ISSN 2786-7269 (Print)
ISSN 2786-7277 (Online)

ПРОСТОРОВИЙ РОЗВИТОК

SPATIAL DEVELOPMENT

Випуск 17 - 2026

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

ПРОСТОРОВИЙ РОЗВИТОК

Науковий збірник

Заснований у 2019 році

Випуск №17

Київ КНУБА 2026

УДК 711.11; 656.13.05; 528.482; 69.003.12; 911.3

Просторовий розвиток: Науковий збірник /в.о. Головн. ред. О. Приймаченко О.В. – К., КНУБА, 2026. – Вип. 17. – 636 с.

DOI 3: https://doi.org/17.32347/2786-7269.2026.5

Українською та англійською мовами.

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

Spatial Development: Science journal / Chief editor O. Pryimachenko. – K., KNUCA, 2026. – Issue 17. – 636 p.

In Ukrainian and English languages.

The compilation covers political, economic and engineering problems of theory and practice of area development, area planning, urban planning, management of urban planning systems and programs, integrated assessment, development, maintenance and reconstruction of territories and residential development, and deals with current issues of housing and communal services, geodesy, city planning cadastre, development of settlements, their engineering and transport infrastructure.

В.О. Головного редактора – к.т.н., доцент **О.** Приймаченко О.В. (КНУБА).

Редакційна колегія: докт. наук з держ. упр., доцент Андреєв С.О. (КНУБА); докт. техн. наук, доцент Анненков А.О. (КНУБА); докт. економ. наук, професор Бєлєнкова О.Ю. (КНУБА); докт. техн. наук, професор Бушуєва Н.С. (КНУБА); докт. техн. наук, професор Габрель М.М. (НУ «ЛП»); канд. техн. наук, доцент Горбач М.В. (КНУБА); докт. філософ. наук, професор Гоцалюк А.А. (КНУБА);докт. наук з держ. упр., доцент Дакал А.В. (НУ охор. здор. України ім. Шупика П.Л.); докт. наук з держ. упр., професор Дзюндзюк В.Б. (ХНУ ім. Каразіна В.Н.); докт. філософ. наук, професор Добродум О.В. (КДТЕУ); канд. наук з держ. упр., доцент Ємельянова О.М. (КНУБА); докт. наук з держ. упр., професор Іваницька О.М. (НТУ України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»); докт. техн. наук, професор Карпінський Ю.О. (КНУБА); докт. архітектури, професор Ковальська Г.Л. (КНУБА); докт. філософ. наук, ст. н. співробітник Козловець М.А. (ЖДУ ім. І. Франка); докт. політ. наук, професор Корнієвський О.А. (Нац. інст. страт. досліджень); докт. архітектури, доцент Кравченко І.Л. (КНУБА); канд. філософ. наук, доцент Лакуша Н.М. (КНУБА); докт. економ. наук, професор Лич В.М. (КНУБА); докт. техн. наук, професор Лізунов П.П. (КНУБА); докт. техн. наук, професор Лященко А.А. (КНУБА); докт. наук з держ. упр., професор Майстро С.В. (НУ цив. захисту України); докт. наук з держ. упр., професор Мамонова В.В. (ХНУМГ ім. О.М. Бекетова); докт. архітектури Орленко М.І. (Корп. «Укрреставрація»); докт. техн. наук, професор Осипов О.Ф. (КНУБА); докт. політ. наук, професор Перегуда Є.В. (КНУБА); докт. техн. наук, професор Петраковська О.С. (КНУБА); докт. філософ. наук, професор Печеранський І.П. (КНУКіМ); докт. техн. наук, професор Плешкановська А.М. (КНУБА); докт. техн. наук, професор Поколенко В.О. (КНУБА); канд. техн. наук, доцент Приходько Д.О. (КНУБА); докт. економ. наук, професор Рижакова Г.М. (КНУБА); докт. філософ. наук, ст. н. співробітник Самчук З.Ф. (ІПіЕД ім. І.Ф. Кураса НАН України); докт. техн. наук, доцент Смілка В.А. (ДАіМ КМДА); докт. економ. наук, професор Сорокіна Л.В. (КНУБА); докт. економ. наук, професор Стеценко С.П. (КНУБА); докт. політ. наук, професор Стойко О.М. (Інст. держ. і права ім. Корецького В.М.); докт. техн. наук, професор Татарченко Г.О. (СНУ ім. В. Даля); канд. економ. наук, доцент Цифра Т.Ю. (КНУБА); канд. філософ. наук, ст. н. співробітник Червона Л.М. (ІВО НАПН України); доцент Чередніченко П.П. (відп. секретар, КНУБА); докт. філософ. наук, професор Чорноморденко І.В. (КНУБА); докт. економ. наук, професор Шпакова Г.В. (КНУБА); докт. техн. наук, професор Шульц Р.В. (КНУБА); докт. політ. наук, професор Явір В.А. (Інст. держ. і права ім. Корецького В.М.); доктор архітектури, професор Яценко В.О. (КНУБА); іноземні члени редколегії: канд. соц. наук, професор Валацкене Аста (Унівенрситет Миколаса Раміреса м. Вільнюс, Литва); докт. економ. наук, професор Климчук М.М. (Університет Манітоба, Канада); доктор хабілітований, професор Кобилярчик Ю. (Краківська Політехніка ім. Т. Косцюшки, Польща); доктор хабілітований, професор Кушнєж-Крупа Д. (Краківська Політехніка ім. Т. Косцюшки, Польща); докт. економ. наук, професор Ніколаєв В.П. (Політехніка Вроцлавська, Польща); докт. економ. наук, (докт. хабілітований), професор Трач Р.В. (Варшавський університет природничих наук, Польща).

Рекомендовано до видання вченою радою Київського національного університету будівництва і архітектури, протокол №41 від 26 березня 2026 року.

На замовних засадах

© Київський національний університет будівництва і архітектури, 2026

DOI: 10.32347/2786-7269.2026.17.3-17
УДК 711.4
д. арх., професор **Вадімов В.М.**,
vmvadimov@ukr.net, ORCID 0000-0002-8131-8779,
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

ДО ПИТАННЯ МЕТОДОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ЖИТЛОВОГО СЕРЕДОВИЩА УКРАЇНСЬКИХ МІСТ НА ОСНОВІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

На основі роботи групи експертів Світового банку повоєнне відновлення України потребує значних коштів у розмірі орієнтовно 524 мільярди доларів. Найбільш актуальними є житловий, транспортний та енергетичний сектори. Житлове середовище є відповідальним за створення комфортних умов проживання населення і тому вже зараз потрібно мати методології просторового планування на основі принципів сталого розвитку. В Україні створюються сучасні нормативно-правові умови проведення відновлення житлового середовища. Верховною Радою України у січні 2026 року прийнятий Закон України «Про основні засади житлової політики», у лютому 2026 року пройшла презентація Концепції Містобудівного Кодексу України робота над яким була розпочата робочою групою у березні 2023 року. Методологія сталого розвитку була зафіксована у матеріалах Лейпцігської Хартії (2007 р.) – «міста Європи на шляху сталого розвитку» була поширена і для України. Важливим для міст України стало впровадження сучасних методів просторового планування у міжнародній програмі «Інтегрований розвиток міст в Україні», яка реалізовується з 2015 німецькою урядовою компанією «Deutsche Gesellschaft fur Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH». У країнах ЄС планування інтегрованого розвитку міста є доволі звичайним явищем, досвід якого поширюється на спеціальних конференціях як наприклад у Німеччині на щорічних Федеральних конгресах які присвячуються актуальним питанням просторового розвитку міст.

Ключові слова: житлове середовище; просторове планування; методологія сталого розвитку; містобудівна документація; містобудівні програми; містобудівний кластер.

Актуальність роботи. Міста України зазнали значних руйнацій в наслідок повномасштабної війни, виникли території урбіциду і екоциду, що створює проблемні ситуації перспективного просторового розвитку та відновлення житлового середовища. Україна може скористатися можливостями, що створює повоєнне відновлення, міжнародні партнери готові

допомагати з відбудовою країни, зокрема й брати на себе фінансування низки ініціатив у рамках Плану відновлення. Хоча й очікується, що основним розробником Плану відновлення повинна бути саме Україна, проте партнери однозначно контролюватимуть, на яких принципах відбуватиметься відновлення, які саме ініціативи втілюватимуться в життя, та як витрачатиметься їхня допомога. Одними з таких принципів є принципи сталого розвитку. Методологія просторового розвитку була завжди предметом професійної дискусії та професійної рефлексії проектного досвіду різних країн. Відомо що кризові ситуації для міського розвитку постають в наслідок антропогенних катастроф, пандемії, воєнних конфліктів та війн. На протязі XX ст. після першої та другої світових війн відбулось оновлення методологічних досліджень урбаністичного спрямування під впливом постулатів Афінської хартії (1931 р.). Містобудівна документація набула рис гуманістичної просторової організації функціональних процесів у міському середовищі. Але вже початок XXI ст.. був пов'язаний з різким погіршенням стану навколишнього середовища міст внаслідок кліматичних змін, виникли явища пандемій, почастішали регіональні воєнні конфлікти та війни. Актуальними на сьогодні є становлення методології просторового планування що буде спрямована на процеси відновлення житлового середовища на основі досвіду сучасних європейських міст.

Мета даної роботи спрямована на визначення пріоритетних методологічних положень просторового планування з урахуванням європейського досвіду. Врахування досвіду європейських держав, вказує на демократичні засади публічного управління, як наприклад у Німеччині [**Error! Reference source not found.**]. Україна у 1992 році приєдналася до стратегічного документу ООН «Порядок денний на XXI століття», підписала ряд міжнародних угод і договорів, які зобов'язують управлінські структури держави здійснювати розвиток на принципах сталого розвитку, оскільки сталий розвиток є фундаментальною метою Європейського Союзу. Методологія сталого розвитку, яка була зафіксована у матеріалах Лейпцігської Хартії (2007 р.) – «міста Європи на шляху сталого розвитку» була поширена і для України. Важливим для міст України стало впровадження сучасних методів просторового планування у міжнародній програмі «Інтегрований розвиток міст в Україні», яка реалізовується німецькою урядовою компанією «Deutsche Gesellschaft fur Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH». В процесі реалізація проекту, було встановлено необхідність реформування вітчизняних адміністративно-правових засад просторового планування, а також необхідність узгодженості термінологічних визначень процесів просторового планування в Україні та у Європі [**Error! Reference source not found.**]. Робота

по вдосконаленню нормативно правових засад продовжується в Україні. Прикладом такої роботи це прийнятий Закон України «Про основні засади житлової політики» [**Error! Reference source not found.**]. Закон запроваджує новий підхід до житлової політики відповідно до європейських стандартів і скасовує Житловий кодекс 1983 року. У лютому 2026 року пройшла презентація Концепції Містобудівного Кодексу, який визначає сучасні підходи у сфері містобудування..

Методи дослідження. Поширення методів дослідження просторового планування повинні відображають як нагальну актуальність певного історичного часу розвитку держави так і відповідність міжнародним нормативно-правовим документам. Методологія та методи просторового розвитку українських міст ґрунтувались на певних теоретичних постулатів попередніх часів які були реалізовані у проектах забудови соціалістичних міст [**Error! Reference source not found.**,**Error! Reference source not found.**,**Error! Reference source not found.**,**Error! Reference source not found.**]. За багато років структурних деформацій економіки, домінування ресурсних та енергоємних галузей і технологій, сировинної орієнтації експорту та надмірної концентрації виробництва у промислових регіонах в Україні сформувалася розбалансована структура природокористування та управління просторовим розвитком на всіх взаємопов'язаних територіальних рівнях (макро, мезо, мікро). Тому документи Ініціатива сталого розвитку (SCI) і матеріали Лейпцизької Хартія «Міста Європи на шляху сталого розвитку» (2007 р.) стали основою «Стратегії сталого розвитку "Україна - 2020" (2015 р.).

Вивченість теми. Наукові основи формування методології просторового планування в України проходило у тісній співпраці з географічним науковими школами[**Error! Reference source not found.**,**Error! Reference source not found.**,**Error! Reference source not found.**,**Error! Reference source not found.**]. Науково-практичними дослідженнями в Україні вчених Ю. Білоконя, Д. Богорада, І. Бистрякова, М. Дьоміна, Г. Заблоцького, Є. Клюшніченко, М. Кушнаренко, Г. Лаврика, В. Нудельмана, А. Рудницького, А. Оситнянко, Ю. Палехи, Т. Панченко, А. Плешкановскої, О. Сингаївської, В. Тімохіна, Г. Фільварова, І. Фоміна та інш. створені основи сучасної теорії і практики вітчизняного містобудування, де поєднуються передові наукові дослідження різних наукових шкіл дотичних до просторового планування[**Error! Reference source not found.**,**Error! Reference source not found.**,**Error! Reference source not found.**,**Error! Reference source not found.**,13,**Error! Reference source not found.**]. Системний підхід у теорії і практики містобудування в Україні реалізується на трьох взаємопов'язаних територіальних рівнях: загальнонаціональному, регіональному, локальному (місцевому) [**Error!**

Reference source not found.,**Error! Reference source not found.**]. Одним із результатів системного підходу слід вважати проведення Державної програми децентралізації. В Україні процес децентралізації розпочато 2014 року з прийняттям Концепції реформи місцевого самоврядування та територіальної організації влади в Україні (01.04.2014), законів України «Про співробітництво територіальних громад» (17.06.2014). Цей процес дозволив формувати відповідно до положень Європейської хартії місцевого самоврядування значний дієвий і спроможний інститут місцевого самоврядування на базовому рівні – об'єднані територіальні громади (ОТГ). Сталий розвиток формування перспектив населених пунктів став здійснюватися на принцип субсидіарності, як один із ключових правових і політичних принципів функціонування Європейського Союзу (далі – ЄС). Визначення перспектив формування житлового середовища стало відбуватись на основі обізнаності про просторовий розвиток об'єднаних територіальних громад, про розвиток міст.

Основний зміст дослідження. Методологія формування житлового середовища українських міст ґрунтуються на певних теоретичних постулатів попередніх часів, які були реалізовані найбільш масштабно у практиці забудови міст у Європі з середина XX ст.. до початку XXI ст.. Методологія просторового розвитку часів Афінської хартії пропонували стандарти об'ємно-просторової організації міського середовища на основі функціоналізму - «форма слідує за функцією». Але вже початок XXI ст.. для процесів урбанізації супроводжувався різнорідними кризовими явищами що не були передбачені у документах Афінської Хартії. Методологія сталого розвитку, яка була зафіксована у матеріалах Лейпцігської Хартії (2007 р.) – «міста Європи на шляху сталого розвитку" стала своєрідним методологічним підходом у розв'язані актуальних проблем просторового розвитку міського середовища у європейських містах. Постсоціалістичні українські міста за багато років структурних деформацій економіки, домінування ресурсних та енергоємних галузей і технологій, сировинної орієнтації експорту та надмірної концентрації виробництва у промислових регіонах отримали просторову організацію де житлова сфера розглядалось як функціональний додаток до промисловості [**Error! Reference source not found.**]. Результатом такого підходу у просторовому плануванні сформувалася розбалансована структура природокористування та управління просторовим розвитком на всіх взаємопов'язаних територіальних рівнях (макро, мезо, мікро). Тому важливим етапом для сфери містобудування міст України стало впровадження сучасних методів просторового планування у міжнародній програмі «Інтегрований розвиток міст в Україні», яка реалізовується німецькою урядовою компанією «Deutsche Gesellschaft fur Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH». В процесі реалізація проекту, було

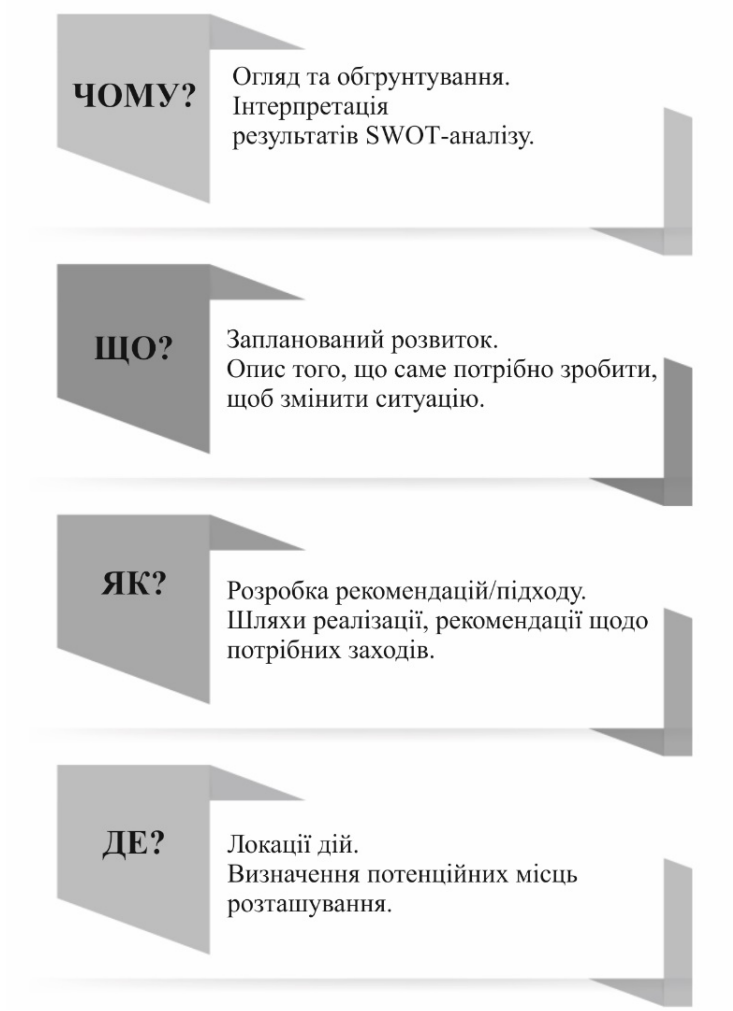
встановлено необхідність реформування вітчизняних адміністративно-правових засад просторового планування, а також необхідність узгодженості термінологічних визначень процесів просторового планування в Україні та у Європі[**Error! Reference source not found.**].

Відбір міст України для участі у міжнародній програмі «Інтегрований розвиток міст в Україні» відбувався прозоро, групою експертів урядової компанією «Deutsche Gesellschaft fur Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH». Серед вимог експертів була вимога актуальної містобудівної документації на рівні міста. Серед міст які розглядались були міста обласні центри. До цього проекту первісно долучені були муніципалітети Винниці, Чернівців, Житомиру і Полтави. У Полтаві вперше з міст України була розроблена Концепцію інтегрованого розвитку (ISEK), яка була затвердженау 2018 року. Досвід такої роботи вказує що однією з особливістю, на початкових етапах аналітичних процедур розробки Концепції інтегрованого розвитку міста, стала широке залучення громадськості. Важливим для європейських міст є участь громадян у процесах забудови, впровадження парципаторністі у практику містобудування. Мешканці міст активні учасники на різних етапах розробки Концепції інтегрованого розвитку (ISEK). Візія міста узгоджується спільнотою міста на основі розробок міждисциплінарної групи, тематичних експертних груп шляхом проведення круглих столів та міських форумів. Вона повинна відображати прообраз яскравого майбутнього міста де посилюються існуючий потенціал та формується майбутні перетворення на досягнення поставлених цілій. Обумовленні характеристики, які визначенні на основі слабких і сильних сторін SWOT-аналізу, надають можливість сформульовати стратегічні цілі. Стратегічні цілі, в свою чергу для подальшої роботи надають можливість визначити операційні цілі та очікуваний розвиток. На підставі проведених досліджень визначають ключові сфери розвитку. Результати всіх попередніх етапів дозволяють ідентифікувати сфери, що потребують першочергової трансформації на шляху до процвітання та сталого розвитку міста. Послідовність розробки сфер розвитку повинна надати відповідь на питання: «Чому ?», «Що ?», «Як ?», «Де ?» (рис. 1).

Визначені сфери розвитку відображають інтегрований підхід, оскільки вони узгоджені (гармонізовані) між собою, а кожна з них містить компоненти, що доповнюють, підсилюють та підтримують інші. Це фокусні сфери трансформації, які матимуть пріоритет у майбутньому розвитку міста. Для українських міст, на той час, це стало новітньою практикою. Проведення експертами GIZ разом з муніципалітетами міст учасників проекту тематичних воркшопів та науково-практичних конференцій прискорювало процеси

впровадження європейських методології у практику планування розвитку українських міст [**Error! Reference source not found.**].

Важливим слід зазначити що європейською професійною спільнотою



були розглянути зміни до матеріалів Лейпцігської Хартії (2007 р.) – «міста Європи на шляху сталого розвитку". Такі зміни були оформлені у Матеріалах «Нової Лейпцизької Хартії - 2020». Такі зміни відбулись під впливом наступних викликів які мали місце на території європейських держав: зміни клімату; втрата біорізноманіття; нестача ресурсів; міграційні рухи; демографічні зміни; пандемія, економіка (рис 2). Слід зауважити що з 2014 року на території України були розпочати воєнні дії що спричинило масові руйнації населених місць в Україні. Безумовно було би доцільно мати і безпекові гарантії.

Рис. 1. Методологічна послідовність розробки сфер розвитку міст

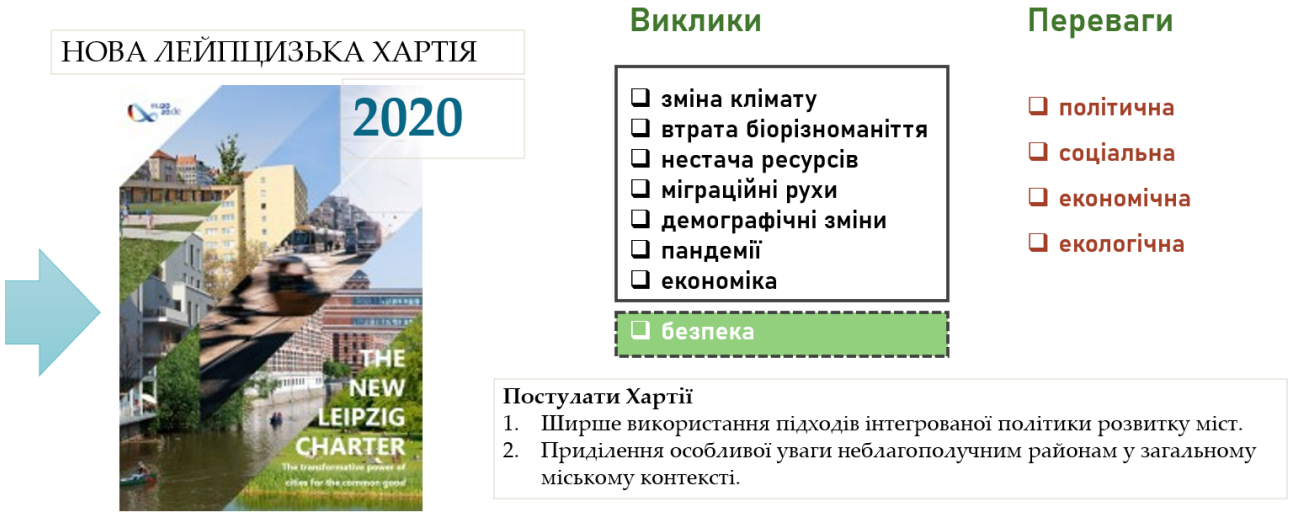


Рис. 2. Нові методологічні постулати на основі сталого розвитку

Важливим кроком у подальшому впровадженні новітніх підходів у формуванні житлово середовища українських міст слід вважати Закон України «Про основні засади житлової політики» [1**Error! Reference source not found.**]. Саме у цьому Законі встановлюються основні правові, економічні та організаційні засади житлової політики; принципи, пріоритети та завдання держави у сфері житлових відносин; вимоги до споживчої якості житла; механізми державної підтримки для будівництва, придбання та оренди житла; порядок формування та використання державного, комунального та приватного житлових фондів; повноваження органів державної влади та місцевого самоврядування у сфері житлової політики. Для сфери просторового планування важливим є визначення ключових термінів таких як житло житлові фонди, доступне та соціальне житло, житло для тимчасового проживання, револьверний фонд та інш.

Сучасний процес просторового планування на основі ГІС набуває рис перманентного проектного процесу, суть якого полягає в тому, що існуюча ієрархічна система містобудівного проектування, що реалізується на трьох взаємопов’язаних територіальних рівня (загальнодержавному, регіональному та локальному), в інформаційних системах трансформується у ротаційну систему розробки містобудівної документації. При цьому визначаються суб’єкти перманентного проектного процесу, об’єкти, процеси та норми (рис. 3).

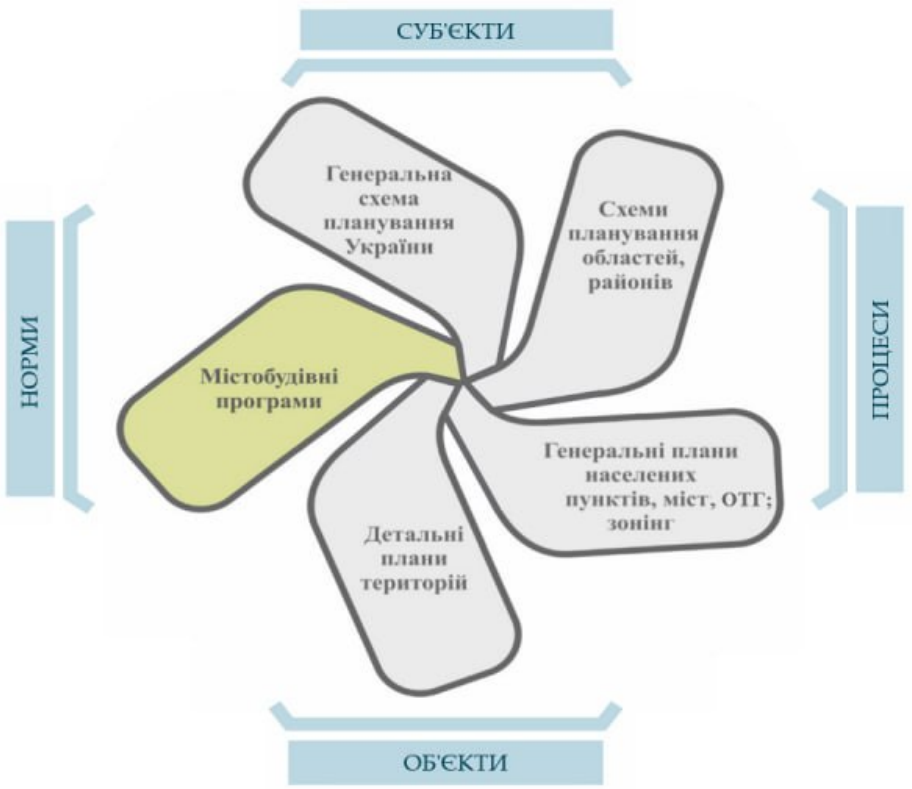


Рис. 3. Перманентний проектний процес сталого розвитку міст

Основою такого процесу стають містобудівні програми динамічних просторових об’єктів. Містобудівні програми являють собою новий тип просторової документації де зосереджується містобудівна стратегія яка міститься у Концепції інтегрованого розвитку (ISEK), стають частиною Комплексних просторових планів розвитку територій. Містобудівні програми не є жорстко фіксованою у своїх показниках планувальною документацією, при зміні умов зміняться і рекомендації щодо можливих варіантів реалізації. Містобудівні програми є проблемно-орієнтованими, тобто сформульоване проблемне поле на конкретний момент часу є ключовим. Це може бути забезпечення економічної стабільності, екологічної безпеки, охорони історико-культурної спадщини, ліквідація наслідків техногенних катастроф і ін. Можливі варіанти суміщення і кореляції проблем в залежності від територіального рівня, для якого розробляється програма. У такому випадку виникає необхідність у предметно-орієнтованих і об’єктно-орієнтованих програмах, що можуть (в залежності від постановки задач) бути інтегровані в просторову документацію.

