphasises the importance of collecting, analysing and using geodata for effective urban planning and development.

The article discusses various aspects of the use of geographic information systems in urban planning, including remote sensing for collecting geospatial data, analysis of morphometric indicators of urban development, development of recommendations for improving the urban environment and creation of urban plans based on the analysis of these data. The article highlights the main advantages of using geoinformation technologies in urban planning, such as increased accuracy and speed of data processing, the ability to comprehensively analyse geospatial information and simplify decision-making.

The results of the study can be useful for city authorities, architects, planners and other stakeholders involved in the development and management of the urban environment. The use of geoinformation technologies in urban planning can contribute to the sustainable development of cities and improve the quality of life of their residents by making the planning process more efficient and transparent.

The role of geoinformation technologies in the creation and use of a geospatial database for the analysis of urban development and morphometric indicators was investigated. In particular, the main aspects of creating a geospatial database, the use of geographic information systems in the collection and processing of geodata, as well as the analysis and application of morphometric indicators in urban planning were considered.

Keywords: morphometric indicators; geoinformation technologies; urban development; geospatial databases; infrastructure.

Problem statement. Modern development of cities and their infrastructure requires effective planning and management to ensure a comfortable and functional environment for residents. In this context, geoinformation technologies are of great importance, as they provide an opportunity to analyse geospatial data and create databases for studying and planning urban development. One of the key aspects of this analysis is morphometric indicators, which allow to assess various aspects of the city's geometry and structure.

This article will discuss the role of geoinformation technologies in the creation and use of a geospatial database of morphometric indicators of urban development. Starting with the definition of the basic concepts and methods of morphometric analysis, we will then consider the technologies used to collect, process and analyse geospatial data. Finally, we will illustrate the use of these approaches using examples of successful urban planning projects, and discuss the challenges and prospects for further development of these technologies in urban planning.

This material will help to better understand how geoinformation technologies contribute to the optimisation of urban development processes and allow for more informed and effective decisions in urban development [1].

State of the art and conceptual framework. Morphometric indicators are numerical measurements used to characterise the geometric and morphological properties of objects in space. In the context of urban development, morphometric indicators allow for a quantitative assessment of various aspects of the city's structure and its individual elements, such as streets, blocks, districts, etc.

The main morphometric indicators can include the following characteristics:

- **Area:** Area defines the amount of space occupied by the object under study. In an urban context, it can be the area of a particular block, district, or city as a whole.
- **Perimeter:** the length of the outer contour of an object. In urban planning analysis, this can be the perimeter of a city or the contour of a separate building block.
- **Shape:** is determined by the geometric structure of the object and its length to width ratio. The shape can be assessed using various coefficients, such as the compactness coefficient.
- **Density:** The amount of development or population in a given area. This indicator helps to determine the degree of intensity of urban development.

These morphometric indicators provide an opportunity to quantify and compare various aspects of urban development, which is important for further planning and development of cities.

To measure and analyse morphometric indicators in urban development, various methods based on the collection and processing of geospatial data are used.

Here are some of the most common methods:

Geographic Information Systems (GIS): GIS are powerful tools for collecting, storing, processing and visualising geospatial data. They allow analysing various aspects of urban development, including morphometric indicators, by creating thematic maps and performing geospatial analysis.

- Remote sensing: This method involves the use of satellite, aerial or drone imagery to obtain geospatial information about an urban area. Remote sensing can be used to measure various morphometric indicators such as area, shape and density of buildings.
- Terrain surveying: This method involves the direct measurement of morphometric characteristics on site through terrain measurements. It can be used to accurately measure parameters such as the perimeter and shape of building plots or other urban features.
- Modelling geospatial processes: The use of mathematical models to analyse and predict urban development, including the calculation of morphometric indicators based on the original geospatial data.

The combination of these methods allows for a comprehensive analysis of morphometric indicators in urban development, which contributes to a more accurate understanding and effective planning of the urban environment.

Morphometric indicators play an important role in urban planning and architectural design, providing a means for quantifying and analysing various aspects of urban development. The following are some of the ways morphometric indicators can be used in these contexts:

- Planning of city development: Morphometric indicators help to assess the current state of urban development and predict its future development. Based on this data, development strategies can be developed, such as identifying areas for new development, addressing the preservation of historic parts of the city, or establishing effective urban infrastructure projects.
- Determining urban morphology: Morphometric indicators allow for the analysis and classification of various aspects of urban morphology, including building density, shape and structure of city blocks and neighbourhoods. This helps to identify important patterns and trends in urban development.
- Transport infrastructure planning: Morphometric indicators can be used to determine the optimal location of roads, streets and public transport in a city. Analysing the geometric characteristics of city streets helps to identify ways to optimise the transport system to increase traffic flow and reduce traffic congestion.
- Architectural design: Morphometric data can be used to develop architectural designs and select optimal solutions for the location of buildings, the organisation of interior space and the structuring of the urban landscape.

In general, the use of morphometric indicators in urban planning and architectural design contributes to the creation of more efficient, functional and harmonious urban environments.

Geoinformation technologies are proving to be integral in urban planning and urban environment analysis. They provide the means for collecting, processing, analysing and visualising geospatial data, which plays an important role in decision-making and urban development.

The advantages of using geoinformation technologies in urban planning include:

- **Data integration:** Geoinformation technologies allow for the integration of different types of data, such as maps, images, demographic and economic data, which helps to provide comprehensive data about the city and its surroundings.
- **Analysis of spatial relationships:** Geographic information systems can identify and analyse the spatial relationships between different objects and phenomena in the urban environment, which helps to understand the dynamics and interrelationships in urban planning.
- **Modelling and forecasting:** Geoinformation technologies are used to create models of urban development and to predict the consequences of various decisions on urban infrastructure and development.
- **Decision-making support:** Visualisation of geospatial data in the form of maps and graphs helps to make informed decisions on the design of urban projects and development strategies.
- **Communication and collaboration:** Geoinformation technologies facilitate communication between different stakeholders in the urban environment, such as local authorities, architects, NGOs and city residents, which helps to ensure greater public participation in decision-making processes.

This review shows how geoinformation technologies are becoming a key tool in modern urban planning, helping to solve complex problems and contribute to the creation of more efficient, sustainable and resilient cities [1].

The purpose of the study. The purpose of this article is to study the role of geoinformation technologies in the process of creating and using a geospatial database for analysing morphometric indicators of urban development. The article is aimed at studying methods and approaches to collecting, processing and analysing geodata in order to determine the specific characteristics of the urban environment and the impact of these characteristics on urban development. In addition, the aim is to highlight the possibilities of using geoinformation technologies in urban planning, solving environmental problems and improving the quality of life of city residents.

Summary of the main material. Geographic information systems (GIS) are a key tool for collecting, processing, analysing and visualising geospatial data in urban

planning and architecture. They provide tools for integrating different types of geodata and allow creating thematic maps, analysing spatial relationships and making forecasts of urban development [2].

The main functions of geographic information systems in the context of urban development include:

- Collection of geospatial data: GIS allows you to collect a variety of geo-data such as map data, satellite images, aerial photographs, GPS data, etc. This data can be imported, processed and integrated into a single database.
- Analysis of spatial relationships: GIS provides tools for performing various analytical operations such as determining distances, zones or areas, classifying objects, and identifying and analysing relationships between geospatial objects.
- Creation of thematic maps: GIS allows you to create various types of thematic maps, which can include information about buildings, transport infrastructure, landscape features, and other aspects of the urban environment.
- City development forecasting: GIS can be used to create predictive models of city development based on various parameters such as demographic data, housing demand, economic indicators, etc.
- Monitoring and management: GIS allows monitoring of various processes and phenomena in the urban environment, which allows the city administration to make informed decisions on the management of urban resources and infrastructure.

In general, geographic information systems play an important role in planning and managing the urban environment, providing tools for analysing and solving various urban planning tasks [3].

The creation of a geospatial database (GSD) is an important step in the implementation of geoinformation technologies for the analysis of urban development and morphometric indicators. A GSD is a structured collection of geospatial data that allows storing, organising and managing information about an urban area and its characteristics.

The main aspects of creating a GSD for urban development and morphometric indicators include:

- Define the data structure: Before starting work on the DGD, a data structure should be defined that reflects the main attributes and characteristics of urban development, such as geographic coordinates, area, perimeter, building density, etc.
- Collect and process geospatial data: Geo-data for the GSD can be collected from various sources such as satellite images, aerial photographs, maps, field surveys, etc. Once collected, the data is processed and analysed using GIS.