Містобудівні програми забезпечують аналітичну і конструктивну частини містобудівних проектів.

Аналітична частина містить: 1) вивчення сучасного стану об’єктів і їхніх складових підсистем - соціальної, економічної, екологічної (встановлення закономірностей, тенденцій, формулювання основних проблем з наступним виділенням пріоритетних); 2) вивчення умов і характеристика чинників, що

визначають функціонування і розвиток об'єктів; 3) розробка гіпотези розвитку ситуацій, процесів або структурних станів відповідно до тих областей програмування, що визнані ключовими, формулювання цільової області і розробка варіантів її досягнення; 4) аналіз ресурсних можливостей, управлінських засобів, законодавчо-правової бази, нормативної бази, обмежень у часі, соціальних вимог, політичних інституцій, науково-проектної забезпеченості та інших факторів та умов, які потенційно повинні мати суспільство та територія для досягнення результатів, які містяться у цільовій області гіпотези; 5) розробка концепції і відповідних містобудівних моделей, що означає формулювання конкретних цілей (цілі) у вигляді набору бажаних і потенційно досяжних результатів у загально параметризованій формі (програмно-цільова модель) спрямованих на досягнення поставлених цілей з урахуванням ресурсних можливостей.

При цьому під концепцією розуміється алгоритм рішення конкретної проблеми (проблем), що являє собою сукупність найбільш важливих елементів теорії (теорій) відносно проблеми (проблем), що розглядається, приведених у конструктивному і прийнятному для практики вигляді.

Конструктивна частина формує, аналізує та оцінює область можливих рішень, тим або іншим чином орієнтованих на досягнення поставленої мети та обирає ті з них, що у найбільшому ступені здатні змінити течію процесів, вирішення проблеми або зміну структурного стану об'єкта у бажаному напрямку.

Ці рішення повинні мати дводільний характер. Це означає, що нормативно-цільові моделі повинні бути ресурсообґрунтованими, тобто намічені в них заходи, об'єми інвестицій повинні вкладатися у рамки реальних можливостей, враховувати реальні тенденції формування природних, трудових, енергетичних, водних, територіальних та інших ресурсів, росту капіталовкладень, зміни їхньої структури, ресурсів будівельної індустрії, промисловості будівельних матеріалів та іншого і всю систему зовнішніх та внутрішніх обмежень. Більш того, прийняті до виконання нормативно-цільові моделі на найближчу перспективу повинні бути ресурсозабезпеченими, тобто всі заходи повинні спиратися на реально підтверджені матеріальні, фінансові, трудові та інші ресурси.

Крім того у конструктивній частині обов'язково повинні:

- по-перше, враховувати спектр основних наслідків прийняття рішення, що торкаються інтересів різних суб'єктів регіональної діяльності;
- по-друге, виходячи з цільових інтересів даної програми, враховувати необхідну та достатню сукупність територіально-сполучених

факторів, що здатні впливати на рішення, яке приймається, і відобразити їх у ньому;

- по-третє - створити необхідну, достатньо повну, але не надмірну інформаційну базу, здатну забезпечити реалізацію двох вищенаведених умов.

Для інформаційного забезпечення розроблення містобудівної документації у Концепції Містобудівного Кодексу України (2026 р.) передбачається неперервний інформаційний обмін на трьох взаємопов'язаних рівнях: місцевий; регіональний; загальнодержавний (рис 4.).

Продовжуючи традиції співпраці з GIZ слід зазначити важливість проведення у Німеччині щорічних Федеральних конгресів на яких розглядаються актуальні питання просторового розвитку міст Європи.

Саме на Федеральних конгресах визначаються пріоритетні напрямки розвитку теорії та практики, які організовує Федеральне міністерство житлово-комунального господарства, міського розвитку та будівництва разом із Конференцією міністрів будівництва німецьких земель, Асоціацією німецьких міст та Німецькою асоціацією міст та муніципалітетів На 18-му Федеральному конгресі з питань національної політики міського розвитку під назвою «Соціально. Продуктивно. Зелено – чудові райони» який пройшов з 15 по 17 вересня 2025 року в Штаттхалле ганзейського міста Росток розглядались актуальні питання сталого розвитку міських територій. Зокрема на конференції були обговорені сучасні підходи та стратегії кооперативного розвитку мікрорайонів у міському розвитку, а також відбудеться обмін ідеями щодо сталого, інтегрованого проектування міських мікрорайонів та сільських територій на національному, європейському та міжнародному рівнях. При проведенні Круглих столів було повідомлено учасникам 18 Федерального Конгресу про актуальні виклики відновлення житлового середовища українських міст.

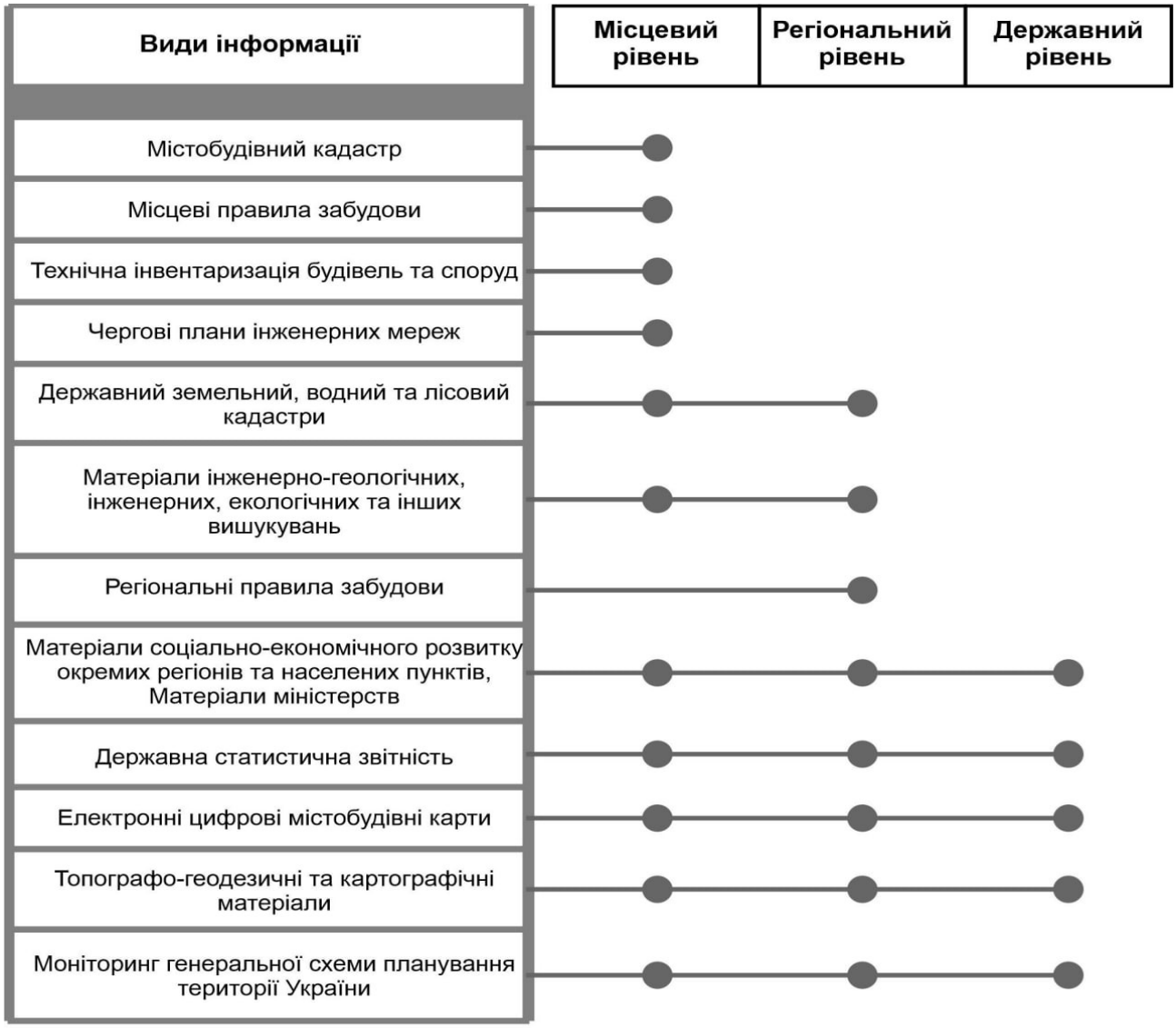


Рис. 4. Інформаційне забезпечення розроблення містобудівної документації (проект концепції Містобудівного Кодексу України)

Висновки. Важливим є міжнародні ініціативи по розробці Плану відновлення в Україні. Для реалізації Плану відновлення потрібна розробка просторової документації на основі методологічні принципів сталого розвитку яка поширені при розробці містобудівної документації у державах Європейського союзу. Методологія сталого розвитку в Україні були започатковані шляхом впровадження сучасних методів просторового планування у міжнародній програмі «Інтегрований розвиток міст в Україні», яка реалізовується німецькою урядовою компанією «Deutsche Gesellschaft fur Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH». Для міст України учасників міжнародній програмі «Інтегрований розвиток міст в Україні» були розроблені Концепції інтегрованого розвитку (ISEK) які стають основою при розробці містобудівної документації по територіям які потребують відновлення.

Література.

1. Porter M.E. Clusters and Competition // On Competition. Cambridge: Harvard Business School Press, 1998. – P.314.

2. Public Administration in Germany /Edited by: S. Kuhlmann, I. Proeller, D. Schimanke, J. Ziekow: Palgrave Macmillan, 2021. ISBN 978-3-030-53696-1. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-53697-8

3. Thomas S. Kuhn, The Structure of Scientific Revolutions. Chicago and London: University of Chicago Press, 1970 (2nd ed.). – P.228.

4. Vadimov, V., & Vadimova, A. (2020). Ukrainian Post-socialist Cities and Integrated Development. IJISET - International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology, Vol. 181 Issue 32022, pp. 79-83. ISSN (Online) 2348 – 7968. DOI: 10.1007/978-3-030-85043-2_53.

5. Vadimov, V., & Vasyliev, P. (2023). Cluster Organization of Open Public Spaces of the Post-Socialist City. Urban and Regional Planning, 8(1), 11-17. https://doi.org/10.11648/j.urp.20230801.12

6. Біла книга: Пропозиції щодо законодавчого та адміністративно-правового реформування сфери міського розвитку в Україні. Сильні міста – сильна Україна. Перше видання. GIZ. – К., 2017. – 135 с. https://city 2030.org.ua/ua/category/bila-kniga.

7. Вадімов В. Особливості просторового планування в умовах інтегрованого розвитку міст в Україні (Практичний коментар). – Полтава: Дивосвіт, 2019. -132 с.

8. Вадімов, В. (2024). Парадигма фрактальністі міського просторового розвитку в умовах кризових ситуацій. Просторовий розвиток, (7), 7–20. https://doi.org/10.32347/2786-7269.2024.7.7-20

9. Вадімов, В.М. Особливості просторового планування в умовах інтегрованого розвитку міст в Україні : практ. коментар / В. М. Вадімов ; Полтав. міськ. рада, Ін-т розвитку міста. - Полтава : Дивосвіт, 2019. - 132 с. : іл., табл. - Бібліогр.: с. 94-98.

10. Древаль І.В. До питання розробки концепції відродження міст України в післявоєнний період. .//Містобудування та територіальне планування: наук.-техн. зб. К.: КНУБА, №81, с.133-142.

11. Дьомін М., Сингаївська О. Містобудівні інформаційні системи. Містобудівний кадастр. Первинні елементи містобудівних об’єктів: Київськ. Нац. Ун.-т будівництва і архітектури. – Київ: Фенікс, 2015. – 216 с.

12. Кушниренко М. Исторические этапы развития городов Украины: Учебное пособие. – Киев. – КНУСА: Логос, 2013. – 196 с.

13. Містобудування. Довідник проектувальника / За заг. ред.Т. Ф. Панченко.- К: Укрархбудінформ, 2001.-192 с.

14. Нассім Ніколас Талеб. Чорний лебідь: Про (не)ймовірне в реальному житті. — Київ: Наш Формат, 2017.— 392 с.

15. Нудельман В. Основні завдання і структура регіональної містобудівної документації. // Матеріали Міжн. семінару "Роль та значення планування територій в сучасних умовах".- Черкаси.- 1997.- С. 16-18.

16. Осітнянко А. Планування розвитку міста: Монографія.– К.: КНУБА, 2001. – 460 с.

17. Про основні засади житлової політики : Закон України від 13.01.2026, № 4751-IX. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4751-20#Text.

D.Sc. (Architecture), Professor **Vadimov Vadim,**
National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic"

ON THE METHODOLOGY OF RESTORING THE RESIDENTIAL ENVIRONMENT OF UKRAINIAN CITIES BASED ON SUSTAINABLE DEVELOPMENT

According to the work of a group of World Bank experts, the post-war recovery of Ukraine will require significant financial resources estimated at approximately 524 billion US dollars. The most critical sectors are housing, transport, and energy. The residential environment plays a key role in ensuring comfortable living conditions for the population; therefore, there is an urgent need to develop spatial planning methodologies based on the principles of sustainable development.

Ukraine is currently forming modern regulatory and legal frameworks for the restoration of the residential environment. In January 2026, the Verkhovna Rada of Ukraine adopted the Law of Ukraine *"On the Basic Principles of Housing Policy."* In February 2026, the Concept of the Urban Planning Code of Ukraine was presented, the development of which had been initiated by a working group in March 2023.

The methodology of sustainable development was established in the Leipzig Charter (2007) – *"Cities of Europe on the Way to Sustainable Development"* – and has been extended to Ukraine. The implementation of modern spatial planning approaches in Ukrainian cities has also been supported by the international program "Integrated Urban Development in Ukraine," which has been implemented since 2015 by the German government company Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.

In the countries of the European Union, integrated urban development planning is a common practice. Relevant experience is disseminated through specialized conferences, such as the annual Federal Congresses in Germany, which are dedicated to current issues of spatial urban development.

Keywords: residential environment; spatial planning; sustainable development methodology; urban planning documentation; urban development programs; urban planning cluster.

REFERENCES.

1. Porter M.E. Clusters and Competition // On Competition. Cambridge: Harvard Business School Press, 1998. – P. 314. {in English}

2. Public Administration in Germany /Edited by: S. Kuhlmann, I. Proeller, D. Schimanke, J. Ziekow: Palgrave Macmillan, 2021. ISBN 978-3-030-53696-1. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-53697-8. {in English}

3. Thomas S. Kuhn, The Structure of Scientific Revolutions. Chicago and London: University of Chicago Press, 1970 (2nd ed.). – P. 228. {in English}

4. Vadimov, V., & Vadimova, A. (2020). Ukrainian Post-socialist Cities and Integrated Development. IJISET - International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology, Vol. 181 Issue 32022, pp. 79-83. ISSN (Online) 2348 – 7968. DOI: 10.1007/978-3-030-85043-2_53. {in English}

5. Vadimov, V., & Vasyliev, P. (2023). Cluster Organization of Open Public Spaces of the Post-Socialist City. Urban and Regional Planning, 8(1), 11-17. https://doi.org/10.11648/j.urp.20230801.12. {in English}

6. Bila knyha: Propozytsii shchodo zakonodavchoho ta administratyvno-pravovoho reformuvannia sfery miskoho rozvytku v Ukraini. Sylni mista – sylna Ukraina. Pershe vydannia [White Book: Proposals for Legislative and Administrative-Legal Reform of Urban Development in Ukraine. Strong Cities – Strong Ukraine. First Edition]. (2017). Kyiv: GIZ. 135 p. Available at: https://city2030.org.ua/ua/category/bila-kniga {in Ukrainian}.

7. Vadimov, V. (2019). Osoblyvosti prostorovoho planuvannia v umovakh intehrovanoho rozvytku mist v Ukraini (praktychnyi komentar) [Features of Spatial Planning in the Context of Integrated Urban Development in Ukraine (Practical Commentary)]. Poltava: Dyvosvit. 132 p. {in Ukrainian}.

8. Vadimov, V. (2024). Paradyhma fraktalnosti miskoho prostorovoho rozvytku v umovakh kryzovykh sytuatsii [The Paradigm of Fractality in Urban Spatial Development under Crisis Conditions]. *Prostorovyi rozvytok (Spatial Development)*, 7, 7–20. https://doi.org/10.32347/2786-7269.2024.7.7-20 {in Ukrainian}.

9. Vadimov, V.M. (2019). Osoblyvosti prostorovoho planuvannia v umovakh intehrovanoho rozvytku mist v Ukraini: praktychnyi komentar [Features of Spatial Planning in the Context of Integrated Urban Development in Ukraine: Practical Commentary]. Poltava: Dyvosvit. 132 p. {in Ukrainian}.

10. Dreval, I.V. Do pytannia rozrobky kontseptsii vidrodzhennia mist Ukrainy v pisliavoiennyi period [On the Issue of Developing a Concept for the Revival of Ukrainian Cities in the Post-War Period]. *Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia (Urban Planning and Territorial Planning)*, No. 81, 133–142. Kyiv: KNUBA. {in Ukrainian}.

11. Domin, M., & Synhaivska, O. (2015). Mistobudivni informatsiini systemy. Mistobudivnyi kadastr. Pervynni elementy mistobudivnykh obiektiv [Urban Planning Information Systems. Urban Cadastre. Primary Elements of Urban Planning Objects]. Kyiv: Kyiv National University of Construction and Architecture; Phoenix. 216 p. {in Ukrainian}.

12. Kushnirenko, M. (2013). Istoricheskie etapy razvitiia gorodov Ukrainy: uchebnoe posobie [Historical Stages of the Development of Cities of Ukraine: Study Guide]. Kyiv: KNUSA; Logos. 196 p. {in Russian}.

13. Panchenko, T.F. (Ed.). (2001). Mistobuduvannia. Dovidnyk proektuvalnyka [Urban Planning: Designer's Handbook]. Kyiv: Ukrarkhbudinform. 192 p. {in Ukrainian}.

14. Taleb, N.N. (2017). Chornyi lebid: Pro (ne)imovirne v realnomu zhytti [The Black Swan: The Impact of the Highly Improbable]. Kyiv: Nash Format. 392 p. {in Ukrainian}.

15. Nudelman, V. (1997). Osnovni zavdannia i struktura rehionalnoi mistobudivnoi dokumentatsii [Main Tasks and Structure of Regional Urban Planning Documentation]. In: *Proceedings of the International Seminar "The Role and Importance of Territorial Planning in Modern Conditions"*. Cherkasy, 16–18. {in Ukrainian}.

16. Ositnianko, A. (2001). Planuvannia rozvytku mista: monohrafiia [Planning the Development of a City: Monograph]. Kyiv: KNUBA. 460 p. {in Ukrainian}.

17. Law of Ukraine. (2026). Pro osnovni zasady zhytlovoi polityky [On the Basic Principles of Housing Policy], No. 4751-IX (January 13, 2026). Available at: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4751-20#Text {in Ukrainian}.

DOI: 10.32347/2786-7269.2026.17.18-45
УДК 711.1+304
д-р техн. наук, професор **Габрель М.М.,**
mykola.m.habrel@edu.lpnu.ua, ORCID: 0000-0002-2514-9165,
д-р. екон. наук, професор **Лисяк Н.М.,**
nataliya.m.lysyak@lpnu.ua, ORCID: 0000-0002-8228-016X,
канд. мистецтвознавства **Габрель Т.М**.,
taras.m.habrel@edu.lpnu.ua, ORCID: 0000-0002-2293-6841,
Форкуца Л.С.,
liudmyla.s.forkutsa@lpnu.ua, ORCID: 0009-0006-9822-4492,
НУ «Львівська політехніка»

СИНДРОМИ ГІРСЬКИХ РАЙОНІВ У СТРУКТУРІ ЗАВДАНЬ ПРОСТОРОВОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ ТА РОЗВИТКУ РЕГІОНУ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ

Досліджено просторові синдроми у межах Карпатського регіону України, причини виникнення протистоянь (мешканці, фахівці, інвестори, органи місцевої влади), помилок і недоліків у розплануванні, управлінні чи обґрунтуванні проєктних рішеннях щодо загосподарювання, забудови та розвитку середовища життєдіяльності спільноти. Особлива увага приділена фаховим помилкам і порушенням у просторовій організації та розвитку гірських територій регіону, які є однією з головних причин виникнення різноманітних просторових синдромів — економічних дисфункцій у просторі, екологічних загроз, соціальних фобій людини тощо. Помилки просторової організації тісно пов'язані з іґноруванням нематеріальних чинників (цінності й інтереси учасників процесу – економічні й іміджеві вигоди, а також амбіції – особисті риси й характер фахівців і представників влади). Взаємодія складових формує ситуації, коли поглиблюються негативні наслідки для людей і громади, створюються передумови й загрози для виникнення в майбутньому гострих просторових конфліктів у системі, боротьба з якими та їх усунення вимагає більших зусиль і витрат, ніж превентивне усунення синдромів як ознак можливих проблем ще на етапі появи їх ознак.

Ключові слова: просторова організація, синдроми, архітектурне середовище, гірські території Карпатського регіону, «мудрість» природи, «здоров'я» середовища.

Вступ. ***Актуальність проблематики.*** Просторовий розвиток міст і територій у сучасних умовах відбувається за швидкої глобалізації, стає проблемно-орієнтованим, відмовляється від практики, коли планові (прогнозні) показники й характеристики визначали майбутнє міст і територій. Сучасні підходи орієнтують

планування на системний аналіз проблем і дисбалансів (дефектів і невідповідностей у системі) — їх виявлення, дослідження, ранжування за важливістю для системи тощо стає основою для обґрунтування рішень щодо розвитку міст і територій. У період війни в Україні просторовий розвиток набуває нових змістів і суперечностей – містобудівна сфера стає не лише рушієм модернізації й соціально-економічного розвитку, а й полем маніпуляцій, появи патологій і кризових станів, супроводжується викликами, що особливо гостро проявляються на територіях з унікальними природно-ландшафтними умовами та специфікою загосподарювання територій і урбанізації. В обґрунтуванні рішень та практиці просторового планування України ігнорується поява «незначних» і «хворобливих» станів як синдромів, що призводить до просторових конфліктів між природоохоронними, господарськими й соціальними функціями територій.

Регіон Українські Карпати є показовим прикладом, де інтенсивні процеси будівництва та землегосподарювання територій зумовлюють виникнення численних синдромів. У звіті Carpathians Environment Outlook 2007, підготовленому під егідою United Nations Environment Programme та за участі United Nations Economic Commission for Europe [18], при поданні інтегрованої оцінки стану довкілля та розвитку Карпатських гір наголошено на потребі підходу раннього виявлення екологічних і просторових ризиків (early warning signals), що дозволяє фіксувати початкові симптоми урбаністичних і територіальних дисфункцій, які згодом можуть трансформуватися в просторові конфлікти.

Синдром – це сукупність симптомів і ознак, що проявляються і характеризують певний патологічний або дисфункціональний (хворобливий) стан системи (організму). Це узагальнена назва для комплексу взаємопов’язаних негативних процесів чи явищ, що виникають у середовищі життєдіяльності внаслідок дії множини чинників, які свідчать про певні структурні, функціональні чи соціальні відхилення, розлади в організації та розвитку поселень і територій [4]. Проявляються ознаки деградації простору, функціональних дисбалансів, просторового виснаження, зростання соціальної напруженості, нераціонального використання територій, порушень екологічної рівноваги, втрати архітектурно-ландшафтної ідентичності, загострення інфраструктурних проблем, погіршення умов та якості життєдіяльності спільноти тощо. Це своєрідні індикатори початку кризових процесів і станів у містах і на територіях.

Синдроми доцільно трактувати як тимчасові «хворобливі» стани міст і територіальних систем, зумовлені певними умовами розвитку, які формально ще не ідентифікуються як проблеми. Такі стани можуть мати локальний чи тимчасовий характер і зникати (минати) самостійно з плином часу або внаслідок зміни середовищних параметрів і просторової локалізації процесів, або трансформуються в стійкі територіальні дисбаланси, що породжують конфлікти між різними

функціями, інтересами та способами використання простору. Фокус на «розумні» й «цифрові» рішення, які нерідко трактуються як своєрідна «панацея» від проблем і симптомів у просторі життєдіяльності (на відміну від синдрому, симптом сприймається й трактується як окремий прояв системної «хвороби» – застій, розлом, атрофія, інтоксикація, травма, параліч, деформація тощо), звужує підхід до ров'язання таких проблем, зумовлює формування середовищних рішень, орієнтованих передусім на технологічність і технологічну ефективність. При цьому нерідко ігноруються соціо-психологічні, культурні та ін. нематеріальні характеристики різних груп населення. Це знижує якість просторової організації, послаблює адаптивність і соціальну інтегрованість середовища, негативно позначається на збалансованості просторового розвитку міст і територій.

Висловлена гіпотеза, що виявлення й причинно-наслідковий аналіз, а також усунення (пом'якшення) синдромів проєктними засобами «хворобливих» станів міст і територій ще до їх перетворення в проблему створює передумови для ефективного розвитку простору життєдіяльності соціуму.

Мета статті полягає в дослідженні просторових синдромів у межах гірських територій Карпатського регіону України, причин виникнення протистоянь (мешканці, фахівці, інвестори, органи місцевої влади), помилок і недоліків у розплануванні, управлінні чи обґрунтуванні проєктних рішеннях щодо загосподарювання, забудови та розвитку середовища життєдіяльності спільноти, сформулювати вимоги і принципи їх уникнення (усунення).

Матеріали, завдання та методи дослідження. «Робота» із просторовими синдромами відбувається на системній методологічній платформі та в рамках структурно-онтологічної моделі простору життєдіяльності. Ключові ідеї полягають у: а) *системності підходу* – розгляд синдромів у просторовому плануванні системно в усій повноті складових і зв'язків; б) *багатовимірності простору* – містобудівний (простір життєдіяльності) розглядається як п'ятивимірний, що включає й об'єднує: людину (*L),* функції (*F),* умови (*X);* геометрію (*G)* та час (*T*); в) розумінні причин, виникнення та *концентрації синдромів* у просторі як наслідок ресурсно-часових і структурно-параметричних неузгодженостей вимірів, їх зв'язків і відносин у дво-, три-, чотири- та п'ятивимірних поєднаннях [2]. Дослідження просторових синдромів базуються на таких положеннях: 1) цифрові технології дозволяють як інформувати, так і дезінформувати з «необмеженою» точністю (у дослідженні синдромів інформаційні технології мають активне використання, але вимагають критичного осмислення наявної інформації); 2) лише частину синдромів можна побачити, решта невидиме (нематеріальне) – його потрібно відчувати, використовуючи інтуїцію, досвід та інші ненаукові знання; 3) критичний аналіз і оцінка взаємодії (впливів) синдромів із простором гірських територій Карпатського

регіону і його міст, формування рекомендацій для коригування планувальних і проєктних рішень з метою мінімізації негативних наслідків.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання просторових синдромів (патологій, дисфункцій, дефектів) у середовищі тривалий час привертає увагу дослідників різних наукових напрямів — урбаністики, географії, соціології міста, просторового планування, економіки та екології [7; 12; 15; 20]. Зокрема, Л.Анселін, Дж. Ле Ґало та Ю. Жає обґрунтовують застосування методології просторово-панельних моделей, яка дає змогу аналізувати взаємозалежності між територіями та відстежувати розвиток просторових дисфункцій у часі. У межах цієї методології виділяються кілька ключових аналітичних компонентів, що мають безпосереднє значення для дослідження просторових синдромів і враховують: а) просторові лагові ефекти (вплив сусідніх територій на показники певної територіальної одиниці); б) просторову автокореляцію похибок, яка відображає приховані просторові взаємозв'язки; в) часову динаміку процесів, що дозволяє простежити еволюцію просторових структур і нерівностей [16]. Застосування таких моделей дає змогу ідентифікувати кластери просторових проблем і дисфункцій, визначати механізми і масштаб поширення економічних, соціальних і екологічних процесів між територіями, що сприяє формуванню обґрунтованих рішень у сфері просторового планування, управління територіями та стратегічного розвитку регіонів.

Л. Ліс, досліджуючи насамперед процеси джентрифікації, міської регенерації, соціальної поляризації й трансформації міського простору, показує, що урбаністичні процеси можуть формувати глибокі структурні дисбаланси середовища (міські дисфункції, просторові нерівності й соціально-просторові трансформації) [19]. Її дослідження підтверджують, що подібні синдроми формуються внаслідок взаємодії економічних інтересів, інституційної політики, соціальної структури населення та особливостей міського розпланування розвитку міст. Американський урбаніст і дослідник сталого розвитку міст Т. Батлей [17], особливу увагу приділяючи концепціям біофільного міста, зелених інфраструктур і сталого планування, доводить, що неузгоджений розвиток міст призводить до екологічних перевантажень, фрагментації природних систем, деградації громадських просторів та зниження соціальної стійкості міських спільнот, а інтеграція природних елементів у структуру міста сприяє пом'якшенню екологічних ризиків, відновленню екосистемних зв'язків і підвищенню соціальної якості міського середовища.

Більшість українських досліджень зосереджується передусім на конфліктах у просторі життєдіяльності, проте в просторі міст та територіальних систем їм передують синдроми – стійкі повторювані патології середовища, які приводять до конфліктів унаслідок іґнорування [3; 5; 7; 11; 15]. Дослідження як синдромів, так і конфліктів зосереджені на: виявленні невідповідностей планувальних рішень

сучасним вимогам і баченню потреб; розумінні процесів і закономірностей загосподарювання територій і їх забудови; соціальних і функціональних проблемах; порушеннях екологічного балансу й негативних наслідків від життєдіяльності населення та ін. Аналіз синдромів дозволяє точніше виявити й уточнити закономірності розвитку середовища життєдіяльності, зрозуміти соціальні реакції на просторові зміни, виклики й трансформації, окреслити можливі шляхи їх недопущення або пом'якшення. Дослідження цих процесів і явищ у межах гірської місцевості дозволяє створити базу для обґрунтування безконфліктних просторових рішень, ефективного управління просторовим розвитком та підвищення якості життя і діяльності громад, а також уникнути появи синдромів (страхів, незадоволень, хворобливих реакцій тощо) в майбутньому.

Виклад матеріалу. ***І. Загальна характеристика процесів у Карпатському регіоні. Синдроми гірських територій, характеристика, аналіз та оцінка.*** Гірські райони Українських Карпат (території, розташовані в межах гірської частини Закарпатської, Івано-Франківської, Львівської та Чернівецької областей) характеризуються: складним природним середовищем (висока природна цінність і біорізноманітність, розчленованість ландшафтів, перепади висот і крутизна схилів, густа гідрографічна мережа); специфічними умовами розселення, господарювання та просторової організації території (лінійний чи розсіяний характер поселень, переважно вздовж річкових долин і схилів гір; традиційна діяльність включає лісове господарство й деревообробку, тваринництво) [9]. Це регіон із високою концентрацією функцій (природоохоронних, лісогосподарських, туристично-рекреаційних, транспортних, аграрних), і їх накладання (іґнорування проявів) часто породжує конфлікти інтересів — наприклад, між охороною природи й туризмом, між лісокористуванням і водозахистом тощо (рис. 1).

Багатолітні дослідження, спостереження та спілкування з різними категоріями (мешканцями, туристами, бізнесменами та представниками органів місцевого самоврядування, зокрема, старостами громад, архітекторами, економістами та землевпорядниками), а також вивчення розроблених стратегій соціально-економічного (інтегрованого) розвитку окремих територіальних громад дозволили авторам виділити синдроми, які активно проявляються в гірських районах, пов'язані з процесами в просторі, загрожуючи серйозними проблемами для їх майбутнього та розвитку. Зупинимося детальніше на аналізі окремих із синдромів.

1) *Синдром спустошення (обезлюднення гірських поселень)* проявляється у поступовому й стійкому скороченні чисельності населення гірських поселень (протягом останніх 30 років чисельність тут скоротилася в середньому на 20–40%, а в окремих високогірних селах — на 50–70%; частка осіб віком 60+ перевищує 30–35%, а частка молоді (до 25 років) зменшилася до

10–15%), занепаді поселенської мережі та втраті життєздатності окремих поселень і локальних територіальних систем [13].

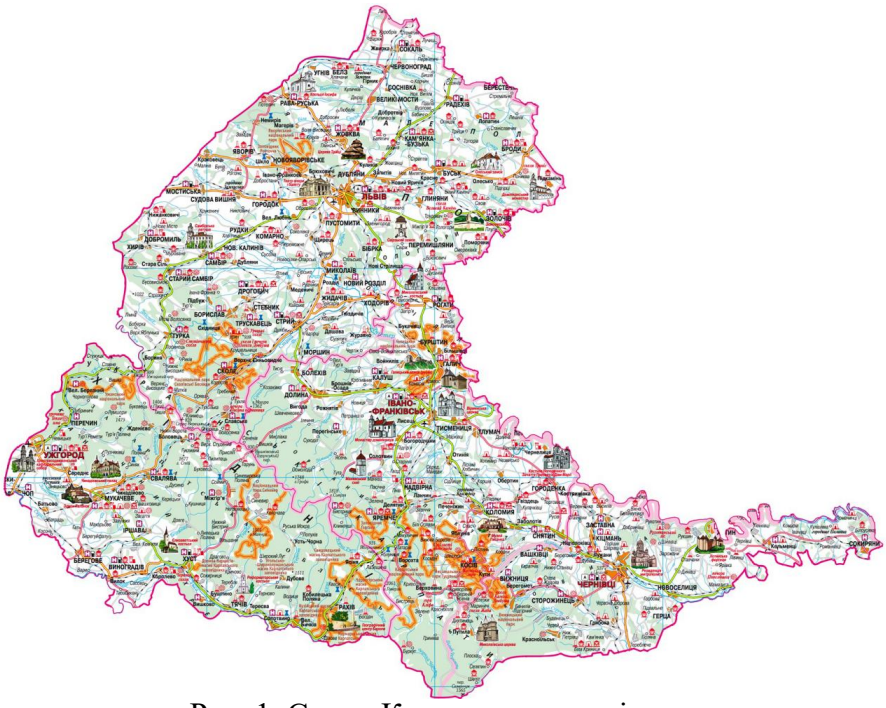


Рис. 1. Схема Карпатського регіону

В умовах гірських територій цей процес має особливо загрозливий характер, оскільки супроводжується втратою традиційних форм господарювання, деградацією культурного ландшафту та розривом соціальних зв’язків (занепад тваринництва, лісокористування та дрібного ремісничого виробництва, які історично забезпечували життєдіяльність гірських громад, призводить до закриття шкіл, медичних пунктів, культурних установ, погіршення якості транспортного обслуговування та доступу до базових соціальних послуг). Синдром має латентний характер і на початкових етапах може сприйматися як тимчасова міграційна флуктуація, проте за відсутності превентивних заходів він трансформується у структурну проблему депопуляції, деградації й просторового занепаду гірських регіонів. Це проявляється у зростанні периферійності територій, втраті контролю над значними просторовими ресурсами (занепад громадських просторів, сакральних та історико-культурних об’єктів), послабленні соціальних зв’язків, руйнуванні соціальної та інфраструктурної бази як умови життєздатності поселень, деградації культурного ландшафту, підвищенні екологічних ризиків (зменшення традиційного господарського використання території призводить до заростання сільськогосподарських угідь лісовою рослинністю, зміни ландшафтної структури та трансформації культурних ландшафтів гірських районів), а також у зниженні ефективності використання інфраструктури.

2) *Синдром фрагментації та «рихління» простору* проявляється у розділенні території на ізольовані, мало взаємодіючі зони, а також розширенні кількості «пустот» і послабленні зв'язків між елементами територіальної структури. Це призводить до порушення просторово-ландшафтної цілісності середовища, ускладнює функціонування територіальної системи, її керованість і розвиток, а також погіршує умови життєдіяльності мешканців. Причини цього синдрому пов'язані з комплексом природних і антропогенних чинників: різноманітністю видів господарювання та землекористування в регіоні; несистемністю приватизації земель і нерухомості; необґрунтованим розширенням території поселень без врахування обмежень; доступністю й змінами взаємодій між територіями тощо. Практика розпланування ігнорує вимоги інтеграції територій (не розроблені просторові документи – комплексні плани та Концепції інтегрованого розвитку), створюються локальні (великі) острови забудови, але відсутні простори й зони інтегрованого використання, які могли б «зшивати» рекреаційні і житлові функції, сприяти об'єднанню функцій і соціальних процесів. Цей синдром проявляється також у районах з надмірно «чистою» функціональною спеціалізацією. Комерційні й рекреаційні кластери утворюють бар'єри між новоствореними просторами й територією громад у цілому. Просторову цілісність громади порушують також транзитні магістралі й перехрестя, річки та пагорби. Причинами появи такого синдрому у відсутності (послабленні) інфраструктурної підтримки – не розвиваються туристично-рекреаційні маршрути, пішохідні й комунікаційні зв'язки, громадські простори й парки, а новостворені рекреаційні масиви ізольовані від сусідніх комерційних і громадських зон. Магістралі розділяють, а не об'єднують гірські території, а відсутність цілісних зелених коридорів ускладнює пересування й соціальну інтеграцію мешканців (траси М-06, Н-09, Р-24 проходять вузькими долинами, де: відсутні альтернативні маршрути; дороги розсікають поселення; формується лінійна сегрегація простору). Результатом є зниження територіальної інтегрованості регіону, ослаблення економічних і соціальних зв'язків, зростання витрат на інфраструктурне забезпечення, а також погіршення доступності послуг і ресурсів для населення. На перспективу це може зумовити посилення просторових диспропорцій розвитку, виникнення депресивних зон і втрати цілісності територіальної системи.

3) *Синдром зростання агресивності просторових відносин та структурно-параметричних взаємодій* як переважання центру над периферією призводить та витісняється сильнішими функціями слабших – зростання хаотичної, фрагментованої й часто неузгодженої та нелегалізованої забудови й загосподарювання. Така забудова часто здійснюється без дотримання просторових вимог і принципів системності й сталого розвитку, наслідками чого є: посилення просторового хаосу в середовищі; втрата архітектурно-стилістичної та історичної

єдності забудови; «всихання» локальних поселень і рекреаційних просторів, а також локальних зон відпочинку; рихління простору й ускладнення мобільності; зменшення зелених зон. Проявляються вони в соціальних суперечностях щодо меж ділянок, доступу до інфраструктури та прав власності. В регіоні інтенсивна рекреаційна комерційна забудова призвела до хаотичного розташування нових рекреаційних об'єктів, «переривання» доступу до зелених зон і водойм, перевантажених мереж. Численні нові забудови трансформували структуру рекреаційних просторів та ускладнили організацію транспортних потоків, що викликає дисфункціональність між «традиційними» мешканцями й власниками рекреаційних новобудов, нових поселенців та рекреантів.

У Карпатському регіоні «центрами» активності виступають туристично-інвестиційні та рекреаційні вузли (Буковель, Славське, Драгобрат, Яремче), районні центри та міста-курорти, які концентрують фінансові потоки, управлінську активність, рішення й доступ до інфраструктури та ресурсів [8]. Периферійні ж села та присілки опиняються в асиметричних відносинах, де місцеві інтереси часто поступаються логіці швидкого комерційного переосвоєння територій. Ця нерівність провокує хаотичну й нелегалізовану забудову на схилах, у прибережних смугах річок і в глибині лісових масивів. Через слабкий суспільний і містобудівний контроль, фрагментоване землекористування та відсутність актуальних генеральних планів, а також документів просторового планування приватні садиби, готелі, апартаменти й рекреаційні комплекси зводяться з порушенням вимог допустимої щільності, інсоляції, інженерної безпеки та екологічних обмежень. Часто периферійні громади намагаються «наздогнати» центр, копіюючи його просторові моделі без адаптації до гірського ландшафту та локальних просторових умов. Наслідком стає візуальний і композиційний хаос: традиційна карпатська дерев'яна архітектура (вілли рекреаційно-санаторного використання) витіснена різнорідними об'ємами з невідповідною поверховістю, агресивними фасадами та чужими стилістичними запозиченнями. Руйнується історично сформована масштабність поселень і ландшафтні домінанти гірського рельєфу, що призводить до втрати локальної ідентичності. Одночасно відбувається «всихання» громадських і загальнодоступних рекреаційних просторів — береги річок, полонини, лісові галявини та традиційні місця спільного користування поступово приватизуються та забудовуються, що звужує доступ мешканців до відкритих просторів і зон відпочинку. Громадський простір поступається приватному інтересу, посилюючи соціальну напругу. Агресивність взаємодій проявляється також у транспортно-просторовій сфері — нові об'єкти зводяться вздовж єдиних гірських доріг, перевантажуючи вузькі вуличні профілі, ускладнюючи пішохідну та автомобільну мобільність, а також доступ

спецтранспорту. Відсутність узгодженої ієрархії вулично-дорожньої мережі призводить до точкових заторів, зниження безпеки й мобільності.

Синдром проявляється у суперечках щодо меж земельних ділянок, сервітутів і доступу до інженерної інфраструктури (водопостачання, водовідведення, доріг). У гірських умовах, де кожна придатна для забудови ділянка є обмеженим ресурсом, це загострює конфлікти між місцевими мешканцями, інвесторами та органами влади. Таким чином, синдром агресивності відносин «центр – периферія» трансформується у просторову дезінтеграцію, де домінування центрів активності стимулює неконтрольовану забудову, підриває ландшафтну й культурну цілісність регіону та загострює соціально-територіальні відносини в громадах.

4) У гірських умовах карпатських територій річки й потоки (Прут, Черемош, Тиса, Опір, Стрий і їх численні притоки) є важливими структурно-функціональними елементами середовищ, які історично сформували осі розселення, господарської діяльності та транспортних зв’язків. Синдром прибережних зон та технологічно-інтенсивне користування річками й потоками проявляється паводками та ін. негативними явищами — у невиваженому розподілі функцій і забудови земель уздовж річок, ставків та ін. водних об’єктів; різким зростанням антропопресії на гідромережу гірських районів; погіршенням якості одних ресурсів та інших негативних тенденцій. За даними Українського гідрометеорологічного центру [14], у басейнах Тиси, Пруту, Черемошу та Дністра катастрофічні паводки фіксуються в середньому кожні 5–7 років, тоді як у XX ст. їх повторюваність становила 15–20 років (найбільші паводки (1998, 2001, 2008, 2020 рр) завдали збитків на мільярди гривень, зруйнували тисячі житлових будинків, мостів, доріг та інженерних мереж. Повінь 2008 р. у Закарпатській, Івано-Франківській та Чернівецькій областях визнана однією з наймасштабніших екологічно-техногенних катастроф в історії незалежної України.

Синдром виникає через ігнорування природоохоронних, гідрологічних і екологічних обмежень під час розміщення й розпланування нових інвестиційних проєктів (за результатами регіональних екологічних аудитів [6], 35–60% прибережних захисних смуг малих і середніх річок Карпат забудовані або зайняті тимчасовими спорудами). Це призводить до порушення цілісності простору і загрожує екологічній стабільності та рекреаційній інфраструктурі. Особливо критична ситуація спостерігається в туристичних центрах (Яремче, Буковель, Славське, Ворохта, Верховина), де житлова, готельна й рекреаційна забудова розміщується безпосередньо в межах заплав, порушуючи вимоги Водного кодексу України, де мінімальна ширина прибережних смуг встановлена в розмірі 25–100 м залежно від категорії водотоку [1]. Відбувається масове

спрямлення русел, спорудження берегових укріплень та дамб призводить до прискорення течії, активізації руслової ерозії, неконтрольованого поглиблення русел, деградації природних заплавних екосистем. Зокрема, в окремих ділянках річок Прут, Тиса, Черемош зниження рівня ґрунтових вод перевищує 1,0–1,5 м, що призводить до: деградації лук, зниження продуктивності сільськогосподарських земель, висихання малих приток. Лінійна концентрація забудови вздовж долин річок формує перевантаження транспортних і інженерних коридорів, обмежує просторовий розвиток громад у безпечніших зонах та створює конфлікт між житловою, рекреаційною та природоохоронною функціями (у багатьох громадах регіону до 70–80% нової забудови локалізується саме в прибережних зонах, що створює довгострокові ризики деградації території. Цей синдром демонструє, що ігнорування природоохоронних обмежень і природно-ландшафтних умов під час обґрунтування стратегій і проєктів розвитку громад формує негативні дисфункції (обмеження, ризики, втрати), підвищує соціальну напругу та суперечності щодо використання території, загрожуючи екологічній стабільності регіону.

Синдром прибережних зон і «річкових» загроз у Карпатах також проявляється у порушенні взаємозв'язку між басейнами рік. Будівництво інженерних споруд, доріг і туристичних комплексів змінює напрямки поверхневого стоку, збільшує ерозійні процеси та навантаження на нижні ділянки басейнів, що виходить за межі окремих громад і створює міжтериторіальні синдроми й потенційні конфлікти. Окремим проявом синдромів є втрата рекреаційної функції прибережних зон. Традиційні громадські функції та простори вздовж річок (місця відпочинку, купання, рибальства, локальні маршрути пересування) витісняються комерційними (приватними) об'єктами — обмежується доступ мешканців до води й рекреаційних територій, формується просторовий дисбаланс, знижується якість середовища та посилюється соціальна напруга в громадах.

Інженерна гідротехнічна інфраструктура карпатських поселень зазнає перевантаження - системи водовідведення, мости, підпірні стінки та берегоукріплення функціонують у режимі постійного ризику [10]. Невідповідність між проєктними параметрами, реальними навантаженнями та умовами підвищує вразливість територій до екстремальних природних явищ, що стають дедалі частішими в умовах кліматичних змін. Прикладом таких порушень є рекреаційний комплекс «Буковель», який збудований у високогір'ї Карпат, де формуються витоки річок. Великі навантаження на потічки внаслідок скидання станів забруднених «важкими» хімічними елементами викликало: забруднення не лише потічків, які тут формуються, а й погіршення якості води навіть у джерелах на прилеглих територіях; втрати цінності

природно-ландшафтного середовища; збільшення екологічних ризиків; соціальні негативи щодо використання прибережних територій. Це загрожує довгостроковій екологічній стабільності регіону.

5) *Синдром інтенсифікації та зростання просторової агресивності забудови* проявляється у девелоперській моделі просторового розвитку регіону та переважанні приватних бізнес-інтересів над суспільними й екологічними. Це призводить до хаотизації, немасштабної забудови часто з порушенням містобудівних нормативів, просторових вимог і принципів сталості в розвитку. Наслідками цього є посилення візуального хаосу в природному середовищі, втрата архітектурно-композиційної єдності, спотворення ландшафтів і громадських просторів, посилення протистояння щодо власності, меж ділянок і доступу до інфраструктури, погіршує в цілому умови життєдіяльності мешканців через антропогенну перевантаженість територій, зниження інсоляції, погіршення стану зелених зон тощо. Це системна проблема в урбанізації та просторовому плануванні регіону, яка спричинена також застарілістю генпланів та інших містобудівних документів, що не відповідають сучасним соціально-еколого-економічним і безпековим умовам і вимогам. Вони часто розроблені на старих методологічних підходах, лише формально «доповнені» або частково «оновлені» в ранній період відновлення незалежності та не враховують структурних змін нового часу, адміністративно-територіальних трансформацій, змін способу життя, мобільності населення, форм діяльності, соціальних запитів на простір та ін. умов. Спричиняють просторовий дисбаланс, функціональні суперечності (зони розвитку не відповідають фактичним потребам і напрямам розвитку регіону), протистояння забудови з існуючою структурою, зниження якості середовища та інвестиційної й рекреаційної привабливості. Проблема особливо гостро проявилась у новоутворених громадах, де розвиток територій відбувається без просторового бачення майбутнього ширшого оточення і сусідніх громад. Це ускладнило ситуацію, змінюючи розселення, мобільність і просторові пріоритети, роблячи багато стратегій і планів неефективними, а де-факто недійсними, навіть якщо вони зберігають юридичну силу.

Прикладами прояву цих синдромів є нова багатоповерхова забудова в малих містах рекреаційного профілю в Карпатах, зокрема, в Яремче, де в центральній частині міста знищені історичні рекреаційні вілли та розвивається комерційне дев’ятиповерхове житло. Це знищує краєвиди і їх сприйняття з центру. Синдром спотворення ландшафту набуває масового поширення. Для його подолання необхідна актуалізація планувальної документації відповідно до нових умов і викликів, її цифровізація, залучення громад до обґрунтування просторового розвитку і розпланування територій, а також реалізація принципів гнучкого, адаптивного й стійкого містобудування та просторового

розпланування. Наслідком цього є різке зростання візуального хаосу в природному середовищі Карпат. Традиційний масштаб і силует гірських поселень руйнується невідповідною щільністю забудови, агресивними архітектурними формами, масштабом і матеріалами, що вступають у конфлікт із природним ландшафтом. Втрачається архітектурно-композиційна єдність і локальна ідентичність, які є ключовими ресурсами атрактивності регіону. Скорочуються та фрагментуються громадські простори — береги річок, полонини, лісові галявини, оглядові точки. Простір, що традиційно виконував соціальну й рекреаційну функцію, заміщується об'єктами з обмеженим доступом, що посилює соціальне відчуження та знижує якість життя місцевих мешканців.

6) Забудова спричиняє й *транспортно-інфраструктурні синдроми*. Вузька гірська дорожня мережа, розрахована на локальне користування, не витримує сезонного напливу і зростання кількості автомобілів. Нові об'єкти нерідко зводяться без належного забезпечення паркування, громадського транспорту й інженерних мереж, що ускладнює мобільність, погіршує інсоляцію та інші характеристики будівель, зменшує частку зелених зон і підвищує екологічні ризики. Соціальний вимір цього синдрому проявляється у загостренні конфліктів щодо власності та землекористування: суперечки про межі ділянок, доступ до доріг, води, лісових масивів, щодо сервітутів і комунікацій. У гірських умовах ці протистояння швидко набувають гострого характеру та підривають довіру між мешканцями, бізнесом і владою, стають у майбутньому проблемами.

Системною ознакою агресивної забудови в Карпатському регіоні є застарілість мереж, що не відповідає новим структурним змінам — туристичної спеціалізації, адміністративно-територіальної реформи, змін способу життя, росту мобільності населення, нових форм зайнятості й зростаючих соціальних запитів до якості послуг і простору. Особливо гостро проблема проявляється у новоутворених територіальних громадах Карпат, де розвиток відбувається без інтегрованого просторового бачення, сценаріїв майбутнього та узгодження між населеними пунктами громади. Повномасштабна війна ще більше ускладнила ситуацію, радикально змінивши міграційні потоки, сезонність проживання, економічні й безпекові пріоритети.

Подолання транспортно-інфраструктурного синдрому в гірських районах регіону потребує комплексної актуалізації містобудівної документації з урахуванням ландшафтних, екологічних і безпекових обмежень; її цифровізації та інтеграції з кадастровими й екологічними даними; залучення громад до співучасного планування; а також впровадження принципів гнучкого,

адаптивного та стійкого урбанізму, орієнтованого на довгострокове збереження унікального природного й культурного потенціалу Карпат.

7) *Синдром децентралізаційного парадоксу* проявляється в суперечності між очікуваними й реальними результатами децентралізації, що закладені адміністративно-територіальною реформою в Україні, які передбачали активізацію господарського життя та зміни у підходах до просторового розвитку територій. Розширення автономії територіальних громад без належної координації процесів життєдіяльності, стратегічного бачення, ресурсного забезпечення та знищення промисловості спричиняє посилення хаотичності розпланування та неузгодженості місцевого управління, розпорошеність ресурсів тощо. Часто громади обмежуються ситуативними рішеннями, не інтегруючи власні плани з сусідніми громадами чи регіональними стратегіями та не мислять перспективно (місцева влада мислить у межах своєї каденції). Це призводить до просторової дисгармонії, дублювання функцій, непродуктивних інвестицій і конфліктів за ресурси. В умовах війни і швидких соціально-економічних змін цей синдром особливо проявляється через необхідність прийняття швидких рішень без достатньої аналітики, що додатково поглиблює дисбаланс у соціально-економічному розвитку територій. Як наслідок, децентралізація, яка в основу всіх процесів і дій ставила громаду як первинний елемент просторової організації і розвитку систем усіх ієрархічних рівнів та покликана стимулювати розвиток і підвищувати ефективність процесів у громадах, на думку мешканців, стає гальмом для їх гармонійного просторового розвитку. Подолання цього синдрому вимагає комплексної координації, посилення технічної й інформаційної підтримки, навчання кадрів, формування інтегрованих стратегій розвитку та застосування сучасних інструментів просторового розпланування, що сприятиме сталому, збалансованому й гармонійному розвитку громад і територій. У результаті децентралізація нерідко трансформується у чинник просторової дезінтеграції: громади розпорошують ресурси на дрібні, несистемні проєкти; інвестиції не формують критичної маси розвитку; стратегічні (спільні) ландшафтні та інфраструктурні рішення залишаються поза увагою локальних громад. Подолання синдрому децентралізаційного парадоксу потребує посилення міжмуніципальної та регіональної координації, формування спільних просторових візій для гірських долин, річкових басейнів і туристичних зон; технічної та аналітичної підтримки громад; системного навчання місцевих кадрів у сфері просторового планування; а також впровадження сучасних інструментів — цифрових ГІС-платформ, інтегрованих стратегій розвитку та адаптивного планування, що дозволить поєднати автономію громад із цілісністю та стійкістю розвитку Карпатського регіону.

8) *Синдром формального трактування «європейськості»* в проєктуванні міст і територій України, який не враховує контекст, функціональність, історичність, потреби місцевих спільнот тощо. Така практика часто базується на візуальну стереотипну стилізацію (євророзпланування, євроформи і архітектурні фасади), замінюючи автентичну архітектурну традицію або сучасне відображення національної й регіональної ідентичності декоративним кітчем. Такі проєкти створюють ілюзію європейськості, але без глибокого функціонального, соціального й культурного підґрунтя. Це синдром, що виникає на перетині пострадянських уявлень та прагнення до «європейськості». Його основна ознака – імітація й формальна стилізація, підміна змістовного наповнення простору декоративною псевдоєвропейською оболонкою.

«Євромода» проявляється у механічному запозиченні зовнішніх моделей розвитку та проєктних рішень (туристичних кластерів, веломаршрутів, «еко-містечок», ревіталізаційних проєктів) без поглибленої адаптації до карпатського ландшафту, реальної демографічної ситуації та локальної економіки. Часто такі ініціативи існують у вигляді презентацій і концептів, орієнтованих на грантову підтримку, але не інтегруються у цілісну просторову логіку життєдіяльності громади й регіону. Відсутність узгодження між сусідніми громадами призводить до просторової дисгармонії: паралельне планування туристичних об’єктів уздовж однієї долини, дублювання рекреаційних функцій, конкуренція за одні й ті самі природні ресурси (вода, ліси, ландшафти), хаотичне формування просторових рішень. Річкові басейни, гірські хребти та туристичні маршрути, які за своєю природою є міжгромадськими системами, проєктуються, освоюються і управляються фрагментарно, що знижує ефективність інвестицій і підвищує екологічні ризики. У воєнних умовах цей синдром посилюється через необхідність швидких рішень: розміщення внутрішньо переміщених осіб, адаптацію будівель під нові функції та тимчасову інфраструктуру. У Карпатах, які стали відносно безпечним регіоном, ці процеси часто відбуваються без достатнього просторового аналізу та обґрунтування, що закріплює випадкові рішення як довгострокові та ускладнює подальший збалансований розвиток громад і регіону.