- **Integration with morphometric indicators:** An important step is the integration of morphometric indicators into the structure of the DGD. This allows data on the geometric characteristics of urban development to be stored, updated and analysed along with other attributes.

- **Creation of metadata:** Metadata is a description of information about data, such as source, format, accuracy, etc. Creating metadata helps to ensure that the data is used and interpreted correctly in the future.

- **Providing access and management:** The created LHD should be accessible to users and allow easy access to information. It is also important to regularly update and manage the data to ensure its relevance and integrity.

The creation of a DBD for storing morphometric indicators of urban development is a key stage in the use of geographic information technologies for managing and planning the urban environment. This allows to provide access to up-to-date and reliable information for making informed decisions in the field of urban development.

This section analyses the main morphometric indicators to assess the state of urban development. Morphometric indicators provide an opportunity to quantify the geometric and structural characteristics of the urban environment, which allows to understand its functioning and identify potential problem situations [4].

The main aspects of this analysis include:

- **Building density:** An assessment of the amount and location of development currently in place. This may include an analysis of the building area per unit of urban area, as well as determining the evenness of the distribution of buildings across the city.

- **Block and neighbourhood structure:** The study of the shape and size of blocks and quarters in the urban development. This helps to determine the level of compactness of the development and the possibility of using the space for different purposes.

- **Location of green spaces:** Analysis of the location and size of green spaces in the city. This is important for ensuring an ecological balance and creating a comfortable urban environment for residents.

- **Form and structure of the street network:** An assessment of the shape and structure of the street network, its density and connectivity. This can affect the ease of movement of residents and the organisation of traffic flows in the city.

- The analysis of these morphometric indicators allows us to understand the structure and functioning of the urban environment, identify its strengths and weaknesses, and develop planning strategies to improve the quality of urban life.

This section explores how morphometric indicators can be used to predict future urban development and formulate planning and development strategies. This is

done by analysing urban development trends and their impact on the morphometric parameters of urban development.

First of all, various factors affecting city development are considered, such as demographic changes, economic development, transport infrastructure, technological innovations, etc. The analysis of these factors allows us to understand the trends and needs of the city in the future.

Next, the impact of these factors on the morphometric parameters of urban development is assessed. For example, a change in the economic status of a city may affect the size and structure of new construction projects, or population growth may lead to an increase in building density and changes in the structure of urban blocks.

By analysing these influences, predictive models can be developed to predict future changes in the morphometric parameters of urban development depending on different scenarios of urban development. These predictive models can be used to formulate planning and development strategies for the city, taking into account its needs and prospects.

Thus, the use of morphometric indicators to predict urban development allows for more informed and effective urban development management, contributing to the creation of more sustainable, functional and harmonious urban environments [5].

After analysing the morphometric indicators in Section 3.1, we obtained important data on the state and characteristics of the urban environment. Based on these data, recommendations can be developed to improve the urban environment and optimise urban development [6].

Key aspects of this process include:

- **Structural changes:** The assessment of morphometric parameters can indicate the need for structural changes in urban development. For example, if the analysis shows excessive building density in certain areas, recommendations may include strategies to preserve green space or expand low-density areas.
- **Growth management:** Morphometric analysis can be used to develop strategies for managing urban growth. For example, identifying growth trends and development rates can help determine the need for infrastructure development or development restrictions in certain areas.
- **Green spaces:** Morphometric analysis can identify the lack of green space in a city. Recommendations may include the creation of new parks, squares or alleys to improve the quality of life of residents and preserve ecological balance [7].
- **Transport safety and efficiency:** Analysis of morphometric indicators can also reveal problems with transport infrastructure and road safety. Recommendations may include the construction of new roads, pedestrian crossings, and the development of urban transport plans.
- **Social infrastructure:** Morphometric analysis can identify areas with

insufficient access to social infrastructure, such as schools, healthcare facilities, or cultural centres. Recommendations may include expanding or improving existing social facilities.

These recommendations help urban planners, architects and authorities to make informed decisions on city development aimed at improving the quality of life of residents and ensuring sustainable development of urban areas [8].

After analysing morphometric indicators and developing recommendations for improving the urban environment, the next step is to create urban plans. This allows for systematisation and specification of proposals for urban development management, as well as setting strategies and goals for further development of the city. The main aspects of creating urban plans based on morphometric analyses include:

- **Defining goals and objectives:** This is the first stage where the main goals and objectives of urban planning are defined, taking into account the results of the morphometric analysis. These goals may include improving the quality of life of residents, preserving natural resources, developing an efficient transport infrastructure, etc.
- **Identification of priority development areas:** Based on the analysis of morphometric data and recommendations, priority areas for city development are identified. This may include the development of green areas, reconstruction of existing districts, creation of new infrastructure and other measures.
- **Development of specific measures and projects:** At this stage, specific measures and projects are formulated to achieve the identified goals. This may include the construction of new facilities, reconstruction of existing infrastructure, landscaping, and other measures [9].
 - **Identification of resources and budget planning:** Once specific measures have been identified, it is necessary to calculate the resources required and to create
 - **A budget for their implementation.** This includes identifying the financial, human and material resources needed to implement the plan.
 - **Monitoring and evaluation of results:** After the implementation of urban plans, it is necessary to systematically monitor and evaluate their effectiveness. This allows for timely identification of problems and adjustment of city development strategies.

The creation of urban plans based on morphometric analyses helps city authorities and planners to develop a systematic and targeted approach to urban development aimed at achieving sustainable development and improving the quality of life of residents [10].

Conclusions and Prospects for the Study. This article investigates the role of geoinformation technologies in the creation and use of a geospatial database for the

analysis of urban development and morphometric indicators. In particular, the main aspects of creating a geospatial database, the use of geographic information systems in the collection and processing of geodata, as well as the analysis and application of morphometric indicators in urban planning were considered.

The study has shown that geoinformation technologies and the analysis of morphometric indicators can be used to comprehensively monitor and manage the urban environment, which contributes to the sustainable development of cities and improve the quality of life of their residents. The data in this report can be useful for urban planners, architects, authorities and other stakeholders in solving urban development and planning problems.

Continued research in this area can contribute to further improvement of urban development analysis methods and the development of effective urban development strategies that meet modern requirements of sustainable development and ensure the balanced development of urban areas.

Третяк В.М.,

Київський національний університет будівництва і архітектури

СТВОРЕННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ ГЕОПРОСТОРОВИХ ДАНИХ ДЛЯ МОРФОМЕТРИЧНОГО АНАЛІЗУ МІСЬКОЇ ЗАБУДОВИ З ВИКОРИСТАННЯМ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Сучасна міська обстановка потребує всебічного підходу до управління та розвитку, який враховує різні аспекти міської забудови та життя мешканців. У цій статті розглядається використання геоінформаційних технологій для створення та використання бази геопросторових даних у зв'язку з аналізом міської забудови та морфометричних показників. Звертається увага на важливість збору, аналізу та використання геоданих для ефективного міського планування та розвитку.

Стаття описує різноманітність застосування геоінформаційних систем у міському плануванні, включаючи віддалене зондування для збору геопросторових даних, аналіз морфометричних показників міської забудови, розробку рекомендацій для покращення міського середовища та створення міських планів на основі такого аналізу. Особливу увагу приділяється перевагам використання геоінформаційних технологій у міському плануванні, таких як підвищена точність та швидкість обробки даних, здатність до комплексного аналізу геопросторової інформації та спрощення процесу прийняття рішень.

Результати дослідження можуть бути корисними для міських влад,

архітекторів, планувальників та інших учасників, які займаються розвитком та управлінням міським середовищем. Використання геоінформаційних технологій у міському плануванні може сприяти сталому розвитку міст та покращенню якості життя їх мешканців, роблячи процес планування більш ефективним та прозорим.

Розглянуто роль геоінформаційних технологій у створенні та використанні бази геопросторових даних для аналізу міської забудови та морфометричних показників. Особливо акцентується на основних аспектах створення такої бази даних, використанні геоінформаційних систем у зборі та обробці геоданих, а також аналізі та застосуванні морфометричних показників у міському плануванні.

Ключові слова: морфометричні індикатори; геоінформаційні технології; міська забудова; бази геопросторових даних; інфраструктура.

List of references:

1. Longley, P., Goodchild, M., Maguire, D., & Rhind, D. (2015). *Geographic Information Science & Systems*. John Wiley & Sons. {in English}
2. Campbell, J.B. (2011). *Introduction to Remote Sensing*. Guilford Press. {in English}
3. Lillesand, T.M., Kiefer, R.W., & Chipman, J.W. (2014). *Remote Sensing and Image Interpretation*. John Wiley & Sons. {in English}
4. Clarke, K.C., & Maguire, D.J. (1996). *GIS and Environmental Modeling: Progress and Research Issues*. John Wiley & Sons. {in English}
5. Burrough, P.A., & McDonnell, R.A. (2015). *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford University Press. {in English}
6. Carver, S. (2014). *Mapping: A Critical Introduction to Cartography and GIS*. John Wiley & Sons. {in English}
7. Openshaw, S., & Openshaw, C. (1997). *Artificial Intelligence in Geography*. John Wiley & Sons. {in English}
8. Maguire, D.J., & Batty, M. (2019). *GIS, Spatial Analysis, and Modeling*. ESRI Press. {in English}
9. Longley, P.A., Brooks, S.M., McDonnell, R., & Macmillan, B. (2015). *Geographical Information Systems and Science*. John Wiley & Sons. {in English}
10. Heywood, I., Cornelius, S., & Carver, S. (2019). *An Introduction to Geographical Information Systems*. Pearson Education. {in English}

DOI: 10.32347/2076-815x.2024.86.487-503

УДК 528.4

к.е.н., доцент **Удовенко І.О.**,
irinaudovenko8@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5971-8365,
Уманський національний університет садівництва,
к.е.н., доцент **Степаненко Т.О.**,
yanat-star@ukr.net, ORCID: 0000-0003-1882-4721,
Східноукраїнський національний університет ім. Володимира Даля,
Ліхва Н.В.,
likhva_n@odaba.edu.ua, ORCID: 0000-0001-6656-5766,
Одеська державна академія будівництва і архітектури

МЕТОДИ ОЦІНКИ ЗЕМЕЛЬНОЇ ВАРТОСТІ ТА ЇХ ВПЛИВУ НА РИНКОВУ ЦІНУ ЗЕМЕЛЬНИХ ДІЛЯНОК

Проаналізовано ринок земельних ділянок, що є частиною ширшого сектору ринку нерухомості, зосереджуючись на численних чинниках, які визначають його динаміку та складність. Визначено, що основними драйверами вартості земель є географічне розташування, економічні умови, законодавче регулювання, політична стабільність, інфраструктура та перспективи розвитку території. Розташування земельних ділянок в урбанізованих або стратегічно важливих локаціях значно підвищує їхню цінність через високий попит, тоді як ділянки у віддалених або менш розвинутих районах мають нижчу вартість. Стаття розглядає вплив економічного клімату, де в періоди економічного зростання попит на землю збільшується, що призводить до зростання цін, в той час, як економічні спади можуть призводити до їх зниження. Земельне законодавство, податкова політика, та правила використання землі є ключовими регулятивними факторами, які мають значний вплив на ринкову вартість. Подальші перспективи розвитку території, такі як плани на будівництво нових житлових комплексів або комерційних центрів, також можуть значно збільшити вартість земельних ділянок. Зазначено, що відповідно до Міжнародних стандартів оцінки, ринкова вартість розглядається як грошова сума, за яку могло б відбутися передавання майна в результаті комерційної угоди між обізнаними та незалежними сторонами. В статті підкреслено важливість інтегрованого підходу до аналізу земельного ринку, який включає оцінку всіх потенційних чинників, що впливають на ціноутворення, в тому числі розмір ділянки та її специфічне призначення, що визначають її ринкову атрактивність та вартість. Використання комбінованих методів оцінки, таких як порівняльний, прибутковий та витратний, дозволяє отримати більш

точну оцінку вартості земельних ділянок, що є критично важливим для інвесторів, розробників та політичних рішень. Результати дослідження можуть використовуватися урядами для оцінки та перегляду земельного законодавства, що сприятиме ефективнішому управлінню земельними ресурсами. Важливість точної оцінки землі для впровадження успішних земельних реформ, які можуть допомогти забезпечити справедливе використання земельних ресурсів.

Ключові слова: земельні ділянки; землепорядкування; оцінка вартості; МСО; ціна продажу; об'єкт нерухомості.

Постановка проблеми. Актуальність дослідження полягає у важливості розуміння того, як різні підходи до оцінки можуть впливати на ринкові ціни земель, що є критично важливим для забезпечення справедливості та ефективності у реалізації земельних прав та управлінні нерухомістю, крім того, визначення вартості землі є ключовим фактором у трансакціях нерухомості, розрахунку податків, страхуванні та кредитуванні. Точні та об'єктивні методи оцінки забезпечують необхідну прозорість ринку і довіру інвесторів. Оцінка земель впливає на рішення урядів щодо землепорядкування, розробки інфраструктури та міського планування, вона дозволяє ефективно розподіляти ресурси та стимулювати розвиток. Використання об'єктивних методів оцінки земель допомагає запобігти маніпуляціям із цінами та забезпечує справедливе нарахування податків, знижуючи ризик конфліктів між землевласниками та державою. Важливим є те, що інвестори, що розглядають придбання або розвиток земельних ділянок, залежать від точних і надійних оцінок землі для формування інвестиційних стратегій та визначення потенційного прибутку. В умовах динамічного ринкового середовища і змін у законодавстві, актуальні та адаптовані методики оцінки допомагають швидко реагувати на нові виклики та можливості. Таким чином, розгляд різних методів оцінки та аналіз їх впливу на ринкову ціну земельних ділянок не тільки підвищує рівень розуміння цих процесів серед фахівців, але й сприяє формуванню ефективніших політик у сфері управління земельними ресурсами.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Окремі теоретичні та прикладні аспекти оцінки кадастрової та ринкової вартості земельних ділянок представлені у працях таких відомих вітчизняних та закордонних авторів, як: Таратула Р. [1], Руденко Л. [2], Мартин А. [3]. В роботах Каліна І. [4], Македон В., Валіков В., Федьора С. [5] розглядаються основні принципи та методи оцінки нерухомості, включаючи земельні ділянки. Вона включає детальний аналіз порівняльного, дохідного та витратного підходів, що є ключовими для розуміння механізмів формування ринкової вартості. Дослідження

Ямелинець Т. [6] показує, як геоінформаційні системи можуть ефективно використовуватися для аналізу земельних ділянок і впливати на точність оцінки.

Дослідження зазначених авторів зробили значний внесок у дослідження проблеми оцінки кадастрової та ринкової вартості, проте не вичерпали її. Широке коло питань як методичного та прикладного характеру пов'язаних з оцінкою земельних ділянок можуть мати подальше дослідження.

Мета і задачі дослідження. Мета статті – дослідження різних методів оцінки землі, з метою визначення їх впливу на формування ринкової ціни земельних ділянок. Стаття прагне виявити, які методи найбільш точно відображають реальну вартість землі, та яким чином ці методи впливають на рішення інвесторів та розробників.

Завдання дослідження:

- розглянути та описати основні методи оцінки землі;
- дослідити, як різні підходи до оцінки землі впливають на ціноутворення та інвестиційні рішення на ринку земельних ділянок;
- сформулювати рекомендації для оцінювачів і забудовників щодо вибору найбільш адекватного методу оцінки залежно від конкретної ситуації на ринку та цілей оцінки.

Матеріали та методи. 1). Порівняльний підхід виходить із причини, що вартість оцінюваного майна визначається з урахуванням аналізу цін угод зі схожим за своїми характеристиками майном. Цей підхід ґрунтується на принципі заміщення. Принцип заміщення передбачає, що розсудливий покупець за виставлену на продаж земельну ділянку заплатить не більшу суму, ніж та, за яку можна придбати аналогічну за місцем розташування або родючості ділянку землі. Тому ціни, нещодавно сплачені за порівняні об'єкти, відображають ринкову вартість ділянки землі, що оцінюється. У межах порівняльного підходу ми застосували різні методи, засновані як у прямому зіставленні оцінюваного об'єкта та об'єктів-аналогів, і методи, засновані на аналізі аналітичних даних, і інформації про ринку об'єкта оцінки. 2). Діалектичний метод дає можливість визначити суперечності між різними методами оцінки земельної вартості та їх впливом на формування ринкових цін. Цей підхід дозволяє виявити внутрішні та зовнішні конфлікти в сучасних практиках оцінювання та розглядати їх як частину більш широкого соціально-економічного контексту. 3). Використання вимірювального методу дозволяє провести кількісний аналіз із застосуванням статистичних і математичних інструментів для оцінки точності та ефективності різних методів оцінки землі. Цей підхід забезпечує об'єктивність і можливість виявлення зв'язків між методами оцінки та ринковими цінами.