9) *Синдром поствоєнних негативних очікувань* проявлєтьcя у формі стійкого відчуття невизначеності, страху перед майбутнім та підвищеної уваги до потенційних загроз. Українські Карпати та їх гірські громади (території) в умовах російсько-української війни набули ознак «приймаючих» — зон відносної безпеки, які стали центрами масової релокації населення, бізнесу, установ і освітніх закладів. Це спричинило різке зростання навантаження на міста (Івано-Франківськ, Яремче, Коломия, Дрогобич, Ужгород, Мукачево та десятки малих поселень громад), де тимчасові рішення (модульне житло, адаптація гуртожитків, санаторіїв, баз

відпочинку, шкіл і культурних об'єктів) де-факто трансформуються в постійні елементи просторової структури. Синдром пов'язується з радикальними просторовими змінами, деформаціями й адаптацією тимчасових рішень у міське середовище під впливом нових умов, вимог і дій. Він поєднується з деструкцією та агресивною «адаптацією» функцій. Це сукупність патологічних процесів у середовищі регіону, радикальних змін у структурі, функціях і сприйнятті простору, які спричинені воєнними діями. Простір стає носієм травми, втрат, пам'яті, героїзації, протистояння та катарсису (очищення). Вплив війни на середовище регіону відбувається через релокацію населення, мілітаризацію інфраструктури (укриття, тимчасові поселення, зміни зонування) та трансформацію функцій громадських будівель [5; 13]. Військові події підкреслили важливість комплексного (інтегрованого) планування розвитку на регіональному й міжмуніципальному рівнях, а відбудови й адаптація повинні враховувати нові соціально-економічні умови та потребують скоординованих дій усіх процесів у регіоні з дотриманням принципів безпеки і сталості.

Простір «застигає» у стані воєнної адаптації, що не відповідає довгостроковим потребам громад і принципам сталого розвитку. Синдром поствоєнних абсурдів проявляється також у агресивній функціональній трансформації середовища: рекреаційні й туристичні об'єкти втрачають первинне призначення, громадські простори наповнюються утилітарними функціями виживання, а історично й емоційно цінні місця втрачають цілісність і семантично-символічну роль. Для Карпат це особливо болісно, адже регіон традиційно сприймається як простір відновлення духовного й фізичного здоров'я, тиші й природної рівноваги. Відбулася «мілітаризація» повсякденного життя й простору: з'являються укриття та об'єкти незламності, змінюється режим використання громадських будівель, формуються тимчасові інженерні рішення для автономного життєзабезпечення. Ці елементи часто впроваджуються без інтеграції із просторовою логікою поселень, створюючи відчуття тимчасовості як нової норми середовища життєдіяльності. Регіон стає простором героїчної пам'яті та колективної травми, але у формах, що лише починають кристалізуватися. Меморіальні практики, знаки пам'яті, символічні інтервенції з'являються в середовищі без узгодженої концепції, що ризикує перетворити простір на сукупність розрізнених наративів життя, втрати й героїзації. Простір стає носієм напруги між потребою пам'ятати й потребою жити далі. Поствоєнний вимір синдрому полягає у ризику закріплення тимчасових рішень — житло без перспектив інтеграції, транспортні та інженерні рішення «на швидку руку», неконтрольована забудова під тиском релокованого населення й діяльності. За відсутності стратегічного бачення ці елементи можуть сформувати нові стихійні осередки просторової деградації вже в мирний час.

На відміну від «примарних» міст сходу й півдня України, Карпати стали дзеркалом війни, що відображає її наслідки у формі перевантаження, стихійних деформацій і втрати балансу. Регіон зберігає травму всієї країни, ризикуючи втратити власну просторову й культурну цілісність. Подолання синдрому поствоєнних абсурдів у Карпатському регіоні вимагає переосмислення тимчасових рішень як частини сценаріїв трансформації: інтеграції тимчасового житла в структуру громад, просторово виважених стратегій меморіалізації, ревізії функцій рекреаційних територій та переходу від швидкого прийняття рішень до адаптивного поствоєнного розпланування. Лише так Карпати зможуть стати простором відновлення — не лише фізичного, а й духовного, соціального й символічного для народу всієї країни.

Простір збільшує хаотичність через екстрені перебудови та закриті об'єкти, а внутрішньо переміщені особи відчувають травматичне відчуження від «свого» середовища. З'являються тривожні очікування поствоєнних патологічних явищ, що за своєю гостротою й складністю можуть перевищувати воєнний період. Постає вимога нового типу просторового розпланування, яке врахує як потребу безпеки, так і потенціал відновлення — зміни функцій зруйнованих територій, збереження колективної пам'яті, переосмислення етноідентичності та образу міст, відновлення соціальної й просторової тканини громад і територій.

II. Узагальнена оцінка синдромів у регіоні. Огляд і аналіз існуючих синдромів в гірських умовах показав різноманіття причин і просторових ситуацій, у яких вони виникають. Постає потреба впорядкування просторових характеристик та методик узагальнення даних і методів оцінки синдромів для обґрунтування рішень їх уникнення (усунення). Така робота має відбуватися на системній методологічній платформі та в рамках логічно-онтологічної моделі простору життєдіяльності. Стисло охарактеризуємо основні положення моделі синдромів.

Діяльність у регіоні зорієнтована насамперед на *людину (L)* – її характеристиках, які присутні й враховуються у т.ч. у завданнях дослідження синдромів і патологій простору життєдіяльності. Населення доцільно структурувати за статтю, віком, кваліфікацією, зайнятістю, а також за якісними ознаками – духовністю, освіченістю, соціальною активністю, моральністю тощо. Слід виділити і використовувати систему чинників та причинно-наслідкових зв'язків, які зумовлюють появу синдромів у структурі завдань просторової організації та розвитку регіону Українських Карпат. Виділяються *соціальні чинники* виникнення синдромів, які можна охарактеризувати як «агресивне неуцтво». Йдеться про поведінку малоосвіченого мешканця, невдоволеного будь-якими змінами, що діє за принципом «має бути тільки по-моєму» або «ніяк». Такі особи не користуються доказовими аргументами, проявляють постійну підозрілість

і недовіру, можуть мати проплачену «мотивацію» та оцінюють зміни через власну вигоду, зручність і користь. Громадян, які виступають проти будь-яких змін у середовищі своєї життєдіяльності, уособлює жаргонний термін «печерні люди», в міжнародному контексті застосовується поняття BANANA (Build Absolutely Nothing Anywhere Near Anyone), що характеризує категоричну опозицію до будь-якого будівництва чи розвитку поряд із існуючими об'єктами.

Виділяємо також чинники й причини виникнення синдромів, які пов'язані з егоїзмом, аморальністю, низькою загальною культурою, фаховістю. Вони ускладнюють процес прийняття рішень, обґрунтування проєктів та усунення помилок у професійній діяльності. Інші причини й чинники, що стосуються виміру людина, *пов'язані з діяльністю влади* та зосереджені в недосконалості системи отримання замовлень (наприклад, через систему «Прозоро»), де ключовим критерієм вибору є лише вартість робіт чи проєкту, а також у неефективних механізмах вибору виконавців і залучення громад до процесів розпланування й розвитку. Синдроми цієї групи концентруються навколо: власності на землю; спадщини й культури; соціальної справедливості; екологічної безпеки; комфортності та економічної ефективності (фінансових інтересів).

Регіональні системи відносяться до класу функціональних, а їх *функції (F)* спрямовані на забезпечення потреб людини та функціонування самої системи. Функціональний вимір включає зовнішні, внутрішні та функції узгодження, які відповідають за організацію й координацію процесів у системі. Функціональна складова дозволяє досліджувати й оцінювати причини виникнення синдромів у просторі життєдіяльності. Просторові процеси відбуваються під впливом *умов (X)* навколишнього середовища – природних, розміщення, а також вимог. Природні умови задаються об'єктивно і на них є лише незначний (опосередкований) вплив фахівців; умови розміщення потребують врахування в обґрунтуванні рішень та можуть змінюватися в процесі організації; умови й вимоги (правові, соціальні, інвестиційні) можуть бути жорсткими чи рекомендаційними. Умови є ключовим виміром у виникненні синдромів (патологій), а також містять потенціал їх усунення. *Геометричний вимір (G)* включає масштаб, форму, структуру об'єкта, межі, обмеження, сервітутні елементи та інші просторові характеристики, які впливають на виникнення синдромів та обґрунтування рішень щодо їх усунення. Такі характеристики відносяться до узагальнених змінних, і є важливими в просторовій організації й розвитку середовища життєдіяльності. *Вимір часу (T)* присутній у просторі через історичний контекст (минуле), поточні умови (тривалість функцій і процесів) та перспективу (прогнозування розвитку). У контексті синдромів цей вимір має багатогранний прояв – від порушень охорони історичного середовища до своєчасності прийняття рішень, де своєчасність іноді важливіша за високу якість.

Перелічені складові – людина (L), функції (F), умови (X), геометрія (G), час (T) – мають різну природу та можуть задаватися кількісними (дискретними) величинами та якісними характеристиками [2]. Більшість характеристик просторової ситуації й синдромів можна визначити однозначно, що дозволяє будувати лінійні моделі виникнення і розвитку патологічних процесів. Проте для аналізу синдромів важливими є ситуації невизначеності та непрогнозованості поведінки, а також дій якісних (нематеріальних) чинників. Для проблематики важливою є оптимальна організація простору як структурне, параметричне, ресурсне й часове узгодження вимірів, зв'язків і відносин у системі. У загальному вигляді багатовимірний простір у контексті синдромів можна визначити як множину елементів із просторово-подібними зв'язками та відношеннями.

Особливу увагу в проблематиці (методах) дослідження та структуризації синдромів доцільно приділити взаємодії вимірів простору життєдіяльності. У п'ятивимірному просторі існує десять парних поєднань, які описують взаємодію двох вимірів. Наприклад, поєднання *людського виміру (L)* та *виміру умов (X)* характеризує показники життєдіяльності населення (комфортність, екологічний стан, забезпеченість зеленими насадженнями) і пов'язується з виникненням синдромів у разі погіршення цих відносин. *Взаємодія «людина – функція»* описує функціональні показники простору, що співвіднесені з людиною та описуються достатністю й забезпеченістю функціями, зайнятістю населення та ін. Поєднання *«людина – час»* характеризує динамізм людського виміру, природний чи механічний рух населення, міграцію — виникають синдроми, пов'язані з демографічними й міграційними процесами й явищами. Поєднання *«людина – геометрія»* включає характеристику взаємодії людини й геометричного вимірів простору (масштабу, конфігурації та структури). Ця взаємодія виявляється в синдромах, що пов'язані зі щільністю населення, його розподіленням по території, особливостях освоєння (загосподарьованості) людьми простору їх життєдіяльності. Поєднання *«функція – геометрія»* розкриває розподіл функцій на території та виявляється в показниках щільності функцій і функціональних об'єктів, а також характеристиках розміщення поселень, рекреаційних, виробничих та інших об'єктів. У цілому поєднання формуються синдроми, пов'язані з порушенням масштабів для різних функцій у містобудівних системах. Поєднання *«функція – умови»* розкриває функціональне використання містобудівних та ландшафтно-природних умов, що відображається показниками використання ресурсів під певні функції, а також їх узгодженням. Постають загрози синдромів, пов'язаних із умовами проживання та погіршенням функціональності середовища. *«Умови – час»* характеризують зміни умов у часі, покращення або погіршення екологічної ситуації, зміну розміщення та пристосування простору життєдіяльності до нових умов. *«Умови – геометрія»* – розподіл умов у геометричних характеристиках простору, включає різноманітність,

концентрацію умов і ресурсів у просторі та пов'язаних із цим відповідних синдромів. *«Геометрія – час»* – зміни геометричних характеристик у часі (масштабу, конфігурацій, освоєності простору) створюють найбільше синдромів (патологій) у середовищі життєдіяльності соціуму.

Потрійні поєднання розкривають ширші можливості для аналізу взаємодій вимірів, а також для дослідження синдромів та причинно-наслідкових зв'язків їх виникнення. Скажімо, взаємодії *«функції – умови – геометрія»* характеризують умови життєдіяльності на певний момент часу (часовий і вимір людини в цьому випадку фіксовані). Поєднання *«людина – умови – геометрія»* окреслює характеристику забезпечення, стану та розподілу ресурсів на певний момент часу (функціональний і часовий виміри фіксовані). *Чотиривимірні поєднання* передбачають фіксацію одного з вимірів простору, зменшується розмірність системи, поглиблюють аналіз взаємодій, у т.ч. на предмет синдромів у просторі. Наприклад, фіксація виміру «людина» виділяє ті синдроми, які з'являються без участі людини. *Повна множина характеристик* простору формується у п'ятивимірному поєднанні (L–F–X–G–T), де важливими є показники й характеристики корисності, комфортності, ефективності, екологічності та естетичності простору, а відповідно, синдромів, пов'язаних із ними. Постають інтегральні завдання найвищого ієрархічного рівня, які пов'язані зі синдромами, – гармонізації простору життєдіяльності соціуму. Розкриваються ширші можливості для дослідження й уникнення негативних наслідків дії синдромів та усунення причин їх виникнення.

Модель просторових синдромів слугує аналітичною рамкою, що пояснює деградаційні й деструктивні процеси просторового розвитку як системно повторювані негативні тенденції і явища, а не випадкові помилки розпланування чи проєктних рішень. Виділені виміри є багатокомпонентними й поділяються на складові, а описана модель простору дозволяє реформувати й структурувати інформаційну базу під конкретну проблематику й завдання містобудування, урбаністики та просторового планування. Автори вважають її ефективною для дослідження синдромів у середовищі життєдіяльності та обґрунтуванні рішень з їх усунення.

Узагальнена модель синдромів переводить аналіз просторового розвитку з площини «помилок і відхилень» у площину структурного дослідження патологій як системного, міждисциплінарного та довгострокового «лікування» й профілактики. Вона дозволяє отримати результати, що забезпечують практиків містобудування, землекористування та управління розвитком територій новими (інтегрованими) знаннями з різних рівнів і сфер. Синдроми в просторі виникають також із відмінностей у соціальному сприйнятті ландшафту та цінностей землі, а відповідно, і переваг використання територій, які можуть бути сформульовані у вигляді різних індексів та бути представлені

на картах можливих синдромів. Просторовий розподіл синдромів, оцінка сумісності цінностей, відмінностей і переваг просторової організації – це дієві методи для виявлення та відображення синдромів у просторі й оцінки їх інтенсивності. Описаний метод оцінки та аналізу спрямований на зменшення інтенсивності проявів просторових синдромів, а також на усунення причин і чинників, що їх породжують. Він передбачає послідовне виявлення симптомів, аналіз причинно-наслідкових зв'язків, оцінку рівня ризиків і можливих наслідків для просторової структури, функціонування територій та якості середовища життєдіяльності. Важливим у методі дослідження є також встановлення взаємозв'язків між соціальними, економічними, екологічними, культурними тощо чинниками, які формують синдроми та «підтримують» їх існування. П'ятивимірна модель дозволяє бачити синдроми чи патології як результат дисбалансу між вимірами, і обґрунтоваувати методи їх просторової локалізації й прогнозування. Синдроми, у свою чергу, дозволяють виразити інтегральний показник якості фізичного (тілесного) та психо-ментального (духовного) «здоров'я» територій чи конкретних місць проживання. Від нього залежать практичні дії щодо розміщення об'єктів, їх архітектурно-функціональні та техніко-технологічні характеристики й зміни для недопущення (запобігання) просторових протиріч і синдромів.

Використання моделі багатовимірності простору дозволяє впорядкувати й поглибити аналіз простору, оцінити правильність і «пропорційність» систем життєдіяльності, виявити місця й причини патологій, обґрунтувати алгоритми усунення негативних явищ задля «здоров'я» і безконфліктності розвитку міст і територій. Синдроми (дефекти) виникають як «порожнини» внутрі багатовимірного куба поєднання вимірів (політопу) — взаємодій вимірів, їх неузгодженості, а також його зовнішній конфігурації. Стосовно проблематики синдромів окреслено вимоги оптимізації просторової композиції систем у п'ятивимірному просторі, яка «пом'якшить» дефекти та вилучить різноманітні протистояння й патології.

III. Пропозиції й рекомендації врахування синдромів в обґрунтуванні рішень відбудови і розвитку регіону. Виходячи з описаної моделі охарактеризованих синдромів у просторі гірських територій регіону, постають завдання і рішення, які не знайшли належного розкриття в теорії просторової організації й розвитку середовища життєдіяльності соціуму, – забезпечення безконфліктності розвитку, вирішення складних недетермінованих завдань, а також урахування нематеріальних чинників і поганопрогнозованих ситуацій у просторовому розвитку міст і територіальних систем. Усі загрози, патології й симптоми «захворювання» міст і територій локалізуються в різних координатах його простору. Виділяються синдроми, які виникають на площинах взаємодії двох вимірів, об'ємні – при взаємодії трьох вимірів, а також багатогранні – як поєднання

чотирьох і п'яти вимірів. Основні положення їх уникнення (усунення) можна стисло сформулювати навколо *вимог і принципів*:

✓ системності — просторові дисфункції мають комплексний характер і виникають на перетині вимірів простору — планувальних, управлінських, соціальних, економічних та екологічних характеристик і чинників;

✓ причинно-наслідкової логіки — синдроми описують ланцюг «причина → процес → наслідок», що дозволяє виявляти їх прояви (хаос, конфлікти, деградацію) та причини;

✓ типовості й унікальності — однакові синдроми виявляються й повторюються в різних громадах регіону, змінюючись за масштабом, але зберігаючи спільну структуру й причини появи і розвитку. Вони мають лінійні алгоритми врахувань і вирішень в обґрунтуванні рішень;

✓ соціально-психологічної сутності та контексту — синдроми фіксуються й проявляються як соціальна нерівність, інституційна і людська слабкість (дисбаланси), що матеріалізуються при формуванні простору;

✓ вирівнювання центрів і периферії — більшість синдромів пов'язані з асиметріями доступу до ресурсів, інфраструктури та участі в прийнятті рішень;

✓ недостатнє врахування природних і ландшафтних обмежень і вимог — порушення екологічних, гідрологічних і геоморфологічних меж є ключовим джерелом просторових патологій;

✓ узгодження тимчасовості як постійності — нереалізовані або «тимчасові» рішення з часом закріплюються й формують довготривалі патології та перетворюються в проблеми;

✓ невідповідності рішень реаліям сьогодення — застаріла або формальна планувальна документація підсилює синдроми;

✓ практичної спрямованості — наведена модель призначена не лише для діагностики, а й для формування сценаріїв реформування, адаптивного й стійкого просторового розвитку регіону, розвитку його міст і територій (громад).

Пропонуються *конкретні заходи та пропозиції*, спрямовані на підвищення якості середовища та вдосконалення практик просторового розвитку на вимогах безконфліктності та усунення просторових синдромів у гірських районах. Подаємо окремі пропозиції щодо реформування й інтегрованого розвитку регіону Українських Карпат, які базуються на врахуванні виявлених просторових патологій і синдромів, а також їх усунення (недопущення).

1. *Впровадження нового методологічного підходу до розробки просторово-планувальної документації. З*астарілі генплани та формальна «відповідність» новій реальності потребують повної ревізії (генпланів і комплексних планів просторового розвитку громад) з урахуванням: воєнних і поствоєнних сценаріїв; змін демографії та мобільності; кліматичних і гідрологічних ризиків. Відмова від «доповнення та

переробки старих» документів повинна супроводжуватися переходом до сценарного, адаптивного планування. Доцільним видається введення мораторію на масштабні інвестиційні проєкти в громадах без системної актуалізованої планувальної документації. Такі дії сприятимуть стримуванню агресивної забудови, збільшать якість та інвестиційну атрактивність середовища.

2. *Активізація громадської участі та контроль девелоперської активності.* На зміну домінуванню приватного інтересу, що посилює просторовий хаос і супроводжується конфліктами і синдромами власності, має прийти просторово-правове зонування й оцінка кумулятивного впливу діяльності (туристичних і житлових проєктів). Умовою погодження забудови має стати створення або відновлення громадських просторів і інфраструктури як цілісності (історичних, рекреаційних, комунікаційних та ін.), що зменшить візуальний і функціональний хаос, приведе до відновлення довіри громад до процесів і діяльності фахівців і влади.

3. *Усунення синдрому просторового «стику», захист прибережних і природних зон* від підтоплення, паводків, втрати рекреаційного потенціалу, відновлення водоохоронних і природних буферів, реформування безперервних зелених і річкових коридорів із доступом громадськості, перехід до природоорієнтованих рішень (renaturation, floodplain management).

4. *Подолання децентралізаційного парадоксу через координацію,* що є реакцією на помилки автономії без узгодженості із сусідніми територтіями, а також дублювання рішень. Ситуацію може змінити створення: міжмуніципальних планувальних об’єднань на рівні адміністративних районів; створення регіональних (районних) платформ просторових даних (ГІС) для спільного користування, а також розподілу й узгодженння функцій і ролей на ієрархічних рівнях.

5. *Інтеграція поствоєнних реалій у просторове розпланування та усунення просторових абсурдів*, коли тимчасові рішення стають постійними. Для гірських районів Українських Карпат важлива розробка поствоєнних просторових сценаріїв, створення інтегрованих утворень, просторово виважена ренатуралізація природних елементів та меморіалізація простору — трансформація травми у ресурс відновлення та розвитку.

6. Система просторового управління територіями має визначати синдроми не як «аварію», а як природний процес, з яким потрібно жити й розвиватися. Такий підхід передбачає перехід від «агресивного» реагування на наслідки до профілактичного — превентивного й адаптивного управління простором. Цьому сприятиме: зонування за рівнем ризику природних явищ і стихій; виділення зон контрольованого затоплення певних територій; заборона або обмеження капітальної забудови в заплавах; перенесення критичної інфраструктури із зон ризику. Для гірських територій особливого значення набувають підходи

ренатуралізації природного середовища та відновлення природних функцій ландшафтів. Це зумовлено специфічними умовами регіону: густою річковою мережею, частими паводками й селевими процесами, а також зростанням тиску забудови на прибережні та заплавні території. У таких умовах важливим стає відновлення природних механізмів регуляції водного режиму, збереження прибережних екосистем та формування просторових структур, що враховують природну динаміку ландшафту. Водночас ключову роль відіграє *людський потенціал і нова планувальна культура* як реакція на брак компетенцій та формального підходу до розпланування. Актуальності набувають: навчання кадрів громад ландшафтного та адаптивного планування; консультування, співучасне розпланування «знизу вгору»; формування регіональної культури та просторової відповідальності. Це забезпечить сталість реформ і зумовить уникнення (зниження) повторення патологій і синдромів.

Висновок

Реформування, поствоєнна реорганізація та просторовий розвиток гірських територій та регіону Українських Карпат має ґрунтуватися на усвідомленні просторових синдромів (патологій) як системного явища. Лише перехід від рефлексивної, фрагментованої урбанізації до інтегрованого, скерованого на здоровий (ландшафтно-орієнтований та соціально-психологічно чутливий) розвиток дозволить зберегти Карпати як простір життя, відновлення унікальної цінності та гуманізації середовища в довгостроковій перспективі для України. Поєднання ландшафтно-орієнтованого планування, соціальної чутливості та відновлення природних процесів здатне сформувати нову модель розвитку гірського регіону, в якій простір розглядається не лише як ресурс використання, а як цілісна система співіснування природи, суспільства і культури. Генеральна мета — у відновленні природної «мудрості» та «здоров'я» середовища за присутності й діяльності людини: відновлення природної морфології річок (меандри, заплави, тераси); зменшення жорстких інженерних рішень (бетонні русла, спрямлення) на користь природоорієнтованих; саморегуляція екосистем замість постійного технічного утримання; пріоритет процесів природи і життєдіяльності в загосподарюванні, а не формальних і жорстких функціонально-орієнтованих рішень. Такі дії включають, зокрема, відновлення прибережної рослинності; повернення річці простору для сезонних коливань; інтеграцію ренатуралізованих зон у зелену інфраструктуру територій. Це приведе до зменшення паводкових ризиків; підвищення біорізноманіття; покращення мікроклімату; створення рекреаційних просторів без капітальної забудови.

Використана література:

1. Водний Кодекс України [док. 213/95-ВР, чинний; ред. від 08.08.2025] // Верховна Рада України. – 1995. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-вр

2. Габрель М.М. Просторова організація містобудівних систем. – К.: Вид. дім А.С.С, 2004. – 400 с.

3. Габрель М.М. Просторові синдроми: нові реалії та патології в урбаністиці України / Габрель М.М., Косьмій М.М., Габрель Т.М., Стовбан В.О. // Містобудування та територіальне планування: наук.-техн. зб. – К.: КНУБА, 2025. – № 90. – С. 210–236.

4. Дьомін М. Урбаністика та просторове планування: енциклопед. сл. / М. Дьомін, М. Габрель. – Івано-Франківськ: Місто НВ, 2025. – 708 с.

5. Екологічний моніторинг регіону: експертна оцінка стану і функціонування / [за заг. ред. І. Ковальчук]. – Львів: Опілля, 2009. – 607 с.

6. Інтеграція екологічної складової в просторові плани громад (методичні настанови) / [за ред. Л.Г. Руденка]. – К.: Ін-т географії НАН України, 2020. – 168 с. https://old.igu.org.ua/uk/node/22358

7. Карпатський регіон: актуальні проблеми та перспективи розвитку: [моногр. у 8 тт.] / НАН України. Інститут регіональних досліджень; наук. ред. В.С. Кравців. – Львів, 2013. – Т. 5: Малі міста / відпов. ред. Л.Т. Шевчук. – 284 с.; Т. 8: Транскордонне співробітництво / відп. ред. Н.А. Мікула. – 372 с.

8. Ковальчук І. Туристично-рекреаційний потенціал гірських районів українських Карпат: проблеми та перспективи розвитку // Науковий вісник Мукачівського державного університету. – 2016.– Т. 3, № 2. – С. 125–131.

9. Кравчук Я.С. Рельєф Українських Карпат: моногр. // Львів. нац. ун-т ім. І. Франка; ред. І. Лоїк. – Львів: ВЦ ЛНУ ім. І. Франка, 2021. – 575 с.

10. Машіка Г.В. Географія господарського потенціалу Карпатського регіону: моногр. – Ужгород : ТОВ «РІК-У», 2017. – 324 с.

11. Мозговий А.А. Конфлікти в містах України. – К.: Нац. акад. наук України, Інститут географії, 2019. – 290 с.

12. Просторовий розвиток регіону: соціально-економічні можливості, ризики і перспективи: моногр. / НАН України; Ін-т регіон. дослідж.; [за ред. Л.Т. Шевчук]. – Львів, 2011. – 256 с.

13. Соціальна вразливість населення Карпатського регіону України: стан, виклики, сценарії послаблення / за ред. д.е.н., проф. Т. Г. Васильціва. ДУ «Інститут регіональних досліджень ім.М. І. Долішнього НАН України». Львів, 2023. – 109 с.

14. Український гідрометеорологічний центр. Повторюваність катастрофічних паводків у річкових басейнах України. – К.: Укргідрометцентр, 2021. https://www.meteo.gov.ua/

15. Урбаністична Україна: в епіцентрі просторових змін / [за ред. К. Мезенцева, Я. Олійника, Н. Мезенцевої]. – К.: Фенікс, 2017. – 440 с.