Результати та їх обґрунтування. Ринок земельних ділянок є динамічним та складним сегментом ринку нерухомості, на який впливають численні чинники. Ці фактори можуть значно коливатися залежно від географічного розташування, економічних умов, політичних рішень та соціальних тенденцій. Розгляд основних з цих чинників допоможе зрозуміти, як формується ринкова вартість землі. Одним із найважливіших чинників, що визначають вартість земельної ділянки, є її місцезположення. Земельні ділянки у міських агломераціях, зазвичай, коштують значно дорожче через високий попит на житло та комерційні простори. Наприклад, ділянки поруч з центром міста або іншими важливими інфраструктурними об'єктами, такими як школи, лікарні чи транспортні вузли, завжди користуються популярністю. Водночас земля у віддалених або менш розвинених районах може мати значно нижчу вартість. Наявність розвинутої інфраструктури є критичним чинником для визначення цінності земельної ділянки. Доступність доріг, наявність електрики, водопостачання, каналізації та інших комунальних послуг значно підвищує привабливість ділянки та її ринкову ціну. Часто інвестиції у покращення інфраструктури району призводять до різкого зростання цін на землю. Відповідно до Міжнародних стандартів оцінки (далі – МСО) ринкова вартість – це розрахункова грошова сума, за яку відбувся б обмін майна на дату оцінки між зацікавленим покупцем і зацікавленим продавцем внаслідок комерційної угоди після проведення належного маркетингу, при якій кожна зі сторін діяла б, будучи добре обізнаною, розважливо і без примусу [7].

Основні фактори, що впливають на ціну земельних ділянок, зазначені в таблиці 1.

Таблиця 1

Ціноутворюючі фактори для земельних ділянок

Чинник	Характеристика фактору	Найбільш ймовірний інтервал значень фактору
1	2	3
Розташування	У більшості випадків максимальні ціни як продажу, так і оренди для земельних ділянок під виробничо-складську забудову спостерігаються вздовж основних транспортних магістралей міста, а також в активних промислових зонах	За суттєвої різниці у місцезположенні та відповідно у базовій ставці орендної плати за земельну ділянку різниця в ціні може становити до кількох разів
Призначення ділянки	Як правило, максимальними цінами як продажу, так і оренди характеризуються ділянки під офісно-торгівельну забудову та багатоповерхове житлове будівництво. Мінімальні ціни на ринку складаються для ділянок сільськогосподарського призначення	Ділянки виробничо-складського призначення дешевші від ділянок під офісно-торгівельну забудову та багатоповерхове житлове будівництво в середньому у 2-3 рази

1	2	3
Умови продажу (знижка на торг)	Інформація про угоди купівлі-продажу є закритою і не публікується у відкритому доступі (за винятком даних про продаж об'єктів муніципального та крайового майна); Наявні дані про ціни угод обмежені. При визначенні знижки на торг часто використовується експертна думка	Знижку на торг доцільно встановлювати відповідно до даних МСО. рекомендований діапазон значень 5–20%
Ринкові умови (час продажу)	Ціни на ринку з часом змінюються, причиною чого можуть бути інфляційні та дефляційні зміни в економіці, прийняття нових законів, запровадження будівельних обмежень, коливання попиту та пропозиції тощо.	На земельному ринку як позитивна, так і негативна корекція цін у середньому становить 5–10% у квартал. Динаміка за окремими сегментами може досягати 15–20% у квартал, що пояснюється, швидше, мінімальною кількістю даних, а не ринкові ми тенденціями
Права на землю	Загалом низький рівень ринку не дозволяє виявити різницю в ціні залежно від того, чи знаходиться ділянка у власності або в оренді, що зумовлене недостатнім обсягом даних.	Коригування на наявність прав доцільно встановлювати відповідно до даних МСО
Розмір площі	Як свідчить аналіз щодо розвинених земельних ринків, вартість 1 м ² землі має виражену тенденцію до зниження зі збільшенням площі	Аналіз регіонального ринку земельних ділянок показує, що за суттєвої різниці у площі різниця в ціні залежно від площі може складати до кількох разів

Джерело: побудовано авторами на основі [3, 8]

Тепер розглянемо безпосередньо, які підходи та методи використовуються в оцінці земельних ділянок [9]:

- 1) Методи порівняльного підходу (порівняння продажів, виділення, розподілу).
- 2) Методи прибуткового підходу (капіталізації земельної ренти, залишку, передбачуваного використання).
- 3) Методи витратного підходу (вилучення, оцінки витрат на інфраструктуру, оцінки на основі нормативних показників).

Порівняльний метод часто застосовується у країнах з добре розвинутими земельними ринками, зокрема для оцінки вільних ділянок та ділянок з окремими житловими будинками. Цей підхід базується на аналізі та порівнянні цін продажу подібних земельних ділянок, використовуючи принцип заміщення. Також необхідно знати термін експозиції, тобто час, який даний об'єкт перебуватиме на ринку. Цей термін залежить від сегмента, де знаходиться

об'єкт, а також його якості. Якщо об'єкт знаходиться на ринку більший за термін експозиції, то ціна на нього завищена. Відповідно, якщо об'єкт знаходиться менше терміну експозиції, то ціна занижена. Як у першому, і у другому випадку угода перестав бути типовою для даного сегмента. У такому разі угода не може розглядатися для порівняння, як і угоди, які здійснюються особами, які перебувають у родинному зв'язку, холдингами та незалежними дочірніми компаніями, а також особами, які мають іншу взаємозацікавленість. Об'єкти розрізняються як за категоріями, а й у розмірах і за кількістю входять до них одиниць. При порівнянні двох об'єктів ці одиниці можуть різнитися. Саме цей факт вносить складності до уваги, і ми змушені привести їх до спільного знаменника фізичних або економічних одиниць. Загальний коефіцієнт капіталізації або валовий рентний мультиплікатор можуть використовуватись як економічна одиниця при порівнянні доходу та ціни продажу [10]. Ґрунтуючись на обліку різних способів розрахунку і внесення коригувань на різницю між об'єктом, що оцінюється, і аналогом, ми можемо ввести поправки. Процентні поправки вносяться за умови множення ціни продажу аналогового або одиниці його порівняння на коефіцієнт. До таких поправок відносяться поправки на зношування об'єкта, його місцезнаходження або час продажу. До вартісних поправок, що вносяться в одиниці порівняння, можна віднести якісні характеристики, а також поправки на наявність або відсутність додаткових покращень. Розглянемо приклад оцінки на основі доходу та ціни продажу. У даному контексті як одиниці порівняння використовуються:

- валовий рентний мультиплікатор (ВРМ), що являє собою відношення ціни продажу до потенційного або фактичного валового доходу;
- загальний коефіцієнт капіталізації (ТКК).

При використанні ВРМ, спершу необхідно визначити фактичний ринковий валовий дохід, який генерує об'єкт. Далі потрібно провести порівняння з продажами схожих об'єктів, аналізуючи співвідношення між фактичним доходом та ціною продажу. Наступним кроком є множення фактичного доходу оцінюваного об'єкта на усереднене значення ВРМ для схожих об'єктів. Таким чином, для ефективного застосування ВРМ необхідно [11]:

- визначити фактичний ринковий валовий дохід, який генерує об'єкт;
- з урахуванням продажів схожих об'єктів, встановити співвідношення між валовим доходом і ціною продажу;
- застосувати до фактичного доходу від оцінюваного об'єкта усереднене значення ВРМ, отримане з аналізу аналогів.

Ймовірна ціна продажу оцінюваного об'єкта розраховується за формулою:

$$\text{Цоб} = \text{ПВДо} \times \text{ВРМа} \quad (1)$$

де: Цоб – ймовірна ціна продажу оцінюваного об'єкта;

ПВДо – валовий (дійсний) дохід від оцінюваного об'єкта.

ВРМ не коригується на зручності чи інші відмінності між об'єктом оцінки та порівнянними аналогами, оскільки в основу його розрахунку покладено фактичні орендні платежі та продажні ціни, в яких уже враховано зазначені відмінності. Загальний коефіцієнт капіталізації:

– підбір порівняних (у тому числі за ступенем ризику та доходів) продажів у даному сегменті ринку нерухомості;

– загальний усереднений коефіцієнт капіталізації (ТКК) визначається ставленням чистого операційного доходу (ЧОД) порівнянного аналога до його продажною ціни:

$$\text{Ккап} = [\sum(\text{ЧОД}_{ia} / \text{Ц}_{ia})] / m, \quad (2)$$

де: Ккап – загальний коефіцієнт капіталізації;

ЧОД_{ia} – чистий операційний дохід ідентичного порівнянного аналога;

Ц_{ia} – ціна продажу ідентичного порівнянного аналога;

m – кількість відібраних аналогів.