16. Anselin L. Spatial Panel Econometrics /Anselin L., Le Gallo J., Jayet G. // Econometrics of Panel Data: Fundamentals and Recent Developments in Theory and Practice / [ed. by L. Mátyás, P. Sevestre]. – 3rd ed. – Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2008. – P. 625–660. https://www.researchgate.net/publication/226353418_Spatial_Panel_Econometrics

17. Beatley T. Biophilic Cities: Integrating Nature into Urban Design and Planning / T. Beatley. – Washington, DC: Island Press, 2011. – 192 p. https://books.google.com.ua/books/about/Biophilic_Cities

18. Carpathians Environment Outlook 2007. – Nairobi; Geneva: United Nations Environment Programme (UNEP), Division of Early Warning and Assessment (DEWA)-Europe, 2007. – 232 p. https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/8596

19. Lees L. Planetary Gentrification / Lees L., Shin H. B., López-Morales E. –Cambridge: Polity Press, 2016. – 256 p. https://www.researchgate.net/publication/290440668_Planetary_Gentrification

20. Stoychev K. Spatial conflicts and disagreements in post-socialist cities / K. Stoychev. – Springer International, 2020. – 258 p. https://doi.org/10.1007/978-3-030-61765-3

Doctor Tech.Sc., Professor **Habrel Mykola,**
Doctor of Economics, Professor **Lysyak Natalia,**
PhD, Assistant **Habrel Taras,**
Assistant **Forkutsa Lyudmyla,**
Lviv Polytechnic National University

SYNDROMES OF MOUNTAIN REGIONS IN THE STRUCTURE OF SPATIAL ORGANISATION AND DEVELOPMENT OF THE UKRAINIAN CARPATHIAN REGION

A syndrome is a set of symptoms and signs that manifest and characterize a particular pathological or dysfunctional (diseased) condition of a system (or organism). It is a generalized term for a complex of interrelated negative processes or phenomena that arise in the human living environment under the influence of multiple factors and indicate certain structural, functional, or social deviations, as well as disturbances in the organisation and development of settlements and territories. The aim of this article is to examine spatial syndromes within the mountainous areas of the Carpathian region of Ukraine, the causes of conflicts (between residents, experts, investors and local authorities), and the errors and shortcomings in the planning, management or justification

of project decisions concerning land use, construction and development of the community's living environment, and to formulate requirements and principles for their avoidance (elimination).

Research on both syndromes and conflicts focuses on identifying discrepancies between planning decisions and contemporary requirements and societal needs; understanding the processes and patterns of land use and territorial development; analysing social and functional problems; and examining disturbances of ecological balance as well as the negative consequences of human activity. Their analysis makes it possible to more precisely identify and refine the patterns of development of the living environment, to understand social responses to spatial changes, challenges and transformations, and to outline possible ways to prevent or mitigate their negative effects. The study of these processes and phenomena within mountain areas provides a basis for substantiating balanced spatial solutions, improving the effectiveness of spatial development management, and enhancing the quality of life and activity of local communities. It also contributes to preventing the emergence of spatial syndromes in the future (such as fears, dissatisfaction, and other adverse social reactions).

Reform, post-war reorganisation and spatial development of the mountain areas and the Ukrainian Carpathian region should be based on an understanding of spatial syndromes (pathologies) as a systemic phenomenon. Only a transition from reactive and fragmented urbanisation to integrated development oriented towards a healthy environment (landscape-oriented and socio-psychologically sensitive) will make it possible to preserve the Carpathians as a living space, restore their unique value and ensure the humanisation of the environment in the long term for Ukraine. The combination of landscape-oriented planning, social sensitivity and the restoration of natural processes can form a new model for the development of the mountain region, in which space is considered not merely as a resource for use but as an integrated system of coexistence between nature, society and culture. The overarching goal is to restore the natural "wisdom" and "health" of the environment in the presence of human activity. This includes restoring the natural morphology of rivers (meanders, floodplains and terraces); reducing rigid engineering interventions (such as concrete channels and river straightening) in favour of nature-based solutions; enabling the self-regulation of ecosystems instead of constant technical maintenance; and prioritising natural processes and human activity in territorial development rather than rigid, functionally oriented planning solutions. Such measures include, in particular, the restoration of riparian vegetation, giving rivers more space for seasonal fluctuations, and integrating renaturalised areas into the green infrastructure of territories. These approaches can reduce flood risks, increase biodiversity, improve the local microclimate, and create recreational spaces without intensive capital development.

Keywords: spatial organisation, syndromes, architectural environment, mountain areas of the Carpathian region, the “wisdom” of nature, the “health” of the environment.

REFERENCES:

1. *Vodnyy kodeks Ukrayiny* [*Water Code of Ukraine*] (1995). Law No. 213/95-VR (as amended on 08 August 2025). Verkhovna Rada of Ukraine. Available at: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-вр {in Ukrainian}.

2. Habrel, M.M. (2004). *Prostorova orhanizatsiia mistobudivnykh system [Spatial organisation of urban planning systems].* Kyiv: A.S.S. Publishing House. {in Ukrainian}.

3. Habrel, M.M., Kosmii, M.M., Habrel, T.M., Stovban, V.O. (2025). Prostorovi syndromy: novi realiyi ta patolohiyi v urbanistytsi Ukrayiny [Spatial syndromes: new realities and pathologies in the urbanism of Ukraine]. *Urban Planning and Territorial Planning*, No. 90, pp. 210–236. {in Ukrainian}.

4. Diomin, M., Habrel, M. (2025). *Urbanistyka ta prostorove planuvannia: entsyklopedychnyi slovnyk [Urban studies and spatial planning: encyclopaedic dictionary].* Ivano-Frankivsk: Misto NV. {in Ukrainian}.

5. Kovalchuk, I. (ed.) (2009). *Ekolohichnyi monitorynh rehionu: ekspertna otsinka stanu i funktsionuvannia [Environmental monitoring of the region: expert assessment of its state and functioning]*. Lviv: Opillia. {in Ukrainian}.

6. Rudenko, L.H. (ed.) (2020). *Intehratsiia ekolohichnoi skladovoi v prostorovi plany hromad (metodychni nastanovy) [Integration of the environmental component into spatial plans of communities: methodological guidelines].* Kyiv: Institute of Geography, National Academy of Sciences of Ukraine. https://old.igu.org.ua/uk/node/22358 {in Ukrainian}.

7. Kravtsiv, V.S. (ed.) (2013). *Karpatskyi rehion: aktualni problemy ta perspektyvy rozvytku [Carpathian region: current problems and development prospects].* In 8 vols. Lviv: Institute of Regional Research, National Academy of Sciences of Ukraine. {in Ukrainian}.

8. Kovalchuk, I.I. (2016). Turystychno-rekreatsiynyy potentsial hirskykh rayoniv ukrayinskykh Karpat: problemy ta perspektyvy rozvytku [Tourist and recreational potential of the mountain areas of the Ukrainian Carpathians: problems and prospects for development]. *Scientific Bulletin of Mukachevo State University,* Vol. 3(2), pp. 125–131. {in Ukrainian}.

9. Kravchuk, Ya.S. (2021). *Relef ukrayinskykh Karpat [Relief of the Ukrainian Carpathians].* Lviv: Ivan Franko National University of Lviv Publishing Centre. {in Ukrainian}.

10. Mashika, H.V. (2017). *Heohrafiia hospodarskoho potentsialu Karpatskoho rehionu [Geography of the economic potential of the Carpathian region].* Uzhhorod: RIK-U. {in Ukrainian}.

11. Mozhovyi, A.A. (2019). *Konflikty v mistakh Ukrainy [Conflicts in the cities of Ukraine].* Kyiv: Institute of Geography, National Academy of Sciences of Ukraine. {in Ukrainian}.

12. Shevchuk, L.T. (ed.) (2011). *Prostorovyi rozvytok rehionu: sotsialno-ekonomichni mozhlyvosti, ryzyky i perspektyvy [Spatial development of the region: socio-economic opportunities, risks and prospects].* Lviv: Institute of Regional Research, NAS of Ukraine. {in Ukrainian}.

13. Vasyltsiv, T.H. (ed.) (2023). *Sotsialna vrazlyvist naselennia Karpatskoho rehionu Ukrainy: stan, vyklyky, stsenarii poslablennia [Social vulnerability of the population of the Carpathian region of Ukraine: state, challenges and scenarios of mitigation].* Lviv: Dolishniy Institute of Regional Research, NAS of Ukraine. {in Ukrainian}.

14. *Ukrainian Hydrometeorological Center* (2021). Frequency of catastrophic floods in river basins of Ukraine. Kyiv. https://www.meteo.gov.ua/ {in Ukrainian}.

15. Mezentsev, K., Oliinyk, Ya., Mezentseva, N. (eds.) (2017). *Urbanistychna Ukraina: v epitsentri prostorovykh zmin [Urban Ukraine: in the epicentre of spatial change].* Kyiv: Phoenix. {in Ukrainian}.

16. Anselin, L., Le Gallo, J., Jayet, G. (2008). Spatial panel econometrics. In: Mátyás, L., Sevestre, P. (eds.). *Econometrics of Panel Data: Fundamentals and Recent Developments in Theory and Practice*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, pp. 625–660. {in English}.

17. Beatley, T. (2011). *Biophilic Cities: Integrating Nature into Urban Design and Planning*. Washington, DC: Island Press. {in English}.

18. *United Nations Environment Programme* (2007). Carpathians Environment Outlook. Nairobi – Geneva: UNEP. {in English}.

19. Lees, L., Shin, H.B., López-Morales, E. (2016). *Planetary Gentrification.* Cambridge: Polity Press. {in English}

20. Stoychev, K. (2020). *Spatial conflicts and disagreements in post-socialist cities*. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-61765-3 {in English}.

DOI: 10.32347/2786-7269.2026.17.46-55
УДК 711.4:72.01:502.131.1
к. арх., доцент **Гомон О.О.**,
gomon.oo@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-1949-5635,
Київський національний університет будівництва і архітектури,
к. арх., доцент **Пантюхіна О.Ю.,**
e-mail: pantiukhina_o_y@pstu.edu.ua, ORCID: 0000-0002-2376-9432,
Приазовський державний технічний університет

АРХІТЕКТУРА ЯК НОСІЙ ПУБЛІЧНИХ І ДЕМОКРАТИЧНИХ ЦІННОСТЕЙ У КОНТЕКСТІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА

В дослідженні архітектура розглядається як просторовий інструмент формування та матеріалізації демократичних, публічних і універсальних цінностей у структурі сучасного міського середовища. Архітектурне середовище інтерпретується як активний фактор соціальної взаємодії, громадянської участі та прозорості управління, а не лише як фізична оболонка суспільних процесів [1, 2]. Акцент зроблено на інтеграції принципів ліберальної демократії, публічного інтересу та екологічної відповідальності в архітектурні й містобудівні рішення, зокрема у формування громадських просторів і соціальної інфраструктури [3, 6]. У контексті концепції сталого розвитку архітектура розглядається як інструмент узгодження соціальних, економічних і екологічних складових міського розвитку, що забезпечує довготривалу просторову стійкість і адаптивність міста [7, 4]. В умовах трансформацій міського простору, післякризового та повоєнного відновлення архітектурне проєктування набуває стратегічного значення як засіб формування інклюзивного, безпечного та ціннісно орієнтованого міського середовища, здатного підтримувати демократичні процеси та екологічно відповідальну модель розвитку.

Ключові слова: архітектура; демократія; публічні цінності; сталий розвиток; міське середовище; громадський простір; соціальна стійкість; екологічна відповідальність.

Постановка проблеми.Сучасне місто постає як багатошарова соціально-просторова система, у якій архітектура виконує роль не лише матеріального каркаса, але й просторового носія суспільних смислів, ціннісних орієнтацій і моделей поведінки. У структурі міського середовища архітектурні об’єкти та публічні простори формують умови щоденної взаємодії людини з містом,

визначаючи рівень відкритості, доступності, безпеки та соціальної виключеності міського життя [1, 2].

У XXI столітті архітектурна практика дедалі більше опиняється в полі міждисциплінарних викликів, пов'язаних із демократичним управлінням, екологічною відповідальністю, соціальною справедливістю та принципами сталого розвитку. Водночас традиційна функціонально-естетична парадигма проєктування, зосереджена переважно на формоутворенні та технічній доцільності, виявляється недостатньою для відповіді на складні соціальні та ціннісні запити сучасного міста. Зростає потреба в архітектурі, здатній не лише обслуговувати процеси, а й просторово артикулювати публічний інтерес і демократичні принципи [3].

Недостатньо теоретично й методологічно осмисленим залишається питання інтеграції демократичних, публічних і універсальних цінностей у архітектурні та містобудівні рішення, зокрема у формування громадських просторів, об'єктів соціальної інфраструктури та житлових середовищ. Архітектура часто розглядається як вторинна щодо політичних, економічних або соціальних процесів, тоді як на практиці саме просторові конфігурації здатні або стимулювати громадянську активність, соціальну взаємодію та довіру, або, навпаки, відтворювати сегрегацію, ізоляцію й відчуження [6].

Особливої актуальності ця проблема набуває в умовах трансформації міських територій, післякризового та повоєнного відновлення, коли архітектурне проєктування виходить за межі утилітарних завдань і набуває стратегічного значення як інструмент відновлення соціальної цілісності, людської гідності та просторової справедливості. Це зумовлює необхідність переосмислення архітектури як активного фактора формування демократичного, інклюзивного та сталого міського середовища [8].

Метою статті є обґрунтування архітектури як просторового механізму формування та матеріалізації демократичних, публічних і універсальних цінностей, а також виявлення принципів інтеграції цих цінностей у процес архітектурного й містобудівного проєктування з урахуванням концепції сталого розвитку міського середовища.

Виклад основного матеріалу. У сучасних умовах архітектура розглядається не лише як професійна діяльність зі створення будівель і просторів, а як інструмент просторової політики, що безпосередньо впливає на соціальні процеси, рівень демократичної культури та якість міського життя. Архітектурне середовище формує повсякденні сценарії користування містом і визначає характер взаємодії між людиною, громадою та інституціями влади [1,2].

З архітектурної точки зору демократичні цінності реалізуються через просторові характеристики середовища – відкритість, доступність, зрозумілість, безпечність і можливість вільного використання. Публічні простори, адміністративні будівлі, об'єкти освіти, культури та соціальної інфраструктури виступають фізичними носіями принципів участі, рівності та підзвітності. Архітектурні рішення з прозорими планувальними структурами, логічною організацією входів і комунікацій, безбар'єрним середовищем і візуальними зв'язками між внутрішнім і зовнішнім простором сприяють формуванню довіри до міського середовища та публічних інституцій [6] (рис. 1).

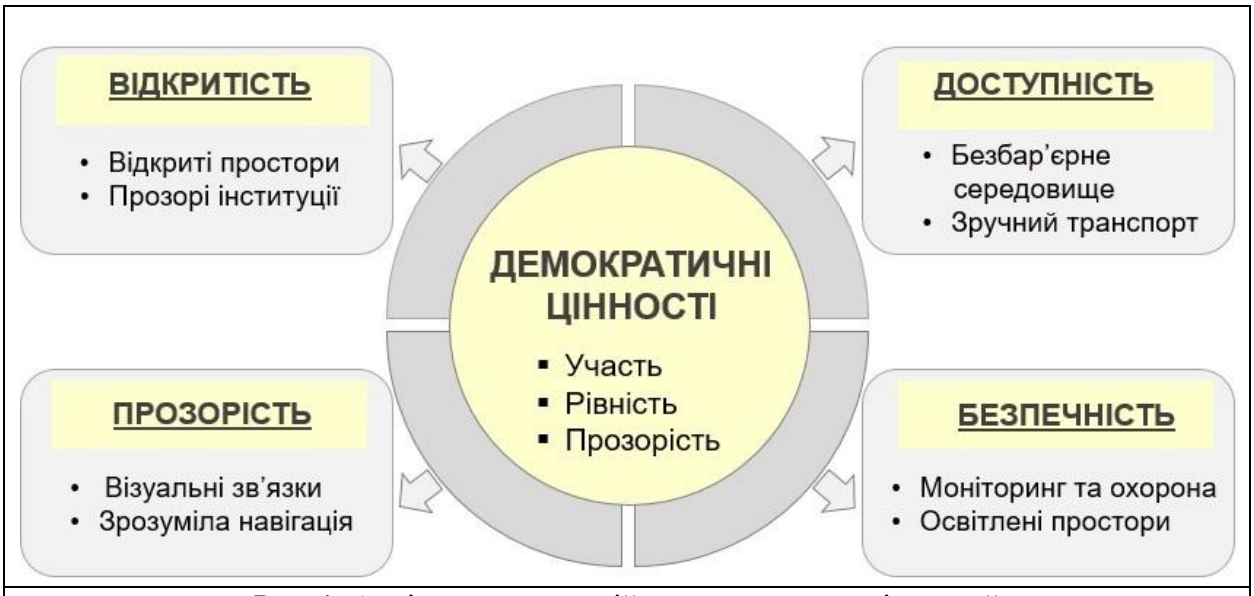


Рис. 1. Архітектура як носій демократичних цінностей (зобр. авторів)

Важливим фактором реалізації демократичних принципів є масштабність та ієрархія міського простору. Архітектурні рішення, що враховують людський масштаб, комфорт пересування та візуальну орієнтацію, формують середовище з високим рівнем просторової зрозумілості та безпеки. Чітка структура вулиць, площ, дворів і напівпублічних зон сприяє активному використанню міських просторів і підтримує соціальну взаємодію.

Особливе значення має організація переходів між приватними, напівпублічними та публічними просторами. Вхідні групи, атріуми, галереї, подвір'я та сходові простори забезпечують поступовий перехід між різними рівнями публічності, знижують психологічні бар'єри [9] та сприяють соціальній взаємодії. Подібні просторові рішення формують відчуття відкритості та включеності, що є ключовими показниками демократичної міської культури.

Поряд із демократичними принципами архітектура інтегрує універсальні та публічні цінності, зокрема екологічну відповідальність, соціальну

справедливість і орієнтацію на людину. У сучасній архітектурній практиці екологічно орієнтоване проєктування [10] набуває статусу базової професійної вимоги. Застосування енергоефективних рішень, пасивних і активних кліматичних стратегій, локальних і відновлюваних матеріалів, елементів зеленої інфраструктури та адаптивних планувальних схем сприяє зменшенню екологічного навантаження та забезпечує раціональне використання природних ресурсів [7, 4].

Екологічні рішення одночасно виконують соціальну функцію, покращуючи мікроклімат, підвищуючи комфорт публічних просторів і стимулюючи перебування людей у міському середовищі [11]. Зелені зони, пішохідні простори, набережні та кліматично адаптовані громадські площі підтримують сталі сценарії використання міста та сприяють розвитку соціальної взаємодії (рис. 2).

Рис. 2. Взаємозв'язок екологічних і соціальних рішень в архітектурі (зобр. авторів)

Особливе місце в системі публічних цінностей займає якість архітектури соціальної інфраструктури. Просторова організація шкіл, медичних закладів, культурних центрів і адміністративних будівель визначає рівень доступності публічних послуг і впливає на символічне сприйняття органів влади. Архітектурне середовище, сформоване з урахуванням людського масштабу, інклюзивності та просторової гідності, підвищує відчуття належності до міської спільноти та відповідальності за спільний простір [3].

У межах концепції сталого розвитку архітектура виступає інструментом узгодження соціальних, економічних та екологічних інтересів. Інклюзивне

проєктування, орієнтоване на різні вікові, соціальні та фізичні групи населення, сприяє зменшенню просторової сегрегації та формуванню соціально стійких міських структур [12]. Громадські простори з багатофункціональними сценаріями використання стають платформами для громадянської активності, культурного обміну та самовираження.

Архітектурне проєктування сучасного міста передбачає застосування гнучких і трансформованих планувальних рішень. Модульні структури, універсальні простори та можливість змін функцій будівель дозволяють адаптувати середовище до змін соціальних потреб, демографічних процесів та кліматичних викликів. Подібний підхід забезпечує економію ресурсів і підтримує принципи сталого розвитку.

Соціальна стійкість міського середовища [13] значною мірою залежить від комплексної інтеграції функцій житла, публічних просторів і робочих зон. Поєднання житлових кварталів, об’єктів соціальної інфраструктури, рекреаційних зон і робочих місць у межах пішохідної доступності сприяє активному міському життю, зменшенню транспортних навантажень та підвищенню якості повсякденного середовища.

В умовах післякризового та повоєнного відновлення [14, 15] архітектура виконує стратегічну функцію просторової реабілітації суспільства [15, 16]. Відновлення громадських просторів, соціальних об’єктів і житлового середовища має бути спрямоване на відновлення соціальних зв’язків, формування відчуття безпеки та просторової гідності. Продумані просторові рішення сприяють формуванню довіри та поверненню активного міського життя [17].

Таким чином, архітектура сучасного міста постає як комплексний просторовий механізм, що поєднує функціональні, соціальні та ціннісні аспекти розвитку. Через продуману організацію архітектурного середовища забезпечується підтримка демократичних процесів, формування сталих міських структур і створення умов для довготривалої соціальної інтеграції.

Висновки. Архітектура є ключовим просторовим інструментом формування демократичного та сталого міського середовища, оскільки здатна матеріалізувати публічні, соціальні та універсальні цінності у фізичній структурі міста. Через архітектурні рішення реалізуються принципи відкритості, доступності, соціальної справедливості та екологічної відповідальності.

Інтеграція демократичних і сталих підходів у процес архітектурного й містобудівного проєктування сприяє підвищенню якості життя, зміцненню соціальної довіри та активізації громадянської участі. Архітектурне середовище

в цьому контексті виступає не пасивним фоном, а активним фактором соціальних змін і просторової справедливості.

Для сучасної архітектурної практики особливо важливим є перехід від формально-функціонального підходу до ціннісно орієнтованого проєктування, у межах якого архітектор несе відповідальність не лише за естетичні та технічні параметри об'єкта, а й за його соціальний, екологічний і символічний вплив. В умовах відновлення та розвитку міст такий підхід стає необхідною передумовою формування інклюзивного, безпечного та просторово стійкого міського середовища.

Список джерел

1. Jacobs J. The Death and Life of Great American Cities. New York: Random House, 1961. 474 p.
2. Gehl J. Cities for People. Washington: Island Press, 2010. 280 p.
3. Harvey D. Social Justice and the City. London: Edward Arnold, 1973. 174 p.
4. UN-Habitat. World Cities Report. United Nations, 2022. 422 p.
5. World Values Survey Association. World Values Survey Documentation. Madrid, 2023. URL: https://www.worldvaluessurvey.org/WVSNewsShowMore.jsp?evYEAR=2023&evMONTH=-1 (дата звернення 11.01.2026).
6. Rawls J. A Theory of Justice. Cambridge: Harvard University Press, 1971. 29 p.
7. Newman P., Kenworthy J. Sustainability and Cities. Washington: Island Press, 1999. 442p.
8. Сталий розвиток міст і громад. URL: https://sdg.ukrstat.gov.ua/uk/11/ (дата звернення 13.01.2026).
9. Abdallah Y.K. Designing for special neurological conditions: Architecture design criteria for anti-misophonia and anti-ADHD spaces for enhanced user experience, Architecture. 2025, 5(4): 85 p. DOI: https://doi.org/10.3390/architecture5040085.
10. Radha, Chro Hama. Biophilic Design Approach for Improving Human Health in the Built Environment. International Transaction Journal of Engineering, Management, Applied Sciences & Technologies. 2022, 13 (9): 1–12 pp. DOI: https://doi.org/10.14456/ITJEMAST.2022.188
11. Elazab, E., Eltawil, A. Bridging the gap between neuroarchitecture, artificial intelligence, and sustainability: A systematic review of mental health in the built environment. JES: Journal of Engineering Sciences. 53(5), 688–705 pp. DOI: https://doi.org/10.21608/jesaun.2025.364554.1438
12. Qiu, N., Zhang, T., Cheng, J. Examining the impact of spatial accessibility to rehabilitation facilities on the degree of disability: A heterogeneity perspective. SSM – Population Health. 23(4): 101489. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ssmph.2023.101489.
13. Шліпченко, С., Тищенко, І. (Ред.). (Не) задоволення публічними просторами: Урбаністичні студії ІІІ. Київ: Всесвіт. 2016. 339с. ISBN 978-966-8439-35-3.
14. Sadique, A. Architecture After War' posits a guide for post-war reconstruction in Ukraine. STIRworld, Apr. 18, 2009. URL: https://www.stirworld.com/think-books-and-movies-architecture-after-war-posits-a-guide-for-post-war-reconstruction-in-ukraine (дата звернення 25.01.2026).
15. Moughtin, J.C., McMahon Moughtin, K., Signoretta, P. Urban design: Health and the therapeutic environment. Elsevier/Architectural Press. 2009. ISBN 978-1-85617-614-9. DOI: https://doi.org/10.4324/9780080885377.

16. Yakubu, P. Social rehabilitation: Exploring community involvement in architectural restoration. ArchDaily, Mar. 19, 2024. URL: https://www.archdaily.com/1014640/social%E2%80%91rehabilitation%E2%80%91exploring%E2%80%91community%E2%80%91involvement%E2%80%91in%E2%80%91architectural%E2%80%91restoration (дата звернення 25.01.2026).

17. Макуха О. Соціальна інклюзія як важливий аспект інноваційного розвитку в просторовому плануванні. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Просторове планування для майбутнього України», Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 26 трав. 2023. – С. 70–73. URL: https://reposit.nupp.edu.ua/bitstream/PoltNTU/12876/1/zbirnyk%2026%20трав%202023-70-73.pdf (дата звернення 25.01.2026).

18. Планування та забудова територій. Зміна №1: ДБН Б.2.2-12:2019. Київ: Мінрегіон України: Державне підприємство «Укрхбудінформ», 2025. 197 с. (Нормативний документ Держкоммістобудування України).

19. Інклюзивність будівель і споруд. Основні положення. Зміна №2: ДБН В.2.2-40:2018. – Київ: Міністерство розвитку громад та територій України: «Мінінфраструктури», 2024. – 51 с. (Нормативний документ Держкоммістобудування України).

20. Пожежна безпека об’єктів будівництва. Загальні вимоги: ДБН В.1.1-7:2016. – Київ: Мінрегіон України: Державне підприємство «Укрхбудінформ», 2017. – 41 с. (Нормативний документ Держкоммістобудування України).

21. Захисні споруди цивільного захисту. Зміна №2: ДБН В.2.2-5:2023. – Київ: Мінінфраструктури України: Міністерство розвитку громад, територій та інфраструктури України, 2023. – 115 с. (Нормативний документ Держкоммістобудування України).

22. Захист території, будинків і споруд від шуму: ДБН В.1.1-31:2013. Київ: Мінрегіон України: Державне підприємство «Укрхбудінформ», 2013. 75 с. (Нормативний документ Держкоммістобудування України).

PhD in Architecture, Associate Professor **Olha Homon,**
Kyiv National University of Construction and Architecture,
PhD in Architecture, Associate Professor **Oleksandra Pantiukhina,**
Pryazovskyi State Technical University

ARCHITECTURE AS A CARRIER OF PUBLIC AND DEMOCRATIC VALUES IN THE CONTEXT OF SUSTAINABLE URBAN DEVELOPMENT

The paper focuses on the interpretation of architecture as an active spatial carrier of public and democratic values within the framework of sustainable urban development. The city is considered a complex socio-spatial structure in which architectural objects and public spaces shape everyday patterns of use, influencing the level of social inclusion, openness, safety, and overall quality of urban life. It is emphasized that architecture extends beyond purely functional and aesthetic tasks and acquires the role of an instrument of spatial organization of social processes, capable of reflecting and supporting democratic and universal values.

Attention is drawn to the insufficient integration of public, democratic, and sustainability principles in contemporary architectural and urban planning practice. It

is demonstrated that planning and spatial solutions directly affect the nature of social interaction, the level of civic activity, and trust in the urban environment, and may either promote spatial integration or create conditions for segregation and social exclusion. Particular importance is attributed to public spaces, social infrastructure facilities, and residential environments as physical carriers of the principles of openness, accessibility, equality, and safety.

The paper outlines architectural and planning approaches to the implementation of democratic values through open and legible spatial structures, barrier-free environments, human-scale design, a clear hierarchy of public and semi-public spaces, and a well-considered organization of transitions between different levels of publicness. The role of environmentally oriented design, inclusivity, multifunctionality, and flexible planning solutions is substantiated as integral components of a sustainable urban environment. It is shown that climate-adaptive and environmentally responsible solutions simultaneously enhance spatial comfort and the quality of public life.

Special emphasis is placed on the role of architecture in the context of urban transformation, post-crisis, and post-war recovery, where spatial decisions acquire strategic importance for the restoration of social ties, spatial justice, and human dignity. In conclusion, the necessity of a shift from a formal-functional approach to a holistic, value-oriented approach in architectural practice is emphasized, within which architecture acts as an active factor in shaping a democratic, inclusive, and sustainable urban environment.

Keywords: architecture; democracy; public values; sustainable development; urban environment; public space; social resilience; environmental responsibility.

REFERENCES

1. Jacobs J. (1961). The Death and Life of Great American Cities. New York: Random House, 1961. 474 p. {in English}
2. Gehl J. (2010). Cities for People. Washington: Island Press, 2010. 280 p. {in English}
3. Harvey D. (1973). Social Justice and the City. London: Edward Arnold, 1973. 174 p. { in English }
4. UN-Habitat. (2022). World Cities Report. United Nations, 2022. 422 p. { in English }
5. World Values Survey Association. (2023). World Values Survey Documentation. Madrid, 2023. URL: https://www.worldvaluessurvey.org/WVSNewsShowMore.jsp?evYEAR=2023&evMONTH=-1 (date of access:11.01.2026). { in English }

6. Rawls J. (1971). A Theory of Justice. Cambridge: Harvard University Press, 1971. 29 p. { in English }

7. Newman P., Kenworthy J. (1999). Sustainability and Cities. Washington: Island Press, 1999. 442 p. {in English}

8. Stalyy rozvytok mist i hromad. [Sustainable development of cities and communities]. URL: https://sdg.ukrstat.gov.ua/uk/11/ (date of access:11.01.2026). {in Ukrainian}

9. Abdallah Y. K. (2025). Designing for special neurological conditions: Architecture design criteria for anti-misophonia and anti-ADHD spaces for enhanced user experience, Architecture. 2025, *5*(4): 85 p. DOI: https://doi.org/10.3390/architecture5040085. {in English}

10. Radha, Chro Hama. (2022). Biophilic Design Approach for Improving Human Health in the Built Environment. International Transaction Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies. 2022, 13 (9): 1 – 12 pp. DOI: https://doi.org/10.14456/ITJEMAST.2022.188. {in English}

11. Elazab, E., Eltawil, A. (2025). Bridging the gap between neuroarchitecture, artificial intelligence, and sustainability: A systematic review of mental health in the built environment. JES: Journal of Engineering Sciences. 53(5), 688–705 pp. DOI: https://doi.org/10.21608/jesaun.2025.364554.1438. {in English}

12. Qiu, N., Zhang, T., Cheng, J. (2023). Examining the impact of spatial accessibility to rehabilitation facilities on the degree of disability: A heterogeneity perspective. SSM – Population Health. 23(4): 101489. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ssmph.2023.101489. {in English}

13. *Shlipchenko, S., Tyshchenko, I. (Red.). (2016). (Ne) zadovolennya publichnymy prostoramy: Urbanistychni studiyi III. [(Dis) satisfaction with Public Spaces: Urban Studies III.]: Kyyiv: Vsesvit. 2016. 339 c. ISBN 978-966-8439-35-3.* {in Ukrainian}

14. Sadique, A. (2025). Architecture After War' posits a guide for post-war reconstruction in Ukraine. STIRworld, 18 April. URL: https://www.stirworld.com/think-books-and-movies-architecture-after-war-posits-a-guide-for-post-war-reconstruction-in-ukraine (date of access: 25.01.2026). {in English}

15. Moughtin, J. C., McMahon Moughtin, K., Signoretta, P. (2009). Urban design: Health and the therapeutic environment. Elsevier/Architectural Press. 2009. ISBN 978-1-85617-614-9. DOI: https://doi.org/10.4324/9780080885377. {in English}

16. Yakubu, P. (2024). Social rehabilitation: Exploring community involvement in architectural restoration. ArchDaily, 19 March. URL: https://www.archdaily.com/1014640/social%E2%80%91rehabilitation%E2%80%91e

xploring%E2%80%91community%E2%80%91involvement%E2%80%91in%E2%80%91architectural%E2%80%91restoration (date of access: 25.01.2026). {in English}

17. Makukha O. (2023). Sotsial'na inklyuziya yak vazhlyvyy aspekt innovatsiynoho rozvytku v prostorovomu planuvanni. [Social inclusion as an important aspect of innovative development in spatial planning]. Materialy Vseukrayins'koyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi «Prostorove planuvannya dlya maybutn'oho Ukrayiny», Natsional'nyy universytet «Poltavs'ka politekhnika imeni Yuriya Kondratyuka», 26 traven'. – S. 70–73. URL: https://reposit.nupp.edu.ua/bitstream/PoltNTU/12876/1/zbirnyk%2026%20trav%202023-70-73.pdf (date of access: 25.01.2026). {in Ukrainian}

18. Planuvannya ta zabudova terytoriy. Zmina №1 (2025) [Planning and development of territories. Amendment No. 1]: DBN B.2.2-12:2019. Kyyiv: Minrehion Ukrayiny: Derzhavne pidpryyemstvo «Ukrkhbudinform», 2025. 197 s. (Normatyvnyy dokument Derzhkommistobuduvannya Ukrayiny). {in Ukrainian}

19. Inklyuzyvnist′ budivel′ i sporud. Osnovni polozhennya. Zmina №2 (2024). [Inclusiveness of buildings and structures. Main provisions. Amendment No. 2]: DBN V.2.2-40:2018. – Kyyiv: Ministerstvo rozvytku hromad ta terytoriy Ukrayiny: «Mininfrastruktury», 2024. – 51 s. (Normatyvnyy dokument Derzhkommistobuduvannya Ukrayiny). {in Ukrainian}

20. Pozhezhna bezpeka ob″yektiv budivnytstva. Zahal′ni vymohy (2016). [Fire safety of construction objects. General requirements]: DBN V.1.1-7:2016. – Kyyiv: Minrehion Ukrayiny: Derzhavne pidpryyemstvo «Ukrbudinform», – 41 s. (Normatyvnyy dokument Derzhkommistobuduvannya Ukrayiny). {in Ukrainian}

21. Zakhysni sporudy tsyvil′noho zakhystu. Zmina №2 (2023). [Civil defense protective structures. Amendment No. 2]: DBN V.2.2-5:2023. – Kyyiv: Mininfrastruktury Ukrayiny: Ministerstvo rozvytku hromad, terytoriy ta infrastruktury Ukrayiny, 2023. – 115 s. (Normatyvnyy dokument Derzhkommistobuduvannya Ukrayiny). {in Ukrainian}

22. Zakhyst terytoriyi, budynkiv i sporud vid shumu (2013). [Protection of the territory, buildings and structures from noise]: DBN V.1.1-31:2013. Kyyiv: Minrehion Ukrayiny: Derzhavne pidpryyemstvo «Ukrkhbudinform», 2013. 75 s. (Normatyvnyy dokument Derzhkommistobuduvannya Ukrayiny). {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2786-7269.2026.17.56-75
УДК 711.4:72.01:502.131.1:340.13
доктор філософії, доцент **Жирак Р.М.,**
ruslan.zhyrak@ukd.edu.ua, ORCID: 0000-0002-3051-5457,
доктор філософії **Огоньок Ю.В.,**
yurii.ohonok@ukd.edu.ua, ORCID: 0009-0004-3976-8970,
к.х.н., доцент **Шевчук М.О.,**
myroslava.shevchuk@ukd.edu.ua, ORCID: 0000-0003-0362-6378,
ЗВО «Університет Короля Данила»

МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ МІСТОБУДІВНИХ СИСТЕМ У КОНТЕКСТІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ТА ВИМОГ ЧИННОГО ЗАКОНОДАВСТВА

Розглянуто актуальні підходи до оптимізації містобудівних рішень в умовах зростання просторової складності урбанізованих територій та підвищення вимог до доказовості просторового планування. Обґрунтовано перехід від переважно «одноваріантного» проєктування до процедурного порівняння альтернатив, у якому містобудівна документація трактується як інструмент управління територіальним розвитком. Концептуальною основою дослідження є системне розуміння міста як багаторівневого просторового утворення та необхідність кількісного оцінювання параметрів міського середовища (щільність, доступність, інженерна забезпеченість, екологічні обмеження). Показано роль геоінформаційних технологій та інфраструктури геопросторових даних у формуванні цифрових моделей територій і верифікації планувальних рішень на базі індикаторів та просторових метрик. Окремо проаналізовано нормативно-правову «рамку здійсненності» оптимізаційних процедур і процедурну інтеграцію екологічних критеріїв через механізми стратегічної екологічної оцінки та оцінки впливу на довкілля. Визначено значення цифровізації для відтворюваності рішень і узгодженості даних, а також окреслено вплив матеріально-конструктивних інновацій на морфологію, щільність і висотність забудови. Результати формують міждисциплінарну основу застосування багатокритеріальних методів у сучасній містобудівній практиці та надають підґрунтя для підвищення обґрунтованості управлінських рішень у громадах.

Ключові слова: містобудівні системи; просторове планування; оптимізація містобудівних рішень; нормативно-правове регулювання; екологічна експертиза; урбаністика; сучасні матеріали в будівництві; сучасні проблеми архітектури та містобудування; сталий розвиток.

Вступ. *Актуальність проблематики.* Сучасний етап розвитку містобудування в Україні характеризується ускладненням функціонально-планувальної структури урбанізованих територій та підвищенням вимог до наукової обґрунтованості просторових рішень. У цих умовах ефективність просторового планування визначається не лише дотриманням традиційних принципів планувальної організації, але й здатністю містобудівної документації виконувати функції інструменту управління територіальним розвитком. Варто наголосити, що у працях М. Дьоміна містобудівні системи розглядаються як складні багаторівневі просторові утворення, розвиток яких потребує застосування системних методів аналізу та моделювання територіальних процесів [7].

Подальший розвиток цієї методології пов'язується з переходом до кількісних методів оцінювання просторових параметрів міського середовища. У дослідженнях М. Габреля підкреслюється, що сучасні містобудівні системи необхідно аналізувати як комплекс взаємопов'язаних соціально-економічних, інфраструктурних і екологічних компонентів, що функціонують у межах єдиного територіального середовища [4]. Такий підхід зумовлює використання системи просторових індикаторів — щільності забудови, транспортної доступності, інженерної забезпеченості та екологічних обмежень — для оцінювання альтернативних варіантів розвитку територій.

У сучасних дослідженнях значна увага приділяється використанню геоінформаційних технологій як інструменту аналізу складних урбанізованих територій. Застосування геоінформаційних систем дозволяє інтегрувати картографічні, статистичні та містобудівні дані у єдине інформаційне середовище, що створює можливості для формування цифрових моделей міського середовища та оцінювання просторових характеристик територій. У роботах Р. Беспалька та Т. Гуцула підкреслюється, що використання геопросторових даних забезпечує можливість переходу від описового аналізу територій до кількісного моделювання просторового розвитку громад [2].

Важливим чинником формування сучасних підходів до оптимізації містобудівних систем є нормативно-правове регулювання містобудівної діяльності. Закон України «Про регулювання містобудівної діяльності» визначає правові засади підготовки містобудівної документації на державному, регіональному та місцевому рівнях та встановлює процедурні вимоги до планування територій [11]. Водночас сучасна практика просторового планування передбачає інтеграцію екологічних критеріїв у процес підготовки документів планування. Процедури стратегічної екологічної оцінки та оцінки впливу на довкілля забезпечують обов'язкове врахування екологічних наслідків реалізації містобудівних рішень, що підвищує обґрунтованість планувальних

рішень і сприяє формуванню збалансованого просторового розвитку територій [10, 12].

Окремий аспект сучасних містобудівних досліджень пов'язаний із впливом конструктивних систем і будівельних матеріалів на формування морфології міського середовища. У працях Н. Шебек підкреслюється, що архітектурна форма та просторові параметри забудови значною мірою визначаються конструктивними системами будівель і характеристиками будівельних матеріалів, які впливають на щільність, висотність та композиційну структуру міського середовища [15].

Водночас розвиток цифрових технологій у сфері архітектури та будівництва формує нові підходи до управління інформацією у процесах проєктування і планування. Міжнародний стандарт ISO 19650-1 визначає принципи організації інформації у середовищі інформаційного моделювання будівель (BIM) та регламентує процеси обміну даними протягом життєвого циклу об'єктів будівництва [20]. Використання інформаційного моделювання створює передумови для формування інтегрованих цифрових моделей територій і підвищує обґрунтованість містобудівних рішень у процесі просторового планування [21].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Сучасний науковий дискурс у сфері архітектури та містобудування демонструє поступовий перехід від традиційних описових підходів до аналізу міських територій до застосування формалізованих методів оцінювання та порівняння альтернативних сценаріїв просторового розвитку. У межах цієї трансформації оптимізація містобудівних систем розглядається як складний багатокритеріальний процес, що поєднує просторовий аналіз, оцінювання функціонально-планувальних параметрів територій, врахування екологічних і правових обмежень, а також використання цифрових технологій моделювання міського середовища. У сучасних дослідженнях наголошується, що ефективність просторового планування значною мірою залежить від здатності інтегрувати різнорідні дані — соціально-економічні, інфраструктурні, екологічні та просторові — у єдину аналітичну систему, яка забезпечує обґрунтований вибір планувальних рішень на основі системи критеріїв та індикаторів територіального розвитку [4].

Одним із ключових напрямів сучасних досліджень є використання геопросторових даних як інформаційної основи містобудівного аналізу. У наукових працях, присвячених формуванню інфраструктури геопросторових даних, підкреслюється, що інтеграція кадастрової, топографічної, інженерної та містобудівної інформації в єдині цифрові бази даних створює передумови для переходу від традиційного описового аналізу територій до використання кількісних методів оцінювання параметрів просторового розвитку. Зокрема, у

дослідженнях Ю. Карпінського та ін., обґрунтовано роль національної інфраструктури геопросторових даних як важливого інструменту інформаційного забезпечення управління територіальним розвитком, що дозволяє інтегрувати різнорідні геопросторові дані та використовувати їх для аналізу параметрів забудови, інженерної інфраструктури й функціонального використання територій на основі цифрових просторових моделей [8].

Подальший розвиток цього підходу пов'язаний із впровадженням геоінформаційних технологій у практику просторового планування та містобудівного аналізу. У дослідженнях Р. Беспалька та Т. Гуцула показано, що використання GIS-технологій і геопросторових баз даних забезпечує можливість комплексного аналізу територій, моделювання просторових процесів і підвищення обґрунтованості управлінських рішень у сфері територіального планування [2].

Важливою умовою достовірності містобудівного аналізу є забезпечення просторової точності геоданих, що використовуються у процесі планування територій. У дослідженнях Ю. Карпінського та ін., присвячених формуванню національної інфраструктури геопросторових даних і використанню геоінформаційних технологій, наголошується на необхідності забезпечення сумісності геопросторових даних, отриманих із різних джерел, та їх приведення до єдиних стандартів координатних систем [8]. Використання сучасних геоінформаційних систем дає змогу інтегрувати різні геопросторові шари, забезпечуючи коректний просторовий аналіз територій, зокрема визначення просторових обмежень, формування буферних зон та оцінювання параметрів забудови й транспортної доступності. Такий підхід є важливою передумовою ефективного використання геопросторових даних у системах просторового планування та управління територіальним розвитком.

У сучасних дослідженнях значну увагу приділяють також кількісному аналізу транспортної доступності як одному з ключових параметрів функціонально-планувальної структури міста. Використання відкритих геопросторових даних, зокрема баз OpenStreetMap, у поєднанні з інструментами просторового аналізу дозволяє формувати карти ізохрон і визначати часову доступність міських функцій. У роботі В. Третяка показано, що використання баз даних PostgreSQL та алгоритмів обробки просторових даних дає можливість формалізувати показники транспортної доступності й використовувати їх як критерії оцінювання альтернативних варіантів розвитку міських територій [13].

Суміжним напрямом досліджень є аналіз ефективності функціонування систем міського громадського транспорту, що розглядається як важливий елемент формування функціонально-планувальної структури міста. У роботі О.

Ващинської та А. Даниленка, присвяченій організації громадського транспорту в місті Одеса, проаналізовано структуру пасажиропотоків, особливості функціонування маршрутної мережі та параметри транспортного обслуговування населення. Отримані результати дозволяють використовувати показники мобільності населення, інтенсивності пасажирських потоків та рівня доступності громадського транспорту як кількісні індикатори для оцінювання альтернативних сценаріїв просторового розвитку міських територій [3].

Важливим напрямом сучасних містобудівних досліджень є також формалізація процесу вибору планувальних рішень на основі системи економічних та екологічних критеріїв. У роботі А. Банаха, В. Банаха, О. Фостащенко, О. Федченока та Л. Полікарпової запропоновано підхід до економіко-екологічного оцінювання альтернативних варіантів планування територій і їх інженерної підготовки під забудову [1]. У дослідженні наведено розрахункові показники витрат на реконструкцію інфраструктури, зокрема частку витрат на відновлення вулично-дорожньої мережі на рівні близько 30 % первісної вартості та інженерних мереж — близько 20 %, що дозволяє перевести процес вибору містобудівних рішень у формалізовану систему оцінювання альтернатив [1].

Водночас оптимізація містобудівних систем у сучасному правовому полі безпосередньо пов’язана з урахуванням еколого-просторових обмежень. У дослідженні Р. Беспалька та Т. Гуцула наведено узагальнені дані щодо структури гідрографічної мережі України, яка налічує понад 63 тис. річок і струмків, а також підкреслено проблему актуальності картографічної основи, оскільки значна частина топографічних карт є застарілою. Це має принципове значення для містобудівного аналізу, оскільки визначення водоохоронних зон, прибережних захисних смуг та інших природоохоронних територій безпосередньо залежить від точності геопросторових даних [2].

Екологічний компонент просторового планування посилюється також законодавчими вимогами. Закон України «Про стратегічну екологічну оцінку» передбачає обов’язкове оцінювання екологічних наслідків реалізації документів державного планування та аналіз альтернативних варіантів розвитку територій, що фактично інтегрує екологічні критерії у систему прийняття містобудівних рішень [12]. Паралельно Закон України «Про оцінку впливу на довкілля» встановлює процедури оцінювання екологічних наслідків окремих видів господарської діяльності, що робить екологічні параметри невід’ємною складовою реалізації просторових сценаріїв розвитку [10].

У сучасних архітектурних дослідженнях важливу роль відіграє також аналіз впливу матеріально-конструктивних характеристик будівель на формування архітектурно-просторових параметрів забудови. У роботі Й. Голик

підкреслюється, що властивості будівельних матеріалів і конструктивних систем безпосередньо визначають можливості архітектурного формотворення та впливають на параметри просторової організації будівель, зокрема їх висотність, пролітні схеми та характеристики огороджувальних конструкцій [5].

У ширшому європейському контексті методологія оптимізації містобудівних систем розвивається в межах концепції інтегрованого сталого розвитку міст. У документі New Leipzig Charter наголошується на необхідності комплексного підходу до міського розвитку, що поєднує просторові, соціально-економічні та екологічні аспекти планування [25]. Такий підхід передбачає використання багатокритеріальних методів оцінювання альтернатив розвитку територій і формує міждисциплінарну основу сучасної містобудівної практики.

Поширення цифрових методів у сфері просторового планування також пов'язане з розвитком міжнародних стандартів управління інформацією у будівельній галузі. Зокрема, стандарт ISO 19650-1 визначає принципи організації, структурування та обміну інформацією у середовищі інформаційного моделювання будівель (BIM) протягом усього життєвого циклу об'єктів [20]. У містобудівному контексті це сприяє формуванню інтегрованих цифрових моделей територій, які забезпечують узгодженість інформації між різними рівнями просторового аналізу — від територіального планування до рівня окремих архітектурних об'єктів та інженерної інфраструктури.

Виклад матеріалу. ***І. Просторова складність урбанізованих територій та використання геопросторових даних у процесі оптимізації містобудівних систем.*** Сучасні урбанізовані території характеризуються високим рівнем просторової складності, що зумовлено багатокомпонентністю міського середовища та інтенсивною взаємодією функціональних, транспортних, інженерних і природно-ландшафтних елементів. У таких умовах місто розглядається як складна просторово-організаційна система, в якій взаємодіють різнорівневі підсистеми – житлова, громадська, виробнича, рекреаційна та інфраструктурна. Зростання складності урбанізованих територій пов'язане з підвищенням щільності забудови, розширенням транспортної інфраструктури та зростанням функціональної різноманітності міського простору, що значно ускладнює процеси просторового планування та управління розвитком територій [17].

Однією з ключових характеристик сучасної урбанізації є трансформація функціонально-просторової структури міст. У сучасній містобудівній практиці спостерігається перехід від жорстких моделей функціонального зонування до інтегрованих моделей використання територій, у яких житлова забудова, громадські функції та рекреаційні простори формують комплексні урбаністичні

середовища. Такі трансформації потребують використання нових методів аналізу міських систем, що дозволяють враховувати складні просторові взаємозв'язки між різними компонентами міського середовища. У сучасних дослідженнях просторового розвитку міст підкреслюється, що складність урбанізованих систем зумовлює необхідність застосування системних і цифрових інструментів аналізу територій, здатних інтегрувати великі обсяги просторових даних та моделювати різні сценарії розвитку міського середовища [22].

Важливу роль у формуванні просторової структури міст відіграє транспортний каркас урбанізованої території, який забезпечує функціональні зв'язки між різними частинами міста та визначає конфігурацію планувальної структури. Просторова організація транспортної мережі впливає на формування центрів економічної активності, щільність забудови та характер використання територій. Саме тому аналіз транспортної доступності та просторових зв'язків між функціональними зонами міста є одним із ключових завдань сучасних містобудівних досліджень [22].

Зростання складності міських систем зумовлює активне використання цифрових технологій у процесі містобудівного аналізу. Одним із найбільш ефективних інструментів просторового аналізу є геоінформаційні системи (GIS), які дозволяють інтегрувати різнорідні джерела просторових даних – топографічні карти, кадастрову інформацію, статистичні показники, результати дистанційного зондування Землі та супутникові знімки – у єдину інформаційну систему. Використання таких технологій забезпечує можливість комплексного аналізу урбанізованих територій і формування цифрових моделей міського середовища [26].

Дослідження застосування геоінформаційних систем у містобудуванні підтверджують, що інтеграція GIS-технологій із даними дистанційного зондування та кадастровими базами даних значно підвищує точність просторового аналізу та ефективність управління територіальним розвитком. Зокрема, у дослідженні, присвяченому створенню спеціалізованої геоінформаційної системи для аналізу міських територій, показано, що використання цифрових просторових моделей дозволяє виявляти дисбаланси у розвитку міського середовища та оптимізувати функціональну структуру урбанізованих територій [9].

Важливим напрямом розвитку геоінформаційного аналізу є створення цифрових моделей урбанізованих територій, які дозволяють оцінювати параметри міського середовища у кількісному вимірі. Геоінформаційні моделі можуть використовуватися для аналізу щільності забудови, структури транспортної мережі, функціонального використання територій, доступності

соціальної інфраструктури та екологічних характеристик міського середовища. У сучасних дослідженнях доведено, що використання цифрових геоінформаційних моделей дозволяє створювати сценарії просторового розвитку територій і проводити їх порівняльний аналіз на основі системи містобудівних та соціально-економічних індикаторів [13].

Окремим напрямом розвитку геопросторових технологій є формування національних інфраструктур геопросторових даних. Створення таких систем дозволяє інтегрувати інформацію про земельні ресурси, кадастрові дані, інженерну інфраструктуру та містобудівну документацію в єдине інформаційне середовище. Дослідження функціонування національної інфраструктури геопросторових даних в Україні показують, що використання таких систем суттєво підвищує прозорість управління земельними ресурсами та ефективність просторового планування територій [8].

Крім того, сучасні технології дистанційного зондування Землі, аерофотознімання та лазерного сканування (LiDAR) дозволяють створювати високоточні тривимірні моделі міського середовища, що використовуються для аналізу параметрів забудови, моделювання транспортних потоків та оцінювання впливу містобудівних трансформацій на природне середовище. Інтеграція таких даних у геоінформаційні системи значно підвищує точність картографічного забезпечення містобудівної документації та дозволяє здійснювати більш детальний аналіз урбанізованих територій [23].

Одним із найбільш перспективних підходів до аналізу урбанізованих територій є використання багатокритеріального просторового аналізу (Multi-Criteria Decision Analysis, MCDA). Цей підхід дозволяє оцінювати альтернативні варіанти планувальних рішень на основі сукупності критеріїв, що включають містобудівні, екологічні, соціально-економічні та інфраструктурні параметри території. У сучасних дослідженнях показано, що поєднання геоінформаційних систем із методами багатокритеріального аналізу дозволяє створювати ефективні системи підтримки прийняття містобудівних рішень, які враховують просторову неоднорідність територій та дозволяють визначати найбільш раціональні варіанти їх розвитку [24].

Використання багатокритеріального аналізу у поєднанні з геоінформаційними технологіями забезпечує можливість формування альтернативних сценаріїв розвитку урбанізованих територій та їх порівняльної оцінки на основі комплексної системи показників. Такий підхід дозволяє враховувати не лише планувальні параметри території, але й екологічні обмеження, транспортну доступність, рівень інженерного забезпечення та соціально-економічні характеристики територій. У результаті геопросторові технології стають ключовим інструментом оптимізації містобудівних систем,

оскільки дозволяють здійснювати комплексний аналіз територіальних процесів і забезпечують більш обґрунтоване прийняття просторових рішень [19].

Таким чином, сучасні урбанізовані території слід розглядати як складні просторові системи, управління розвитком яких потребує використання інтегрованих цифрових інструментів аналізу. Поєднання системного підходу до дослідження містобудівних процесів із можливостями геоінформаційних технологій та багатокритеріального аналізу створює методологічну основу для оптимізації містобудівних систем і формування ефективних моделей просторового розвитку урбанізованих територій [24].

ІІ. Нормативно-правові та екологічні засади оптимізації містобудівних рішень у системі просторового планування. Оптимізація містобудівних рішень у сучасній системі просторового планування нерозривно пов'язана з нормативно-правовими механізмами регулювання територіального розвитку та обов'язковими екологічними процедурами оцінювання наслідків планувальної діяльності. У національній практиці просторового планування процес формування містобудівних рішень відбувається в межах чітко визначеної законодавчої системи, що регламентує підготовку містобудівної документації, визначає допустимі параметри забудови та встановлює екологічні обмеження використання територій. Оптимізація планувальних рішень у містобудуванні фактично здійснюється в умовах нормативно визначеного простору допустимих альтернатив, у межах якого необхідно знайти найбільш ефективний варіант розвитку території [7].