Далі ймовірна ціна продажу об'єкта оцінки буде визначатися за формулою:

$$\text{Цоб} = \text{ЧОДо} \times \text{Ккап}, \quad (3)$$

де: ЧОДо – чистий операційний дохід від оцінюваного об'єкта.

Заключним етапом цього підходу є аналіз отриманих результатів з метою отримання остаточної ціни об'єкта, що оцінюється. На етапі узгодження коригувань значну вагу матимуть аналоги, які за властивостями найбільше схожі на об'єкт, що оцінюється. За допомогою цього методу моделюється ринкова вартість земельної ділянки, що оцінюється, за допомогою аналізу ринкових цін продажів аналогічних ділянок. Для порівняння використовують кілька проданих земельних ділянок. При правильному доборі достатньо від трьох до п'яти аналогів [12]. Ціна об'єкта-аналогу, наведена до об'єкта, що оцінюється, за кількісними характеристиками (Цкх) визначається за формулою:

$$Ц_{кх} = (Цін / КХ_{ан}) \times КХ_{про} \quad (4)$$

де: Цін – ціна продажу об'єкта-аналогу без вартості обладнання (тис. грн);

КХ_{ан} і КХ_{про} – зіставлені кількісні характеристики відповідно об'єкта-аналогу та об'єкта оцінки (м², м³).

Поправки до цін об'єктів нерухомості, розташованих у різних зонах, можна встановити приведенням цін цих об'єктів до того самого місця розташування, наприклад, до середньої зони. Очевидно, що об'єкти, що знаходяться у віддалених зонах стосовно середньої зони, мають «подорожчати», а об'єкти, розташовані в центральній зоні чи престижному районі, – «подешевшати».

1. Метод вилучення передбачає збір даних про ціни на земельні ділянки з наявною забудовою, ідеально з типовими будівлями. Умови застосування цього методу включають:

- наявність інформації про ціни продажу (пропоновані ціни) для нерухомості, що є порівнянною з об'єктом оцінки;
- відповідність поліпшень на земельній ділянці до найбільш ефективного варіанту її використання.

Вартість земельної ділянки в загалом вигляді визначається за формулою:

$$V_z = V - V_y, \quad (5)$$

де: V_z – вартість земельної ділянки;

V – вартість об'єкта;

V_y – вартість покращень.

Метод виділення є однією з форм методу розподілу. Він використовується для визначення вартості землі шляхом вирахування вартості поліпшень на ділянці, з урахуванням їхнього зносу. Цей метод часто застосовується для оцінки замських ділянок, де внесок поліпшень у загальну вартість є мінімальним і відносно легко визначається, особливо коли немає доступної інформації про продаж сусідніх вільних ділянок.

2. Метод розподілу передбачає, що для кожного типу забудови на земельній ділянці існує певна пропорція між вартістю землі та вартістю споруд. Він базується на визначенні співвідношення між цінністю земельної ділянки та вартістю на ній побудованих будівель. Ціна продажу нерухомості розбивається на дві складові: вартість будівель і вартість землі, встановлюючи стійку

пропорцію між вартістю землі та вартістю будівель для кожного типу забудови в даній місцевості [2].

3. Прибутковий підхід до оцінки земельних ділянок включає методи, що дозволяють провести оцінку вартості землі, виходячи з очікуваних потенційним покупцем доходів. Даний підхід застосовується тільки до земельних ділянок, що приносять дохід, оскільки вартість земельної ділянки визначається виходячи зі здатності землі приносити дохід у майбутньому протягом усього терміну експлуатації.

4. Метод капіталізації доходу (земельної ренти) заснований на визначенні річного доходу від володіння земельною ділянкою та розподілом його на коефіцієнт капіталізації або множенням на термін капіталізації, тобто період, необхідний для окупності або відтворення землеробського капіталу [6]. Базова формула розрахунку має такий вигляд:

$$V = \text{NOI} / R, \quad (6)$$

де: де V – вартість оцінюваного об'єкта;
 NOI – чистий операційний дохід (ЧОД);
 R – коефіцієнт капіталізації.

5. Метод залишку (техніка залишку доходу землі) застосовується з метою оцінки земельних ділянок, забудованих об'єктами бізнесу та дохідної нерухомості. Цей метод також застосовується для оцінки незабудованих ділянок, якщо є можливість забудови їх поліпшеннями, що приносять дохід [3].

6. Метод передбачуваного використання застосовується за можливості використання земельної ділянки у спосіб, що приносить дохід. Найчастіше метод використовується з метою оцінки неосвоєних ділянок землі. Алгоритм оцінки [7, 13]:

- 1) Потенційний валовий дохід: постійний впродовж 10 років.
- 2) Мінус втрати на незайнятність. Втрати на незайнятність розраховуються як різницю ПВД і втрат на незайнятність, що розраховуються на базі ПВД.
- 3) Мінус втрати під час збору орендних платежів. Втрати при збиранні орендних платежів розраховуються як відсоток від різниці ПВД та втрат на незайнятність.
- 4) Справжній валовий дохід: ПВД мінус втрати на незайнятність, мінус втрати при зборі орендних платежів плюс додатковий дохід.
- 5) Мінус операційні витрати до податку майно (ділянка та її поліпшення). Вони розраховуються як добуток дійсного валового доходу на коефіцієнт операційних витрат.

6) Мінус податку землю. Відповідно до чинного законодавства податок на землю розраховується як добуток ставки податку на одиницю площі земельної ділянки на площу цієї ділянки. Ставка податку при цьому залежить від мети використання землі, яка визначається місцевими органами влади.

7) Чистий операційний прибуток. Він розраховується як дійсний валовий прибуток мінус операційні витрати до податку на майно, мінус податок на землю.

8) Мінус доходу на землю. Він розраховується як добуток ринкової вартості землі на норму віддачі на капітал (ставку дисконтування). Особливість оцінки доходу на землю в цьому прикладі полягає в тому, що нам не відома ринкова вартість землі. На додаток, ця вартість є шуканою величиною щодо формулювання завдання. Розв'язання такого роду завдань, у яких як вхідний параметр використовується потрібне значення, виконується методом послідовних наближень. Як нульове наближення для розрахунку доходу на землю можна взяти будь-яку оцінку вартості землі [14]. Як свідчать дослідження, метод послідовних наближень майже завжди сходиться.

9) Чистий операційний дохід на покращення до відрахування податку на покращення.

10) Розраховується як різниця чистого операційного доходу і доходу на землю.

11) Мінус податок на покращення.

7. Витратний метод оцінки – це набір технік, що визначають вартість нерухомості, базуючись на витратах, потрібних для її відновлення або заміни, з урахуванням зносу. Основою цього методу є принцип заміщення, який передбачає, що обачний покупець не витратить на покупку нерухомості більше, ніж коштуватиме побудова аналогічного за користю об'єкта. За витратним підходом загальна вартість нерухомості ($V_{про}$) визначається як сума вартості земельної ділянки ($V_з$) та відновлювальної вартості (вартості заміщення чи відтворення) нерухомості ($V_{нд}$), зі зменшенням на суму накопиченого зносу (3).

$$V_{про} = V_з + V_{нд} - З \quad (7)$$

Витратний метод застосовується для оцінки вартості поліпшень на земельній ділянці (таких як будівлі та інші споруди), виділення земельної складової вартості в структурі загальної вартості нерухомості, а також широко використовується у визначенні вартості природних ресурсів. Витрати на переміщення, заміщення або відтворення природного об'єкта вважаються мінімальною економічною оцінкою такого об'єкта і служать основою для обчислення компенсаційних платежів з метою фізичного відшкодування

втраченого природного ресурсу [9]. Процес застосування витратного підходу до оцінки нерухомості включає наступні кроки:

- оцінка ринкової вартості земельної ділянки;
- оцінка відновної вартості (вартості заміщення) будівлі, що оцінюється, в тому числі оцінка величини підприємницького прибутку;
- розрахунок виявлених видів зносу;
- розрахунок підсумкової вартості об'єкта оцінки шляхом коригування відновлювальної вартості на зношування з подальшим збільшенням отриманої величини на вартість земельної ділянки.