Ключову роль у формуванні нормативної основи містобудівної діяльності відіграє Закон України «Про регулювання містобудівної діяльності», який визначає правові та організаційні засади планування та забудови територій, структуру містобудівної документації та процедури її розроблення і затвердження [11]. Згідно з цим законом, містобудівна документація розглядається як система планувальних документів, що визначають функціональне призначення територій, параметри забудови, інженерну та транспортну інфраструктуру, а також режими використання земель. У цьому контексті оптимізація містобудівних рішень має здійснюватися з урахуванням законодавчо встановлених вимог щодо щільності забудови, функціонального зонування територій, санітарно-гігієнічних та екологічних обмежень, а також транспортної доступності та інженерної забезпеченості територій [11].

Важливим елементом нормативного забезпечення містобудівного планування є державні будівельні норми, які визначають основні містобудівні параметри забудови. Зокрема, ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування та забудова територій» встановлює вимоги до функціонально-планувальної організації територій, щільності житлової забудови, розміщення об'єктів соціальної

інфраструктури, транспортного забезпечення та екологічних обмежень використання територій [6]. У межах процесу оптимізації містобудівних рішень ці нормативні вимоги виконують функцію системи обмежень, що визначають допустимі межі параметрів забудови та формують основу для порівняння альтернативних планувальних сценаріїв.

Сучасна система просторового планування також передбачає інтеграцію екологічних критеріїв у процес формування містобудівних рішень. Одним із ключових інструментів такої інтеграції є процедура стратегічної екологічної оцінки (СЕО), що застосовується до документів державного планування, включаючи містобудівну документацію. Закон України «Про стратегічну екологічну оцінку» передбачає проведення комплексного аналізу можливих екологічних наслідків реалізації планувальних рішень ще на етапі їх розроблення. Метою СЕО є забезпечення врахування екологічних факторів під час підготовки документів просторового планування та запобігання негативному впливу планованої діяльності на довкілля [12].

Процедура стратегічної екологічної оцінки передбачає аналіз альтернативних варіантів розвитку території, визначення потенційних екологічних ризиків та формування рекомендацій щодо мінімізації негативних впливів на довкілля. Таким чином, СЕО фактично виступає одним із інструментів оптимізації містобудівних рішень, оскільки забезпечує порівняльний аналіз різних планувальних сценаріїв із урахуванням екологічних критеріїв. У сучасній практиці просторового планування результати стратегічної екологічної оцінки використовуються для коригування планувальних рішень, уточнення функціонального використання територій та визначення екологічних обмежень забудови [12].

Додатковим механізмом екологічного контролю у системі просторового планування є процедура оцінки впливу на довкілля (ОВД), що застосовується до конкретних видів планованої діяльності. Закон України «Про оцінку впливу на довкілля» визначає порядок оцінювання можливих екологічних наслідків реалізації проєктів, які можуть мати значний вплив на природне середовище. На відміну від стратегічної екологічної оцінки, яка застосовується до планувальних документів, процедура ОВД спрямована на аналіз екологічних наслідків реалізації конкретних інвестиційних проєктів і дозволяє оцінити їх вплив на природні ресурси, атмосферне повітря, водні об’єкти, біорізноманіття та здоров’я населення [10].

Інтеграція екологічних процедур у систему просторового планування створює можливість включення екологічних критеріїв у систему оцінювання альтернатив розвитку територій. У практиці містобудівного аналізу до таких критеріїв можуть належати показники якості атмосферного повітря, рівень

шумового навантаження, стан зелених насаджень, ризики підтоплення територій, стан водних ресурсів та інші екологічні параметри міського середовища. Врахування цих показників у процесі формування містобудівних рішень дозволяє підвищити екологічну обґрунтованість просторового розвитку територій і сприяє реалізації принципів сталого розвитку міст [18].

Важливою особливістю сучасної системи просторового планування є взаємозв'язок між нормативними вимогами та просторовими параметрами забудови. Нормативні документи визначають допустимі показники щільності забудови, поверховості будівель, мінімальні відстані між будівлями, рівень забезпеченості соціальною інфраструктурою, а також екологічні обмеження використання територій. Ці параметри формують основу для оцінювання альтернативних планувальних рішень і фактично визначають простір допустимих варіантів розвитку територій [4].

Отже, нормативно-правові та екологічні механізми відіграють ключову роль у процесі оптимізації містобудівних рішень. Законодавство у сфері містобудування визначає процедури підготовки містобудівної документації та встановлює основні параметри використання територій, тоді як екологічні процедури забезпечують інтеграцію природоохоронних критеріїв у систему просторового планування. Поєднання нормативно-правових вимог із інструментами екологічного оцінювання створює основу для формування більш обґрунтованих і збалансованих містобудівних рішень, що відповідають принципам сталого розвитку урбанізованих територій [25].

III. Цифровізація містобудівного планування та вплив сучасних конструктивних систем і матеріалів на параметри забудови

Цифрова трансформація процесів просторового планування є одним із ключових напрямів розвитку сучасного містобудування. Зростання складності урбанізованих територій, необхідність інтеграції різнорідних просторових даних та підвищення вимог до обґрунтованості планувальних рішень зумовлюють активне впровадження цифрових технологій у практику містобудівного аналізу. У сучасних дослідженнях українських науковців підкреслюється, що цифрові інструменти просторового аналізу дозволяють перейти від традиційних описових методів планування до системного аналізу урбанізованих територій на основі кількісних показників та інтегрованих баз геопросторових даних. Зокрема, у працях, присвячених використанню геоінформаційних технологій у містобудівному плануванні, зазначається, що GIS-технології забезпечують можливість комплексного аналізу просторової структури міста, включаючи структуру землекористування, транспортну доступність, інженерну інфраструктуру та екологічні обмеження розвитку територій [26].

Застосування геоінформаційних систем у містобудуванні є важливим інструментом аналізу та управління просторовим розвитком територій. Геоінформаційні технології забезпечують інтеграцію картографічної інформації, статистичних даних, результатів дистанційного зондування Землі та матеріалів містобудівного і земельного кадастру в єдину інформаційно-аналітичну систему. Такий підхід створює можливість формування цифрових моделей урбанізованих територій, які використовуються для аналізу параметрів забудови, оцінювання транспортної доступності, прогнозування навантаження на інженерну інфраструктуру та визначення екологічних обмежень розвитку територій. У наукових дослідженнях підкреслюється, що використання геоінформаційних технологій у містобудівному плануванні забезпечує комплексний аналіз просторових даних, дозволяє інтегрувати різнорідні інформаційні ресурси та створює передумови для моделювання варіантів просторового розвитку територій і підвищення обґрунтованості містобудівних рішень [16].

Подальший розвиток цифрових технологій у містобудуванні пов’язаний із формуванням цифрових моделей міста та інтеграцією технологій інформаційного моделювання будівель (Building Information Modeling — BIM) у систему просторового планування. BIM-технології дозволяють створювати інтегровані інформаційні моделі забудови, які містять геометричні, конструктивні та інженерні характеристики будівель і можуть використовуватися протягом усього життєвого циклу об’єкта. У сучасних дослідженнях зазначається, що використання інформаційного моделювання дає можливість поєднати детальні дані про окремі будівлі з просторовими моделями міських територій, що відкриває нові можливості для аналізу морфологічної структури міста, оцінювання щільності забудови та прогнозування розвитку міських територій [21].

Важливим напрямом цифровізації містобудівної діяльності є впровадження міжнародних стандартів управління інформацією у сфері проєктування та будівництва. Одним із ключових нормативних документів у цій сфері є стандарт ISO 19650, який визначає принципи організації, структурування та обміну інформацією у BIM-середовищі протягом усього життєвого циклу об’єкта будівництва [20]. Використання стандартів інформаційного менеджменту сприяє узгодженню даних між різними рівнями просторового аналізу — від окремого архітектурного об’єкта до комплексних систем містобудівного планування.

Поряд із цифровізацією процесів планування важливим чинником трансформації міського середовища є розвиток сучасних архітектурно-конструктивних систем і будівельних технологій. Інновації у сфері

конструктивних рішень безпосередньо впливають на формування об'ємно-просторових характеристик забудови (зокрема на можливості перекриття великих прольотів, організацію внутрішніх просторів, параметри висотності та композиційні прийоми), що в підсумку відображається на морфології кварталів і силуеті міста. У вітчизняних дослідженнях акцентується, що сучасні архітектурно-конструктивні системи виступають інструментом організації об'ємно-просторової структури громадських будівель і розширюють проєктні можливості архітектурного формоутворення [14].

Застосування нових будівельних матеріалів та конструктивних технологій також впливає на морфологію урбанізованих територій. Зокрема, можливість перекриття значних прольотів, використання легких фасадних систем і розвиток модульних будівельних технологій сприяють формуванню більш гнучких планувальних структур міського середовища. Це дозволяє реалізовувати нові типи забудови, включаючи багатофункціональні комплекси, висотні житлові квартали та інтегровані громадські простори. У результаті технологічні інновації у сфері будівництва стають важливим фактором трансформації морфології міського середовища та формування нових моделей просторової організації урбанізованих територій.

Таким чином, цифровізація містобудівного планування та розвиток сучасних конструктивних систем і матеріалів істотно змінюють підходи до формування міського середовища. Використання геоінформаційних систем, цифрових моделей територій та інформаційного моделювання будівель дозволяє підвищити обґрунтованість планувальних рішень і забезпечити комплексний аналіз параметрів забудови. Одночасно технологічні інновації у сфері будівництва формують нові можливості для трансформації архітектурно-просторової структури міст, що потребує інтеграції інженерних, архітектурних і містобудівних підходів у процесі планування розвитку урбанізованих територій.

Висновки

1. Сучасна практика просторового планування в Україні функціонує в умовах зростання функціонально-планувальної та морфологічної складності урбанізованих територій, що вимагає переходу від традиційного «композиційно-схемного» проєктування до доказового обґрунтування рішень на основі даних, метрик і процедур порівняння альтернатив.

2. Оптимізація містобудівних систем у сучасному розумінні має трактуватися як процедура вибору збалансованого просторового сценарію за сукупністю взаємопов'язаних критеріїв (містобудівних, екологічних, соціально-економічних та інфраструктурних), а не як пошук «найкращої» схеми лише за одним параметром (наприклад, щільністю чи транспортом).

3. Упровадження геоінформаційних технологій, розвиток інфраструктури геопросторових даних і цифрових моделей територій формують методичну основу для переходу від описового планування до кількісного просторового аналізу. Це забезпечує перевірку планувальних рішень за показниками транспортної доступності, інженерної забезпеченості, екологічних обмежень і ризиків, а також дозволяє здійснювати варіантне моделювання територіального розвитку.

4. Формування ергатичних підходів (людина + цифрові інструменти) підсилює якість прийняття рішень, оскільки поєднує професійну експертизу з інструментами GIS-моделювання, варіантного аналізу та багатокритеріального порівняння. У межах такого підходу ключового значення набуває формалізація критеріїв, яка робить вибір сценарію відтворюваним і аргументованим у структурі містобудівної документації.

5. Нормативно-правове регулювання визначає умови реалізації оптимізаційних підходів у містобудівному плануванні: вимоги законодавства щодо підготовки містобудівної документації, а також процедури стратегічної екологічної оцінки та оцінки впливу на довкілля інтегрують екологічні критерії та просторові обмеження у систему порівняння альтернативних варіантів розвитку територій.

6. Вплив конструктивних систем і будівельних матеріалів на просторові параметри забудови є суттєвим і містобудівно релевантним: інновації в матеріально-конструктивній сфері змінюють допустимі показники висотності, щільності, конфігурації кварталів, силуету, а також мікрокліматичні й енергоефективні характеристики середовища. Тому матеріально-конструктивні параметри доцільно включати до оптимізаційної постановки задачі не як «технологічний додаток», а як фактор, що визначає можливості архітектурно-просторової трансформації.

7. Стандартизація управління інформацією (зокрема підходи серії ISO 19650 для BIM-середовища) підсилює прозорість і відтворюваність містобудівних рішень, забезпечуючи узгодженість даних між масштабними рівнями «територія—квартал—об’єкт—інфраструктура». Це створює передумови для інтегрованих цифрових моделей територій та підвищує керованість планувальних процесів.

Отже, найбільш придатними для сучасної української практики є методи оптимізації, що поєднують геопросторові дані, багатокритеріальні процедури, правові та екологічні обмеження і враховують матеріально-конструктивні параметри як частину просторового сценарію. Саме така інтегрована модель забезпечує обґрунтований вибір планувальних альтернатив у контексті сталого розвитку та чинного законодавства.

Використана література:

1. Банах А., Банах В., Фостащенко О., Федченок О., Полікарпова Л. Економічна та екологічна оцінка вибору варіанту розпланування та інженерної підготовки території під забудову. *Містобудування та територіальне планування*: *наук.-техн. зб*. Київ: КНУБА, 2021. Вип. 76. С. 3–13. https://doi.org/10.32347/2076-815x.2021.76.3-13.

2. Беспалько Р., Гуцул Т. Особливості генералізації лінійних гідрографічних об'єктів засобами ГІС-технологій. *Містобудування та територіальне планування*: *наук.-техн. зб.* Київ: КНУБА, 2021. Вип. 76. С. 14–27. https://doi.org/10.32347/2076-815x.2021.76.14-27.

3. Ващинська О., Даниленко А. Ефективність у міському громадському транспорті Одеси. *Містобудування та територіальне планування*: *наук.-техн. зб.* Київ: КНУБА, 2020. Вип. 73. С. 41–47. https://library.knuba.edu.ua/books/zbirniki/02/2020/MTP73.pdf.

4. Габрель М. Просторова організація містобудівних систем. Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2004. 400 с.

5. Голик Й., Багрій Н., Вантюх Д. Матеріал і архітектурна форма: сучасні можливості взаємозв'язку. *Просторовий розвиток: наук.-техн. зб. Київ*: КНУБА, 2024. № 7. С. 32–46. DOI: https://doi.org/10.32347/2786-7269.2024.7.32-46.

6. ДБН Б.2.2-12:2019. Планування та забудова територій. Київ: Міністерство розвитку громад та територій України, 2019. https://dreamdim.ua/wp-content/uploads/2019/07/DBN-B22-12-2019.pdf.

7. Дьомін М. Актуальні проблеми теорії та методології містобудівних досліджень. *Містобудування та територіальне планування: наук.-техн. зб*. Київ: КНУБА, 2009. Вип. 32. С. 13–21. https://repositary.knuba.edu.ua/bitstreams/ef5a9f6b-60a7-46c8-ac64-fcf7b1af414e/download.

8. Карпінський Ю., Лященко А., Макаренко Д., Черін А. Національна інфраструктура геопросторових даних України у світовому вимірі: стан та нагальні завдання розвитку і сталого функціонування. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*. Львів: Львівська політехніка, 2021. Т. 1 (41). С. 104–112. https://ena.lpnu.ua/handle/ntb/59203.

9. Лященко А., Карпенко О., Черін А. Інфраструктура геопросторових даних та геоінформаційне забезпечення сталого розвитку територіальних громад. *Містобудування та територіальне планування: наук.-техн. зб.* Київ: КНУБА,. 2021. Вип. 78. С. 343–355. DOI: https://doi.org/10.32347/2076-815x.2021.78.343-355.

10. Про оцінку впливу на довкілля: Закон України від 23.05.2017 № 2059-VIII. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19.

11. Про регулювання містобудівної діяльності: Закон України від 17.02.2011 № 3038-VI. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3038-17.

12. Про стратегічну екологічну оцінку: Закон України від 20.03.2018 № 2354-VIII. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2354-19.

13. Третяк В., Шипулін В., Кучер О. Геоінформаційні технології створення та використання геопросторових баз даних морфометричних показників міської забудови. *Містобудування та територіальне планування: наук.-техн. зб.* Київ: КНУБА, 2024. Вип. 85. С. 637–647. DOI: https://doi.org/10.32347/2076-815X.2024.85.637-647.

14. Чернявський В. Сучасні архітектурно-конструктивні системи як засіб організації об'ємно-просторової структури інтер'єрів громадських будівель соціальної сфери. https://repositary.knuba.edu.ua/handle/987654321/2161.

15. Шебек Н. Архітектурне середовище: досвід типологічних досліджень. *Сучасні проблеми архітектури та містобудування: наук.-техн. зб.* Київ: КНУБА, 2012. Вип. 30. С. 62–73. https://repositary.knuba.edu.ua/handle/987654321/2459

16. Шебек Н., Майєр В. Технології геоінформаційного моделювання просторових об'єктів. *Містобудування та територіальне планування*: *наук.-техн. зб.* Київ: КНУБА, 2025. Вип. 89. С. 286–301. DOI: https://doi.org/10.32347/2076-815x.2025.89.286-301.

17. Batty M. The size, scale, and shape of cities. *Science*. 2008. Vol. 319, № 5864. P. 769–771. DOI: https://doi.org/10.1126/science.1151419.

18. Beatley T. Green Urbanism: Learning from European Cities. Washington: Island Press, 2012. 512 p.

19. Coutinho-Rodrigues J., Simão A., Antunes C. A GIS-based multicriteria spatial decision support system for planning urban infrastructures. *Decision Support Systems*. 2011. Vol. 51, № 3. P. 720–726. DOI: https://doi.org/10.1016/j.dss.2011.02.010.

20. ISO 19650-1:2018. Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 1: Concepts and principles. Geneva: International Organization for Standardization, 2018. https://www.iso.org/standard/68078.html

21. Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Liston K. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers. 3rd ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2018. 688 p.

22. Ewing R., Cervero R. Travel and the built environment: a meta-analysis. *Journal of the American Planning Association*. 2010. Vol. 76, № 3. P. 265–294. DOI: https://doi.org/10.1080/01944361003766766.

23. Haala N., Kada M. An update on automatic 3D building reconstruction. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 2010. Vol. 65, № 6. P. 570–580. DOI: https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2010.09.006.

24. Malczewski J. GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. *International Journal of Geographical Information Science*. 2006. Vol. 20, № 7. P. 703–726. DOI: https://doi.org/10.1080/13658810600661508.

25. New Leipzig Charter – The transformative power of cities for the common good. Brussels: European Commission, 2020. https://ec.europa.eu/regional_policy/en/information/publications/brochures/2020/new-leipzig-charter-the-transformative-power-of-cities-for-the-common-good.

26. Radzinska Y., Kuzmenko S., Zhehulska A. Geoinformation systems in urban planning solutions. *Municipal Economy of Cities*. 2025. Vol. 3 (191). P. 408–412. DOI: https://doi.org/10.33042/2522-1809-2025-3-191-408-412.

PhD **Ruslan Zhyrak**, PhD **Yurii Ohonok**,
Associate Professor **Myroslava Shevchuk**,
University of King Danylo, Ivano-Frankivsk

METHODS FOR OPTIMIZING URBAN PLANNING SYSTEMS IN THE CONTEXT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND CURRENT LEGISLATIVE REQUIREMENTS

The article discusses current approaches to optimizing urban planning solutions in the context of growing spatial complexity of urbanized areas and increasing requirements for evidence-based spatial planning. It justifies the transition from predominantly “single-option” design to procedural comparison of alternatives, in which urban planning documentation is treated as a tool for managing territorial development. The conceptual basis of the study is a systematic understanding of the city as a multi-level spatial entity and the need for quantitative assessment of urban environment parameters (density, accessibility, engineering support, environmental constraints). The role of geoinformation technologies and geospatial data infrastructure in the formation of digital models of territories and the verification of planning decisions based on indicators and spatial metrics is demonstrated. The regulatory and legal “feasibility framework” of optimization procedures and the procedural integration of environmental criteria through strategic environmental assessment and environmental impact assessment mechanisms are analyzed

separately. The importance of digitalization for the reproducibility of decisions and data consistency is determined, and the impact of material and structural innovations on the morphology, density, and height of buildings is outlined. The results form an interdisciplinary basis for the application of multi-criteria methods in modern urban planning practice and provide a foundation for improving the soundness of management decisions in communities.

Keywords: urban planning systems; spatial planning; optimization of urban planning solutions; regulatory and legal regulation; environmental assessment; urban studies; modern materials in construction; contemporary issues in architecture and urban planning; sustainable development.

REFERENCES:

1. Banakh A., Banakh V., Fostashchenko O., Fedchenok O., Polikarpova L. Ekonomichna ta ekolohichna otsinka vyboru variantu rozplanuvannia ta inzhenernoi pidhotovky terytorii pid zabudovu. *Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia: nauk.-tekhn. zb. Kyiv*: KNUBA, 2021. Vyp. 76. S. 3–13. https://doi.org/10.32347/2076-815x.2021.76.3-13. {in Ukrainian}

2. Bespalko R., Hutsul T. Osoblyvosti heneralizatsii liniinykh hidrohrafichnykh obiektiv zasobamy HIS-tekhnolohii. Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia: nauk.-tekhn. zb. Kyiv: KNUBA, 2021. Vyp. 76. S. 14–27. https://doi.org/10.32347/2076-815x.2021.76.14-27. {in Ukrainian}

3. Vashchynska O., Danylenko A. Efektyvnist u miskomu hromadskomu transporti Odesy. Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia: nauk.-tekhn. zb. Kyiv: KNUBA, 2020. Vyp. 73. S. 41–47. https://library.knuba.edu.ua/books/zbirniki/02/2020/MTP73.pdf. {in Ukrainian}

4. Habrel M. Prostorova orhanizatsiia mistobudivnykh system. Lviv: Vydavnytstvo Natsionalnoho universytetu «Lvivska politekhnika», 2004. 400 s. {in Ukrainian}

5. Holyk Y., Bahrii N., Vantiukh D. Material i arkhitekturna forma: suchasni mozhlyvosti vzaiemozviazku. Prostorovyi rozvytok: nauk.-tekhn. zb. Kyiv: KNUBA, 2024. № 7. S. 32–46. DOI: https://doi.org/10.32347/2786-7269.2024.7.32-46. {in Ukrainian}

6. DBN B.2.2-12:2019. Planuvannia ta zabudova terytorii. Kyiv: Ministerstvo rozvytku hromad ta terytorii Ukrainy, 2019. https://dreamdim.ua/wp-content/uploads/2019/07/DBN-B22-12-2019.pdf. {in Ukrainian}

7. Domin M. Aktualni problemy teorii ta metodolohii mistobudivnykh doslidzhen. Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia: nauk.-tekhn. zb. Kyiv: KNUBA, 2009. Vyp. 32. S. 13–21.

https://repositary.knuba.edu.ua/bitstreams/ef5a9f6b-60a7-46c8-ac64-fcf7b1af414e/download. {in Ukrainian}

8. Karpinskyi Yu., Liashchenko A., Makarenko D., Cherin A. Natsionalna infrastruktura heoprostorovykh danykh Ukrainy u svitovomu vymiri: stan ta nahalni zavdannia rozvytku i staloho funktsionuvannia. Suchasni dosiahnennia heodezychnoi nauky ta vyrobnytstva. Lviv: Lvivska politekhnika, 2021. T. 1 (41). S. 104–112. https://ena.lpnu.ua/handle/ntb/59203. {in Ukrainian}

9. Liashchenko A., Karpenko O., Cherin A. Infrastruktura heoprostorovykh danykh ta heoinformatsiine zabezpechennia staloho rozvytku terytorialnykh hromad. Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia: nauk.-tekhn. zb. Kyiv: KNUBA,. 2021. Vyp. 78. S. 343–355. DOI: https://doi.org/10.32347/2076-815x.2021.78.343-355. {in Ukrainian}

10. Pro otsinku vplyvu na dovkillia: Zakon Ukrainy vid 23.05.2017 № 2059-VIII. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19. {in Ukrainian}

11. Pro rehuliuvannia mistobudivnoi diialnosti: Zakon Ukrainy vid 17.02.2011 № 3038-VI. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3038-17. {in Ukrainian}

12. Pro stratehichnu ekolohichnu otsinku: Zakon Ukrainy vid 20.03.2018 № 2354-VIII. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2354-19. {in Ukrainian}

13. Tretiak V., Shypulin V., Kucher O. Heoinformatsiini tekhnolohii stvorennia ta vykorystannia heoprostorovykh baz danykh morfometrychnykh pokaznykiv miskoi zabudovy. Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia: nauk.-tekhn. zb. Kyiv: KNUBA, 2024. Vyp. 85. S. 637–647. DOI: https://doi.org/10.32347/2076-815X.2024.85.637-647. {in Ukrainian}

14. Cherniavskyi V. Suchasni arkhitekturno-konstruktyvni systemy yak zasib orhanizatsii obiemno-prostorovoi struktury interieriv hromadskykh budivel sotsialnoi sfery. https://repositary.knuba.edu.ua/handle/987654321/2161. {in Ukrainian}

15. Shebek N. Arkhitekturne seredovyshche: dosvid typolohichnykh doslidzhen. Suchasni problemy arkhitektury ta mistobuduvannia: nauk.-tekhn. zb. Kyiv: KNUBA, 2012. Vyp. 30. S. 62–73. https://repositary.knuba.edu.ua/handle/987654321/2459. {in Ukrainian}

16. Shebek N., Maiier V. Tekhnolohii heoinformatsiinoho modeliuvannia prostorovykh obiektiv. Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia: nauk.-tekhn. zb. Kyiv: KNUBA, 2025. Vyp. 89. S. 286–301. DOI: https://doi.org/10.32347/2076-815x.2025.89.286-301. {in Ukrainian}

17. Batty M. The size, scale, and shape of cities. Science. 2008. Vol. 319, № 5864. P. 769–771. DOI: https://doi.org/10.1126/science.1151419. {in English}

18. Beatley T. Green Urbanism: Learning from European Cities. Washington: Island Press, 2012. 512 p. {in English}

19. Coutinho-Rodrigues J., Simão A., Antunes C. A GIS-based multicriteria spatial decision support system for planning urban infrastructures. Decision Support Systems. 2011. Vol. 51, № 3. P. 720–726. DOI: https://doi.org/10.1016/j.dss.2011.02.010. {in English}

20. ISO 19650-1:2018. Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 1: Concepts and principles. Geneva: International Organization for Standardization, 2018. https://www.iso.org/standard/68078.html {in English}

21. Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Liston K. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers. 3rd ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2018. 688 p. {in English}

22. Ewing R., Cervero R. Travel and the built environment: a meta-analysis. Journal of the American Planning Association. 2010. Vol. 76, № 3. P. 265–294. DOI: https://doi.org/10.1080/01944361003766766. {in English}

23. Haala N., Kada M. An update on automatic 3D building reconstruction. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. 2010. Vol. 65, № 6. P. 570–580. DOI: https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2010.09.006. {in English}

24. Malczewski J. GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. International Journal of Geographical Information Science. 2006. Vol. 20, № 7. P. 703–726. DOI: https://doi.org/10.1080/13658810600661508. {in English}

25. New Leipzig Charter – The transformative power of cities for the common good. Brussels: European Commission, 2020. https://ec.europa.eu/regional_policy/en/information/publications/brochures/2020/new-leipzig-charter-the-transformative-power-of-cities-for-the-common-good. {in English}

26. Radzinska Y., Kuzmenko S., Zhehulska A. Geoinformation systems in urban planning solutions. Municipal Economy of Cities. 2025. Vol. 3 (191). P. 408–412. DOI: https://doi.org/10.33042/2522-1809-2025-3-191-408-412. {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2786-7269.2026.17.76-90
УДК: 711.4:719

Жумбей С.Б.,
s.zhumbei@gmail.com, ORCID: 0009-0005-7507-2417,
Заклад вищої освіти «Університет Короля Данила», м. Івано-Франківськ

РЕГУЛЯТОРНІ МЕХАНІЗМИ ІНТЕГРАЦІЇ НОВОЇ АРХІТЕКТУРИ В ІСТОРИЧНІ АРЕАЛИ ТА ЗОНИ ОХОРОНИ КУЛЬТУРНОЇ СПАДЩИНИ

Узгодження нової архітектури з історичними ареалами та зонами охорони культурної спадщини сьогодні стало практичним тестом на якість міського управління. Міста потребують реконструкції, енергоефективності, доступності та нових функцій, однак саме в «чутливих» середовищах будь-яке втручання швидко перетворюється на конфлікт: громада очікує збереження автентичності й панорам, а девелопер чітких і передбачуваних правил. Мета статті – систематизувати регуляторні механізми узгодження нового будівництва й реконструкції з охоронними режимами та запропонувати процесну модель ухвалення рішень, яка зменшує ризики і підвищує правову визначеність. Методологія поєднує порівняльно-правовий аналіз українських норм і процедур, контент-аналіз міжнародних підходів до управління змінами в історичних містах, морфологічний аналіз історичної тканини та узагальнення типових проєктних ризиків. Показано, що ефективна регуляція не обмежується висотними чи щільнісними лімітами: вона потребує «процедурної архітектури» зі стандартизованими вихідними даними (3D-модель, контрольні точки огляду), обов'язковою оцінкою впливів для чутливих ділянок, багаторівневим дизайн-рев'ю, публічними консультаціями та постпроєктним моніторингом. Наукова новизна полягає у формалізації контрольних етапів прийняття рішень і поєднанні параметричних регламентів із якісними критеріями та умовними дозволами з компенсаторними зобов'язаннями. Практичне значення результатів полягає у можливості використання запропонованої моделі органами місцевого самоврядування та органами охорони спадщини для розроблення регламентів історичних ареалів і підвищення якості сучасних втручань. Окремо акцентовано на вимозі прозорості: критерії оцінки та дані мають бути відкритими, щоб рішення було зрозумілим і перевірюваним для всіх сторін.