Визначення вартості ділянки землі, що входить до складу оцінюваної витратним методом нерухомості, засноване на припущенні її найкращого та найефективнішого використання як вільного від забудови [4].

Оцінка вартості інфраструктури виконується на основі витрат на її відтворення або заміщення. При оцінці земель у населених пунктах застосуванням цього методу потрібно врахувати суму витрат на відтворення міських поліпшень, тобто усієї інженерної інфраструктури міста чи селища, виділивши ту частку, яка припадає на оцінювану земельну ділянку. Метод вилучення, який полягає у визначенні ринкової вартості земельної ділянки шляхом віднімання повної вартості відновлення поліпшень, зменшеної на суму їх зносу, від ринкової вартості земельної ділянки з поліпшеннями.

Відповідно до стандартів під час проведення оцінки, оцінювач зобов'язаний використовувати (чи обґрунтувати відмову від використання) все три підходи до оцінки, самостійно визначаючи методи оцінки у складі кожного підходу. При цьому необхідно враховувати обсяг та достовірність доступної для використання того чи іншого методу ринкової інформації. Насправді ж основною проблемою є саме збір ринкової інформації, тому з урахуванням обмеженого складу вихідних даних, які можна одержати з різних джерел оцінювачем, застосування всіх підходів найчастіше забезпечується вкрай рідко.

Сьогодні в Україні, як оподатковувана вартість активу береться пряма сума витрат на створення об'єкта нерухомості. Відповідно до європейських стандартів як базу для оподаткування слід брати ринкову вартість поліпшень, яка розраховується як різницю ринкової вартості активу і ринкової вартості землі (у Стандартах вона називається сумою, що амортизується) [14]. У тих випадках, коли неможливо застосувати силу будь-яких обставин перераховані вище методи порівняльного аналізу (порівняння продажів і розвитку підрозділів), можна використовувати такі методи, як:

- метод розподілу (метод екстракції);
- метод виділення (метод вилучення);
- метод залишкової вартості (метод залишку);

– метод капіталізації орендної плати за вільну ділянку.

При цьому перші три методи цієї групи належать до техніки залишку, де оцінювач відокремлює частку вартості, яка припадає на земельну ділянку з загальної ринкової вартості земельної ділянки нерухомості. Необхідність проведення подвійного розрахунку – спершу визначення вартості цілісного об'єкта нерухомості, а потім виділення частини, що припадає на земельну ділянку, призводить до збільшення похибки в оцінці її ринкової вартості.

8. Метод розподілу є технікою непрямого порівняння, яка визначає відношення між вартістю землі та вартістю поліпшень на ній або між іншими компонентами майна. Результатом є розподіл загальної ринкової ціни між землею та поліпшеннями для цілей порівняння. Однак складність визначення частки землі у загальній вартості майна робить цей метод менш надійним, що підтверджують німецькі фахівці з оцінки нерухомості, котрі не змогли отримати емпірично обґрунтовані дані про співвідношення вартості землі до вартості будівель.

9. Метод виділення, інша форма непрямого порівняння, визначає вартість покращень через аналіз витрат, вирахувавши амортизацію та вилучаючи цю суму з повної ціни об'єкта майна для порівнянь в інших аспектах. Отриманий залишок вказує на потенційну вартість землі. Однак, метод має обмеження, оскільки може давати неточні оцінки вартості будівель та споруд старше 10 років, через збільшення складності розрахунку накопиченого зносу з плином часу [10].

При застосуванні методу залишку для оцінки землі як елементи аналізу також застосовуються дані про доходи та витрати. Застосування методу обмежується прибутковими об'єктами майна. Він найчастіше використовується для нових об'єктів майна, для яких потрібна менша кількість припущень. Метод застосовується також для оцінки незабудованих ділянок, якщо є можливість їх забудови поліпшеннями, що приносять дохід, та визначення варіанти найбільш ефективного використання земельної ділянки, і метод залучає до себе безліч змінних; вартість, що визначається при оцінці ділянки, може бути дуже чутливою до щодо малих змін в цих змінних.

10. Метод капіталізації. Останнім методом, використання якого дозволяє визначити ринкову вартість земельної ділянки, є метод капіталізації орендної плати за незабудовані ділянки. Якщо земельна ділянка може бути здана в оренду або якимось іншим близьким в економічному розумінні може приносити дохід його власнику, як вільний від покращень, цей дохід при наявності достатніх ринкових даних можна, можливо капіталізувати у показник ринкової вартості. на практиці, тим більше в сучасних українських умовах, застосування цього методу пов'язано з великим кількістю припущень і похибок

[3]. Деякі труднощі пов'язані з розрахунком ставки капіталізації, але головною складністю залишається визначення орендної плати. Переваги та складності методів оцінки ринкової вартості земельних ділянок, відповідно до МСО, можливо уявити в вигляді таблиці 2.

Таблиця 2

Методи оцінки ринкової вартості земельних ділянок в Україні (МСО)

Метод оцінки	Позитивні сторони	Складнощі
Порівняння продажів	Найбільш достовірний і доведений метод	Внесення коригувань. Наявність інформації
Розбивки на ділянки	Використовується більшою мірою для визначення інвестиційної вартості	Велика кількість припущень. Прогнозування
Розподілу	Наявність більшої інформації по забудованим ділянкам	Визначити вартість земельної ділянки. Визначити частку землі в загальній вартості
Виділення	Наявність більшої інформації по земельним ділянкам	Визначити вартість земельної ділянки. Необ'єктивна оцінка покращень старше за 10 років
Залишку	Наявність більшої інформації по земельним ділянкам	Визначити вартість земельної ділянки. Безліч змінних
Капіталізація орендної плати	Підходить для оцінки сільськогосподарських земель	Розрахунок доходу. Розрахунок коефіцієнта капіталізації

Джерело: розроблено авторами.

Таким чином, наведена вище думка про те, що техніка порівняння продажів є найбільш оптимальним і достовірним методом оцінки ринкової вартості земельних ділянок, як забудованих, так і вільних, є справедливим та обґрунтованим через перелічені недоліки інших методів.

Висновки та рекомендації. Найважливішим чинником, що визначає вартість земельної ділянки, є її місцеположення. Ділянки в міських агломераціях або близько до ключових інфраструктурних об'єктів мають вищу вартість через підвищений попит на житло та комерційні простори. Розвиненість інфраструктури, такої як доступність доріг, електрики, водопостачання та інших комунальних послуг, збільшує привабливість ділянок і відповідно їх ринкову вартість. Визначено, що економічний клімат регіону має значний вплив на попит та пропозицію на ринку землі. Періоди економічного зростання характеризуються підвищеним попитом та збільшенням цін, тоді як економічні спади можуть вести до їх зниження. Земельні ділянки в районах, де планується будівництво нових об'єктів або інфраструктурних проєктів, часто зростають у ціні в очікуванні майбутніх позитивних змін.

Дослідження використовує різні підходи для визначення вартості земельних ділянок, зокрема порівняльний, прибутковий та витратний методи.

Кожен із цих методів має свої особливості та обмеження, що підкреслює важливість використання комбінованого підходу для досягнення найбільш об'єктивної оцінки.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Таратула Р.Б. Роль державного земельного кадастру в інформаційному забезпеченні системи управління земельними ресурсами. Збалансоване природокористування. 2016. № 1. С. 146–149. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zp_2016_1_30 (дата звернення: 16.04.2024).
2. Актуальні напрямки розвитку картографії в Україні / За редакцією Руденка Л.Г. Київ : Ін-т географії НАН України, 2019. 90 с.
3. Оцінка земель в Україні: сучасний стан, методологія та перспективи розвитку : монографія / А.Г. Мартин та ін. Київ : Компринт, 2015. 634 с.
4. Каліна І.І. Концептуальні засади побудови цифровізації аграрного сектору. *Ефективна економіка*. 2019. № 10. DOI: 10.32702/2307-2105-2019.10.82.
5. Македон В.В., Валіков В.П., Федьора С.С. Удосконалення управління промисловими підприємствами на основі стратегій інноваційного розвитку. *Європейський вектор економічного розвитку*. 2019. №1. С. 108–125.
6. Ямелинець Т. Інформаційне ґрунтознавство : монографія. Львів : ЛНУ ім. Івана Франка, 2022. 352 с.
7. Лазарева О.В., Мась А.Ю., Борисевич К.Ю. Європейські шляхи розвитку землеустрою в системі управління земельними ресурсами. *Економіка та держава*. 2022. № 1. С. 28–33. DOI: 10.32702/2306-6806.2022.1.28.
8. Македон В.В., Байлова О.О. Планування і організація впровадження цифрових технологій в діяльність промислових підприємств. *Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія «Економічні науки»*. 2023. Випуск 47. С. 16–26. DOI: 10.32999/ksu2307-8030/2023-47-3.
9. Woo K.S., Worboys G., Geological monitoring in protected areas, International. *Journal of Geoheritage and Parks*. 2019. Volume 7. Issue 4. pp. 218–225. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijgeop.2019.12.004>.
10. Hablovskyi B., Hablovska N., Shtohryn L., Kasiyanchuk D., Kononenko M. The Long-Term Prediction of Landslide Processes within the Precarpathian Depression of the Cernivtsi Region of Ukraine. *Journal of Ecological Engineering*. 2023. №24(7). pp. 254–262. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/164753>.
11. Чувпило В., Шевчук С., Гапон С., Нагорна С., Куришко, Р. Кадастрові системи та землеустрій у містобудівному проектуванні: оптимізація землекористування та міського планування. *Містобудування та територіальне*

планування. 2023. №(84). С. 407–423. DOI: <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2023.84.407-423>.

12. Avanesova N., Tahajuddin S., Hetman O., Serhiienko Y., Makedon V. Strategic management in the system model of the corporate enterprise organizational development. *Economics and Finance*. 2021. № 1/2021. Vol. 9. pp. 18–30.

13. Villanueva J.K.S., Blanco A.C. Optimization of ground control point (GCP) configuration for unmanned aerial vehicle (UAV) survey using structure from motion (SfM). *The International Archives of Photogrammetry. Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 2019. No 42. pp. 167–174. DOI: 10.5194/isprs-archives-XLII-4-W12-167-2019.

14. Перович І.Л. Кадастр як основа адміністрування земельних ресурсів. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*. 2013. Вип. II(26). С. 110–112.

PhD in Economics, Associate Professor **Udovenko Iryna**,
Uman National University of Horticulture,

PhD in Economics, Associate Professor **Stepanenko Tetiana**,
Eastern Ukrainian National University named after Volodymyr Dahl,
Likhva Natalia, Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture

LAND VALUE ASSESSMENT METHODS AND THEIR INFLUENCE ON THE MARKET PRICE OF LAND PLOTS

The paper analyzes the land market, which is part of the wider property market sector, focusing on the many factors that determine its dynamics and complexity. It was determined that the main drivers of land value are geographical location, economic conditions, legislative regulation, political stability, infrastructure and development prospects of the territory. The location of land plots in urbanized or strategically important locations significantly increases their value due to high demand, while plots in remote or less developed areas have a lower value. The article examines the impact of the economic climate, where during periods of economic growth the demand for land increases, leading to higher prices, while economic downturns can lead to lower prices. Land laws, tax policies, and land use regulations are key regulatory factors that have a significant impact on market value. Further prospects for the development of the area, such as plans for the construction of new residential complexes or commercial centers, can also significantly increase the value of land plots. It is noted that according to the International Valuation Standards, the market value is considered as the amount of money for which the property could be transferred as a result of a commercial agreement between knowledgeable and

independent parties. The article emphasizes the importance of an integrated approach to the analysis of the land market, which includes the assessment of all potential factors affecting pricing, including the size of the plot and its specific purpose, which determine its market attractiveness and value. The use of combined evaluation methods, such as comparative, profitable and cost, allows to obtain a more accurate assessment of the value of land plots, which is critical for investors, developers and policy decisions. The results of the study can be used by governments to evaluate and revise land legislation, which will contribute to more effective management of land resources. The importance of accurate land valuation for the implementation of successful land reforms that can help ensure the equitable use of land resources.

Key words: land plots; land management; cost assessment; MSO; sale price; real estate object.

REFERENCES

1. Taratula, R.B. (2016). Rol' derzhavnoho zemel'noho kadastru v informatsiynomu zabezpechenni systemy upravlinnya zemel'nymy resursamy [The role of the state land cadastre in the information provision of the land resources management system]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia*. 1, 146–149. Retrieved from: http://natureus.org.ua/repec/archive/1_2016/28.pdf {in Ukrainian}.
2. Rudenko, L.G. (2019) *Aktual'ni napryamky rozvytku kartohrafiyi v Ukrayini* [Current trends in the development of cartography in Ukraine]. Kyiv: Institute of Geography of the National Academy of Sciences of Ukraine. {in Ukrainian}.
3. Martyn, A.G. (2015). *Otsinka zemel' v Ukrayini: suchasnyy stan, metodolohiya ta perspektyvy rozvytku* [Land valuation in Ukraine: current state, methodology and development prospects]. Kyiv: Kompynt {in Ukrainian}.
4. Kalina, I. (2019). Kontseptual'ni zasady pobudovy tsyfrovizatsiyi aharnoho sektoru [Conceptual principles of construction of digitalization of agricultural sector]. *Efektivna ekonomika*, 10, DOI: 10.32702/2307-2105-2019.10.82. {in Ukrainian}.
5. Makedon, V.V., Valikov, V.P., & Fedyora, S.S. (2019). Udoskonalennya upravlinnya promyslovymy pidpryyemstvamy na osnovi stratehiy innovatsiynoho rozvytku [Improving the management of industrial enterprises based on innovative development strategies]. *European vector of economic development*, 1, 108–125. {in Ukrainian}.
6. Yamelynets, T. (2022). *Informatsiyne gruntoznavstvo* [Informational soil science]. Lviv: LNU named after Ivan Franko. {in Ukrainian}.
7. Lazaryeva, O.V., Mas', A.YU., & Borysevych, K.YU. (2022). Yevropeys'ki shlyakhy rozvytku zemleustroyu v systemi upravlinnya zemel'nymy

resursamy [European ways of land management development in the land resources management system]. *Ekonomika ta derzhava*, 1, 28–33. DOI: 10.32702/2306-6806.2022.1.28 {in Ukrainian}.

8. Makedon, V.V., & Bailova, O.O. (2023). Planuvannya i orhanizatsiya vprovadzhennya tsyfrovyykh tekhnolohiy v diyal'nist' promyslovykh pidpryyemstv [Planning and organizing the implementation of digital technologies in the activities of industrial enterprises]. *Scientific Bulletin of Kherson State University. Series "Economic Sciences"*, 47, 16–26. DOI: 10.32999/ksu2307-8030/2023-47-3 {in Ukrainian}.

9. Woo, K.S., & Worboys, G. (2019). Geological monitoring in protected areas. *International Journal of Geoheritage and Parks*, 7(4), 218–225. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijgeop.2019.12.004> {in English}.

10. Hablovskyi, B., Hablovska, N., Shtohryn, L., Kasiyanchuk, D., & Kononenko, M. (2023). The Long-Term Prediction of Landslide Processes within the Precarpathian Depression of the Cernivtsi Region of Ukraine. *Journal of Ecological Engineering*, 24(7), 254–262. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/164753> {in English}.

11. Chuvpylo, V., Shevchuk, S., Hapon, S., Nahorna, S., & Kuryshko, R. (2023). Kadastrovi systemy ta zemleustriy u mistobudivnomu proektuvanni: optymizatsiya zemlekorystuvannya ta mis'koho planuvannya [Cadastral systems and land structure in urban planning: optimization of land use and urban planning.]. *Mistobuduvannya ta terytorial'ne planuvannya*, 84, 407–423. DOI: <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2023.84.407-423> {in Ukrainian}.

12. Avanesova, N., Tahajuddin, S., Hetman, O., Serhiienko, Y., & Makedon, V. (2021). Strategic management in the system model of the corporate enterprise organizational development. *Economics and Finance*, 1(9), 18–30 {in English}.

13. Villanueva, J.K.S., & Blanco, A.C. (2019). Optimization of ground control point (GCP) configuration for unmanned aerial vehicle (UAV) survey using structure from motion (SfM). *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42, 167–174. DOI: 10.5194/isprs-archives-XLII-4-W12-167-2019 {in English}.

14. Perovych, I.L. (2013). Kadastr yak osnova administruvannya zemel'nykh resursiv [Cadastre as the basis of land resources administration]. *Cuchasni dosyahnennya heodezychnoyi nauky ta vy robnytstva*. II(26), 110–112 {in Ukrainian}.

Зміст

Архітектура та містобудування

Андрусяк У.Б. <i>Перспективи функціональної адаптації замкового комплексу в с. Підзамочок тернопільської області</i>	3
Брідня Л.Ю. <i>Житлова башта Накагін в Токіо, Японія: футуристичний архітектурний концепт середини 20 сторіччя і реальність</i>	17
Гнесь Ю.І. <i>Генеza рекреаційних поселень в українських Карпатах у ХХІ ст.</i> ...	27
Голик Й.М., Багрій Н.Ю., Стецько І.І. <i>Реконструкція будівель як метод збереження історичної забудови</i>	41
Емам'янфар Алі, Третяк Ю.В., Косаревська Р.О. <i>Архітектурні рішення шкільних будівель в жарко-сухих і жарко-вологих районах Ірану</i>	57
Єрофалов Б.Л. <i>Кардо і декуманус в історичному розплануванні Києва</i>	72
Лепешко А.А. <i>Вплив історичного розвитку промислової діяльності на планувальні зміни виробничих територій</i>	92
Мацола В.В., Мацола А.В. <i>Стратегії проєктування багатоквартирного житла з укриттями з урахуванням пандемічних ризиків: сучасні тенденції та напрямки розвитку</i>	113
Мустафа Махмуд Абдулгані Мустафа <i>Особливості формування громадсько-транспортного центру на базі транспортно-пересадочного вузла</i>	130
Павленко Т.О., Литвиненко Т.П., Єншуєва Т.В., Пасічна Т.О., Зубричев О.С. <i>Основні проблеми безбар'єрності вулично-дорожнього середовища в сучасних умовах</i>	141
Пісьо С.Я., Березовецька І.А., Станько С.В. <i>Роль мистецтв у формуванні ландшафтно-планувальної організації архітектурного простору сільських поселень України</i>	151
Савчук О.М., Семчук А.С. <i>Ревіталізація покинутої території Надвірнянського нафтоперегінного заводу</i>	168
Слепцов О.С. <i>Синтез національної і західної традиції у ранніх зразках японського модернізму (на прикладі меморіального собору миру в Хірошімі)</i>	178
Соснова Н.С. <i>Антропогенний вплив спортивно-туристичних об'єктів на природні ландшафти</i>	188
Тараненко С.В., Бородай А.С., Бородай Я.О. <i>Застосування інформаційних технологій в об'єктах пам'яті на прикладі території Бабиного Яру</i>	197
Тімохін В.О., Щурова В.А., Гарбар М.В. <i>Якісні показники відкритих громадських просторів транспортно-пересадочних вузлів</i>	208
Чжао Хунцзюань, Куцевич В.В. <i>Пропозиції щодо розміщення у міському середовищі закладів соціального захисту людей літнього віку</i>	221

Будівництво та цивільна інженерія

- Афанасьєва Л.В., Лавріненко Л.І. *Конструкції захисних споруд в умовах високошвидкісного удару* 230
- Габрель М.М., Косьмій М.М., Габрель М.М. *Нематеріальні контексти в концепції «розумного» міста* 243
- Дружинін М.А., Малихін М.О., Кацюба І.Р., Кирик Я.Я., Степанюк Р.Б. *Інтеграція прикладних модулів IPD до складу організаційно-технологічних інструментів управління будівництвом* 261
- Задоянний О.В., Євдокименко Ю.М. *Порівняльний ексергетичний аналіз адіабатного та ізотермічного зволоження в прямотоковій центральній системі кондиціонування повітря* 272
- Івасенко В.О., Завальний О.В. *Методи транспортного моделювання як інструменти дослідження при створенні моделі безпеки руху у населених пунктах* 284
- Керш В.Я., Левицький Д.В., Тихонюк С.А., Фощ А.В. *Підвищення водостійкості штукатурної суміші на основі гіпсовміщуючого в'язучого* 300
- Кошевий О.П., Лазарева М.В., Янсонс М.О., Чубарев А.Г., Марчук О.С., Смоленський А.О. *Чисельне моделювання просторової моделі стану пошкодженого дев'ятиповерхового будинку для оцінки міцності та жорсткості на основі результатів обстеження* 314
- Осипов В.О. *Дискретно-неперервні процеси, як математична основа надійності поведінки підсистем системи «водій-автомобіль-дорога-середовище»* 329
- Сур'янінов М.Г., Неутов С.П., Сорока М.М., Метлицький В.В. *Несуча здатність і тріщиноутворення залізобетонної циліндричної оболочки при зміні її товщини* ... 340
- Сур'янінов М.Г., Фомін В.М., Вигнанець М.М. *Несуча здатність балок при короткочасних навантаженнях з використанням діаграми деформування бетону у вигляді поліному n 'ятої степені* 353
- Човнюк Ю.В., Чередніченко П.П., Москвітін А.С. *Аналіз нагріву пропіленгліколю/етиленгліколю у циліндричному каналі сонячного теплового колектору* 370

Геодезія та землевпорядкування

- Дем'яненко Р.А., Анненков А.О., Бондар С.А., Кузьмич О.Й., Циколенко О.В. *Аналіз впливу зовнішніх факторів на деформації висотних споруд в процесі їх будівництва та експлуатації* 388
- Карпінський Ю.О., Кінь Д.О., Куриляк І.С., Ротачов Н.Ю. *Методика трансформування координат з архівної системи (ВАРАШ-42) у діючу (МСК-56) за допомогою QGIS* 397

Кирилюк В.П., Рожі Т.А., Дець Т.І. <i>Проектування протиерозійних гідротехнічних і лісомеліоративних заходів боротьби з ярами</i>	411
Куліковська О.Є. <i>Про вплив екзогенних процесів на результати вимірювання переміщень геодезичних знаків</i>	426
Малюк О.О. <i>Особливості діяльності комітету експертів ООН з управління глобальною геопросторовою інформацією (UN-GGIM): досвід України</i>	437
Поморцева О.Є., Лазоренко Н.Ю., Кінь Д.О., Некрасов Я.В. <i>Дослідження впливу вернакулярних районів на сталий розвиток територій міст</i>	449
Прокопенко Н.І., Дець Т.І., Рожі Т.А. <i>Земельне планування та управління земельними завданнями в межах агроландшафтних проєктів: успішні практики та виклики</i>	462
Третяк В.М. (Tretiak Vladyslav) <i>Creation and use of geospatial data for morphometric analysis of urban development using geographic information technologies</i>	477
Удовенко І.О., Степаненко Т.О., Ліхва Н.В. <i>Методи оцінки земельної вартості та їх впливу на ринкову ціну земельних ділянок</i>	487

Наукове видання

МІСТОБУДУВАННЯ ТА ТЕРИТОРІАЛЬНЕ ПЛАНУВАННЯ

Науково-технічний збірник

Випуск 86

Має свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації в Державному комітеті інформаційної політики України (серія КВ № 4186 від 10 травня 2000 року).

Визнаний МОН України, як наукове фахове видання України категорії «Б», в якому можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук (Наказ №1471 від 26 листопада 2020 року).

Збірник зареєстровано в міжнародних каталогах наукових видань та науково-метричних базах даних: Index Copernicus International (ICI); Google Scholar; Наукова періодика України.

Тематична спрямованість збірника, за якою публікуються наукові праці – спеціальності: **191. Архітектура та містобудування; 192. Будівництво та цивільна інженерія; 193. Геодезія і землеустрій.**

Перелік розсилки даного збірника, якої дотримується редколегія, опубліковано у випуску №83 за 2023 рік.

Вимоги, яких слід дотримуватись в подальшому, для оформлення рукописів статей для опублікування в збірнику наведено у випусках збірника №81-83 та випусках за №1-3 збірника «Просторовий розвиток».

Зміст випусків збірника з №1 по №19 опубліковано у випуску за №20, випусків з №20 по №39 опубліковано у випуску за №40, з №40 по №54 у випуску за №55, з №55 по №70 у випуску №71.

З випусками збірника, починаючи з №10, можна ознайомитись на сайті <http://www.nbu.gov.ua> національної бібліотеки НАН України ім. В.І. Вернадського, з №25 на сайті library.knuba.edu.ua бібліотеки КНУБА та на сайті редколегії збірника mtp.knuba.edu.ua.

Статті можна надіслати за адресою електронної пошти: petro_che@ukr.net.

Комп'ютерне верстання випуску *О.П. Чередніченко*

Адреса редколегії: 03037, м.Київ-37, Повітрофлотський пр., 31. КНУБА.
Тел.: 241-55-43, 245-42-04.

Підписано до друку 22.05.2024 р. Формат 60x84¹/₁₆.
Обл.-вид. арк. . Тираж 100. Зам. №

ТОВ “Видавництво “Ліра-К”,
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру
суб’єктів видавничої справи ДК №3981 від 15.02.2011.