Ключові слова: історичний ареал; охоронна зона; нова архітектура; регуляторні інструменти; оцінка впливу; дизайн-рев'ю; дизайн-код.

Постановка проблеми

Історичні ареали міст, охоронні зони навколо пам'яток і ансамблів, а також території сформованої історичної забудови є просторами, де містобудівні рішення мають підвищену ціннісну вартість помилки. Помилки у звичайних районах можуть мати локальний характер (візуальні, транспортні, екологічні), однак в історичному середовищі вони здатні призвести до незворотних втрат автентичності, руйнування композиційних домінант, розмивання історичної морфології кварталів і втрати соціальної підтримки політик розвитку.

У сучасних містах тиск на історичні території зростає з кількох причин. По-перше, центральні локації мають найвищу інвестиційну привабливість і часто використовуються як «вітрина» міста. По-друге, підвищується потреба в модернізації будівельного фонду: утеплення, інклюзія, протипожежні заходи, адаптивне використання під сучасні функції. По-третє, у багатьох країнах, включно з Україною, нормативні системи розділяють містобудівне регулювання та охорону культурної спадщини; це створює прогалини, дублювання або колізії.

Проблема полягає в тому, що інструменти регулювання часто або надто жорсткі (заборони без умов розвитку), або надто м'які (декларативні вимоги без процедур доказовості). Висотний ліміт сам по собі не гарантує відсутності негативного візуального впливу; так самовимога «враховувати історичний контекст» без критеріїв та стандартів оцінювання створює широке поле для суб'єктивізму й конфліктів.

Міжнародні підходи останніх років наголошують на управлінні змінами (change management), де спадщина розглядається як ресурс сталого розвитку, а рішення мають бути доказовими та процедурно прозорими [14, с. 8]. Одночасно європейська дискусія про культуру будівництва підкреслює, що якість середовища має бути предметом публічної політики, а не лише приватного смаку чи економічного розрахунку [9, с. 9].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Науковий дискурс щодо інтеграції нової архітектури в історичне середовище можна умовно згрупувати за трьома напрямами:

1) концептуальні підходи до управління історичними містами;

2) інструменти оцінювання впливів та ризиків;

3) регуляторні та процедурні механізми, що поєднують параметричні й якісні критерії.

Концепція Historic Urban Landscape (HUL) пропонує бачити історичне середовище як багатошаровий ландшафт, де матеріальна спадщина, просторові структури, природні елементи та нематеріальні практики взаємопов'язані. Важливо, що HUL орієнтує регулювання не лише на охорону об'єктів, але й на

управління процесами розвитку, включаючи економічні та соціальні чинники [15, с. 14].

У 2010–2020-х роках суттєво еволюціонував інструментарій Heritage Impact Assessment (HIA) та Visual Impact Assessment (VIA) у контексті охорони культурної спадщини. Нова практика робить акцент на описі атрибутів цінності, прогнози впливів за сценаріями, порівнянні альтернатив та плані пом'якшення й моніторингу [13, с. 18].

Також формуються документи, які задають стандарти якості втручань у спадщину та принципи «доброго проєктування». ICOMOS у настановах з оцінювання впливів у контексті Всесвітньої спадщини окреслює вимоги до доказовості рішень, уваги до атрибутів цінності, аналізу альтернатив і заходів пом'якшення, що фактично задає сучасний стандарт якісного втручання в історичне середовище [13, с. 10].

Європейська Комісія у 2020 р. опублікувала «Європейські принципи якості» для інтервенцій, які можуть впливати на спадщину (включаючи інфраструктурні проєкти); там запропоновано поєднувати якісні критерії, управління ризиками та участь стейкхолдерів як обов'язкову частину політики фінансування [10, с. 16].

На українському ґрунті дослідження зосереджуються на проблемі узгодженості містобудівної документації та охоронних режимів, на дефіциті якісних вихідних даних (інвентаризації, історико-архітектурні опорні плани), на колізіях дозволів і погоджень, а також на методологічних питаннях визначення предмета охорони та меж допустимих трансформацій. Зокрема, у сучасних публікаціях українських науковців акцентується потреба переходу від загальних декларацій до операційних визначень атрибутів цінності й до документації, яка дозволяє їх контролювати в процесі проєктування та будівництва [7, с. 174]. Також розробляються підходи до аналізу просторових трансформацій і збереження історико-культурних елементів у міському середовищі з використанням сучасних інструментів картографування та ГІС [5, с. 131]. Важливими залишаються прикладні роботи щодо регулювання висотності, охорони панорам і домінант, а також практики підготовки історико-архітектурних опорних планів у складі містобудівної документації [2, с. 44]. Додатковий пласт становлять дослідження реставраційно-реконструктивних трансформацій історичних центрів, де підкреслюється значення принципу цілісності та етапності втручань [6, с. 50].

Формулювання цілей, її актуальність і новизна

Ціль дослідження –систематизувати регуляторні механізми інтеграції нової архітектури в історичних ареалах та охоронних зонах і запропонувати

практичну модель регуляторного циклу, що поєднує параметричні обмеження, якісні критерії, процедурні інструменти та доказову базу.

Актуальність визначається зростанням інвестиційного тиску в центральних частинах міст і ризиком втрати історичних масштабів і панорам, потребою реконструкції та пристосування зношеного фонду до сучасних вимог безпеки, доступності й енергоефективності, а також суспільним запитом на прозорі, передбачувані та доказові дозвільні процедури. Додатково її посилює потреба узгодження українських практик із міжнародними підходами до оцінювання впливів та управління якістю проєктних рішень.

Наукова новизна полягає у формалізації інтегрованого регуляторного циклу для історичних ареалів (від інвентаризації та зонування до постпроєктного моніторингу) і визначенні ключових контрольних етапів ухвалення рішень, де застосовуються доказові інструменти (HIA/VIA) та дизайн-рев'ю. Обґрунтовано гібридний режим регулювання (параметричні ліміти + дизайн-код + оцінювання впливів) і уточнено роль умовних дозволів як механізму фіксованих компенсаторних зобов'язань для зниження ризиків і підвищення передбачуваності.

Мета і методи досліджень

Мета –запропонувати структуру регуляторних механізмів і процедур, яка забезпечує інтегра- цію нової архітектури в історичні ареали з мінімізацією ризиків втрати цінності та з підвищенням передбачуваності для всіх сторін (влада, девелопер, громада, професійне середовище).

Методи дослідження включають порівняльно-правовий аналіз нормативної бази (охорона спадщини, містобудівні документи, будівельні норми), контент-аналіз міжнародних документів і настанов (HUL, HIA/VIA, принципи якості втручань), морфологічний аналіз історичної міської тканини (парцеляція, масштаб, ритм, силует), сценарний аналіз типових конфліктів (висотні вставки, ущільнення, надбудови, реконструкції фасадів) та експертно-аналітичний синтез для побудови моделі регуляторного циклу й матриці ризиків.

Результати та їх обґрунтування

У контексті даного дослідження доцільно розглядати регуляцію інтеграції нової архітектури як систему з чотирьох взаємодоповнюваних блоків. Параметричний блок фіксує числові ліміти та геометричні правила (максимальна висота, щільність, відступи, лінії забудови, правила надбудов) і створює базову юридичну визначеність. Якісний блок задає критерії архітектурної й містобудівної якості через дизайн-код (правила фасадів, матеріалів, масштабу, першого поверху, реклами), тобто те, що важко звести до одного числа, але критично для збереження характеру історичного середовища.

Процедурний блок визначає порядок ухвалення рішень та розподіл ролей (погодження, дизайн-рев'ю, конкурси, консультації, умовні дозволи) і, по суті, відповідає на питання «хто і коли» оцінює відповідність та якість. Доказовий блок забезпечує перевірюваність, вводячи інструменти контролю впливів і прогнозів (HIA/VIA, 3D-моделі, стандартизовані фотомонтажі, моніторинг).

Обґрунтування такої структури базується на тому, що параметричні правила створюють мінімальний рівень правової визначеності, але не гарантують збереження цінності без якісних критеріїв і доказових процедур. У міжнародних рекомендаціях щодо оцінювання впливів підкреслено, що рішення мають бути підкріплені альтернативами та планом пом'якшення, а не лише констатацією відповідності/невідповідності параметрам [13, с. 24].

Рис. 1: Схема регуляторного циклу інтеграції нової архітектури в історичному ареалі

Рисунок 1 відображає регуляторний цикл як послідовність етапів із зворотним зв'язком. Такий підхід допомагає уникати разового трактування регуляції та підкреслює роль моніторингу і коригування правил.

Таблиця 1.

Матриця відповідності «ризик-інструмент» для проєктів у історичних ареалах *(складено автором)*

Типовий ризик	**Стадія, де проявляється**	**Рекомендований регуляторний інструмент**
Порушення панорам, видових коридорів і силуету	Концепція/Ескіз	VIA з фіксованих контрольних точок; 3D-модель видимості; правила домінант.
Дисонанс масштабу та ритму фасадів (карниз, членування)	Ескіз/Проєкт	Дизайн-код (морфологічні параметри); дизайн-рев'ю; конкурс на чутливих ділянках
Втрати історичної парцеляції та укрупнення ділянок	Передпроєктна	Регламенти квартальної морфології; обмеження габаритів секцій; аналіз історичних меж ділянок
Ризики для конструктивної безпеки пам'яток (осідання, вібрації)	Будівництво	HIA + інженерний моніторинг; вимоги до технологій; план реагування на ризики
«Квазіісторичні» стилізації та підміна автентичності	Концепція	Принципи якості втручань; публічне обговорення; вимога обґрунтування композиції

Таблиця 1 узагальнює відповідність типових ризиків і регуляторних інструментів. Логіка матриці полягає в тому, що один ризик рідко нейтралізується єдиним інструментом: потрібні поєднання.

Параметричні регламенти (висота, щільність, відступи) є необхідними, оскільки забезпечують юридичну визначеність і швидку перевірку. У практиці історичних ареалів доцільно виділяти принаймні три рівні чутливості і встановлювати диференційовані ліміти. Такий підхід узгоджується з логікою зонування, яка передбачена й українською містобудівною практикою щодо історичних ареалів та охоронних зон [2, с. 45].

Водночас параметричні правила можуть працювати «погано» у двох крайнощах:

а) псевдоточність: один числовий ліміт на великий район ігнорує локальну морфологію (різні масштаби вулиць, домінанти, рельєф).

б) обхідність: забудовник формально дотримується висоти, але змінює характер об'єму (суцільні надбудови, технічні поверхи, «ступінчастість», що створює небажаний силует).

Тому параметри мають підкріплюватися доказовими інструментами і якісними критеріями. На практиці це означає:

1) фіксувати контрольні точки огляду та панорами;

2) встановлювати правила домінант, які залежать не від середньої висоти кварталу, а від композиційних осей і візуальної взаємодії з пам'ятками [13, с. 25].

Дизайн-код в межах історичного ареалу має бути спрямований не на «копіювання стилю» як набору декоративних прийомів, а на відтворення логіки середовища через правила морфології та взаємодії з публічним простором. У такому розумінні дизайн-код виступає мовою перекладу між історично сформованою тканиною та сучасним проєктним рішенням: він формулює ті параметри, які забезпечують впізнаваність і цілісність вулиці, але не забороняє сучасну архітектурну виразність.

Розлогість і практична придатність дизайн-коду визначаються тим, наскільки чітко в ньому описано масштаб. Для історичних вулиць це насамперед висота карнизу як горизонтальна межа, яка тримає перспективу, а також правила парапету, мансарди й технічних елементів на даху, щоб силует не перетворювався на хаотичний набір надбудов. Не менш важливими є ритм і пропорції: крок вертикальних членувань, ширина секцій, закономірності розташування прорізів, співвідношення «порожнього й заповненого» на фасаді. Саме ці речі, навіть за умови сучасної пластики, дозволяють новому об'єму «вписатися» в історичний ряд без буквального стилізування.

Окремий рівень –матеріальність і колір. У чутливих зонах доцільно не стільки прописувати один матеріал, скільки визначати допустимі матеріали та недопустимі матеріали, які системно руйнують сприйняття. Регулювання матеріальності має супроводжуватися правилами деталізації на рівні першого поверху: активність фронту, прозорість, розміщення входів, безбар'єрність, а також інтеграція інженерних елементів, щоб модернізація не продукувала «візуальний шум».

Поняття «візуального шуму» у дизайн-коді охоплює не лише вивіски, а й кондиціонери, кабелі, зовнішні блоки інженерії, рекламні носії, світлове обладнання та підсвітку. Саме ці дрібні елементи в сумі можуть знецінити ефект навіть якісної архітектури. Тому дизайн-код повинен визначати, де ці елементи допустимі, як вони маскуються, які є обмеження щодо яскравості та розміщення, і хто контролює виконання на стадії введення в експлуатацію.

Європейські принципи якості наголошують, що регулювання має бути інтегрованим: естетика пов'язана з функціональністю, довговічністю та екологічністю [10, с. 17]. У практичному сенсі це означає, що дизайн-код має задавати не лише «як виглядає», а й «як працює» –наприклад, через вимоги до довговічних матеріалів, до безбар'єрного середовища, до кліматичної адаптації та до зрозумілих правил утримання фасадів і публічних просторів.

У багатьох конфліктах навколо нової архітектури першопричиною є не відсутність норм як таких, а відсутність довіри до того, як саме норми застосовуються. Якщо процедура непрозора, то навіть формально коректне рішення сприйматиметься як нав'язане; якщо ж процедура передбачувана і доказова, суспільство частіше приймає навіть складні компроміси. Тому процедурні механізми мають затверджувати увесь проєктний цикл і забезпечувати раннє узгодження вихідних даних, порівняльність рішень, прозорість експертного оцінювання та участь громади на ранніх етапах, до того як сформується конфлікт.

Центральним процедурним інструментом у чутливих зонах виступає дизайн-рев'ю –архітектурна/містобудівна рада або незалежна комісія, яка оцінює не лише відповідність числовим параметрам, але й якість композиції, морфологічну сумісність, роботу з матеріалами та коректність доказової бази (HIA/VIA, 3D-перевірки). Дизайн-рев'ю доцільно робити обов'язковим для зон високої чутливості, а також у всіх випадках, коли проєкт потенційно змінює силует або панораму, передбачає втручання в пам'ятку чи суміжну історичну забудову, або істотно змінює функціональне навантаження та транспортний режим. Важливо, щоб дизайн-рев'ю було прив'язаним до чітких критеріїв (дизайн-код, принципи якості втручань) та до вимоги демонстрації альтернатив, а не перетворювалося на суб'єктивне «подобається/не подобається».

Другим ключовим процедурним механізмом є умовні дозволи. Вони потрібні там, де повністю уникнути впливу неможливо (особливо у щільній історичній тканині), але вплив можна зробити співмірним, прогнозованим і компенсованим. Умови дозволу мають фіксувати конкретні зобов'язання: реставрацію прилеглих елементів або фасадів, фінансування інженерного моніторингу впливів на пам'ятку, благоустрій публічного простору, обмеження рекламних конструкцій, регламент експлуатації та утримання (щоб результат не деградував через кілька років). Така логіка безпосередньо пов'язана з управлінням ризиками культурної спадщини, де прийнятність змін визначається не абстрактно, а через поєднання прогнозу, пом'якшення і контролю виконання [8, с. 42].

В зонах високої чутливості саме доказові механізми визначають, чи буде регулювання реально працювати, чи залишиться декларативним. HIA/VIA поступово стають центральним доказовим інструментом, оскільки дозволяють переводити дискусію з рівня загальних тверджень «псує/не псує» у площину перевірюваних тверджень: які саме атрибути цінності змінюються, на скільки, з яких точок це видно, чи існують альтернативи з меншим впливом, і які заходи пом'якшення реально контролювати.

Найтиповішою проблемою практики є змагальність за візуальне сприйняття, коли різні сторони показують різні ракурси, різні фокусні відстані або некоректні моделі, отримуючи протилежні висновки. Саме тому доцільно впроваджувати місцевий стандарт (або «паспорт») візуального контролю, який фіксує, як саме робляться візуальні матеріали. Такий стандарт має визначати перелік контрольних точок, параметри фотозйомки, вимоги до 3D-моделі, а також формат подання результатів. Не менш важливою частиною паспорта є критерії оцінки: ступінь зміни атрибутів цінності та поріг значного впливу, щоб рішення не підмінялися ситуативними політичними аргументами.

У рекомендаціях ICOMOS підкреслено, що HIA має бути не звітністю, а інструментом управління рішеннями: вона повинна впливати на проєкт (через альтернативи й пом'якшення), а не лише констатувати відповідність [13, с. 33].

Українська система регулювання історичних територій містить необхідні інструменти, однак її ефективність визначається узгодженістю документів і практики застосування, а також якістю вихідних даних. Передусім критично важливо, щоб історико-архітектурні опорні плани (у складі містобудівної документації) були актуальними і «працювали» разом із регламентами та зонуванням: тобто щоб цінності та атрибути, зафіксовані в опорному плані, мали пряме продовження у параметричних лімітах, у дизайн-коді та у вимогах до HIA/VIA.

Окремого підсилення потребує порядок визначення меж історичних ареалів і режимів їх використання, адже на практиці саме нечіткість меж, нечіткість режимів або їхня описовість створюють простір для різночитань. Перехід від текстового режиму до режиму, прив'язаного до цифрових даних, суттєво зменшує конфліктність і дає можливість перевіряти рішення однаково для всіх заявників [4, с. 2].

Нарешті, дозвільні процедури у зоні охорони спадщини мають містити чіткі «контрольні ворота», тобто визначені моменти, коли потрібне дизайн-рев'ю, коли HIA/VIA є обов'язковою, хто затверджує вихідні дані, і які документи вважаються достатніми для доведення відсутності значного негативного впливу. Без таких «воріт» навіть якісні норми працюють нестабільно, бо рішення переносяться в простір індивідуальних погоджень.

ДБН щодо планування й забудови територій задають загальні рамки врахування історичного середовища, але для практичної реалізації потрібні локальні регламенти (дизайн-коди) та стандарти оцінювання впливів [2, с. 45]. На рівні законодавства охорона культурної спадщини визначає загальні принципи збереження та відповідальності, однаднак детальна процедурна архітектура часто формується підзаконними актами та місцевими положеннями [3, с. 2].

Питання інтеграції нової архітектури в історичні ареали завжди має не лише культурний, але й економічний вимір. Якщо регуляція сприймається девелопером як сукупність непередбачуваних заборон, вона стимулює або пошук «вікон» у процедурі, або формальне дотримання параметрів за рахунок деградації середовищної якості. Натомість прогнозований дизайн-код та зрозумілі вимоги до HIA/VIA здатні знизити транзакційні витрати: девелопер раніше розуміє допустимі сценарії, а місто отримує кращий результат без нескінченних конфліктів.

Економічний аспект також проявляється у виборі між «забороною» і «умовним дозволом». Умовний дозвіл з компенсаторними зобов'язаннями є способом перетворити частину приватного прибутку на публічну вигоду, але лише за умови, що зобов'язання є вимірюваними та контрольованими. На практиці це означає, що в дозволі слід фіксувати не загальні фрази («виконати благоустрій»), а конкретні обсяги, терміни, матеріали, відповідальних осіб і механізми гарантування (наприклад, фінансова гарантія на виконання). У цьому сенсі регуляція наближається до логіки управління ризиками, де кожен ризик має інструмент пом'якшення і механізм перевірки виконання [8, с. 42].

Окремим питанням є економічна мотивація збереження. Якщо власник історичної будівлі не має стимулів або можливостей утримувати її належно, виникає «стратегія занепаду»: доведення будівлі до аварійного стану для подальшого знесення та нового будівництва. Тому регуляція інтеграції нової архітектури має поєднуватися з політиками підтримки утримання та пристосування: податкові стимули, грантові програми, співфінансування реставраційних робіт, пільгові кредити, а також жорсткі механізми відповідальності за навмисне доведення до руйнації.

Один із сучасних викликів полягає в тому, що історичні ареали мають відповідати сучасним нормам комфорту й безпеки, але класичні інструменти модернізації часто прямо суперечать вимогам автентичності та цілісності образу. Тому регуляторні механізми мають включати не лише містобудівні параметри, але й технічні настанови щодо допустимих рішень.

У сфері енергоефективності ключовим є принцип «мінімальної достатності» та пріоритет інтервенцій, які зберігають історичні матеріали. Для багатьох будівель ефективнішими є не агресивні зовнішні системи, а комплексні рішення: керована вентиляція, локальні внутрішні теплоізоляційні системи з парорегуляцією, відновлення герметичності без втрати історичних профілів, оптимізація опалення й диспетчеризація. Місто, своєю чергою, може вимагати доказовості таких рішень через енергоаудит та проєктні розрахунки, але має узгоджувати їх із охоронними вимогами.

У частині інженерії та пожежної безпеки типовими проблемами є прокладання кабелів, обладнання, систем димовидалення, евакуаційні сходи та протипожежні перегородки, які змінюють історичні простори. Для цього доцільно передбачати технічні регламенти втручань у дизайн-коді або в окремих додатках: де допустимі шахти, як маскуються інженерні блоки, які є вимоги до розміщення обладнання на дахах, як забезпечується доступність без руйнування цінних елементів. Наявність таких правил підвищує якість і знижує ризик «самодіяльних» рішень на стадії будівництва та експлуатації.

Методи обговорення

Обговорення результатів здійснено шляхом зіставлення виявлених регуляторних підходів із сучасними міжнародними принципами охорони культурної спадщини та практиками управління історичним міським середовищем. Інтерпретація отриманих висновків базується на порівнянні параметричних, процедурних і доказових інструментів регулювання, що дало змогу уточнити межі їх ефективного застосування в історичних ареалах і зонах охорони культурної спадщини.

Особистий внесок автора

Автор самостійно визначив концепцію дослідження, здійснив відбір і аналіз нормативно-правових актів, міжнародних документів та наукових джерел, сформував логіку регуляторного циклу інтеграції нової архітектури в історичні ареали, підготував аналітичну матрицю ризиків та інструментів, а також узагальнив висновки й практичні рекомендації щодо удосконалення процедур регулювання.

Висновки

Запропоноване дослідження показало, що ефективна інтеграція нової архітектури в історичні ареали потребує не окремих «висотних» або «охоронних» заборон, а узгодженої регуляторної системи, де параметричні ліміти підкріплюються якісними критеріями (дизайн-код), процедурними «воротами» (дизайн-рев'ю, публічні консультації) та доказовими інструментами (HIA/VIA, 3D-моделі, стандартизовані панорами й контрольні точки). Такий гібридний режим зменшує суб'єктивізм, підвищує правову визначеність і конфліктознижувальність рішень, а також зближує українську практику з міжнародною логікою управління змінами у спадщині, де охорона і розвиток розглядаються як взаємопов'язані процеси в межах «ландшафтного» підходу та вимог до якості середовища.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з емпіричною верифікацією моделі на кейсах українських міст: порівнянням результатів для різних типів зон чутливості, розробленням локальних протоколів VIA/HIA (єдині вимоги до вихідних даних, фотомонтажів, 3D-перевірок, альтернатив і

планів пом'якшення), а також створенням набору вимірюваних індикаторів постпроєктного моніторингу (вплив на силует/панорами, стан пам'яток у зоні впливу, «візуальний шум», якість першого поверху, соціальна прийнятність). Окремий напрям –нормативно-процедурний дизайн «умовних дозволів» і механізмів забезпечення компенсаторних зобов'язань (гарантії виконання, критерії «прийнятного залишкового впливу»), щоб перетворити компенсації на прозорий і керований інструмент ризик-менеджменту та якості втручань у спадщину

Література

1. Кабінет Міністрів України. Про затвердження Порядку визначення меж та режимів використання історичних ареалів населених місць, обмеження господарської діяльності на території історичних ареалів населених місць: Постанова від 13.03.2002 № 318. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/318-2002-%D0%BF (дата звернення: 09.02.2026).

2. Кучеренко Л.В., Денисенко В.О. Історико-культурні елементи в міському середовищі: закономірності функціонування та просторові трансформації. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. 2024. №2. - С. 131–135. DOI: 10.31649/2311-1429-2024-2-131-135. URL: https://doi.org/10.31649/2311-1429-2024-2-131-135 (дата звернення: 09.02.2026).

3. Лещенко Н. Принцип «цілісності» у комплексному процесі реставраційно-реконструктивних трансформацій історичних центрів міст. Сучасні проблеми архітектури та містобудування. 2022. № 62. С. 50–60. DOI: 10.32347/2077-3455.2022.62.50-60. URL: https://doi.org/10.32347/2077-3455.2022.62.50-60 (дата звернення: 09.02.2026).

4. Міністерство розвитку громад та територій України. ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування і забудова територій». Київ: Мінрегіон, 2019. 177 с. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/v0104858-19 (дата звернення: 09.02.2026).

5. Верховна Рада України. Про охорону культурної спадщини: Закон України від 08.06.2000 № 1805-III (станом на 09.02.2026). URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/1805-14 (дата звернення: 09.02.2026).

6. Верховна Рада України. Про внесення змін до Закону України «Про охорону культурної спадщини» щодо забезпечення рівних умов участі громадських об'єднань в охороні культурної спадщини: Закон України від 30.10.2024 № 4051-IX. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/4051-20 (дата звернення: 09.02.2026).

7. Черкасова К. Т., Снітко І. А. До проблеми визначення предмету охорони пам'ятки архітектури та містобудування як об'єкту культурної спадщини. Сучасні проблеми архітектури та містобудування. 2025. № 73. С. 174–182. DOI: 10.32347/2077-3455.2025.73.174-182. URL: https://doi.org/10.32347/2077-3455.2025.73.174-182 (дата звернення: 09.02.2026).

8. Council of Europe. European Cultural Heritage Strategy for the 21st century (Strategy 21): Recommendation CM/Rec (2017)1. Strasbourg, 2017. 66 p. URL: https://rm.coe.int/strategy-21-european-cultural-heritage-strategy-for-the-21st-century-a/16807c810d (дата звернення: 09.02.2026).

9. Davos Declaration. Toward a High-Quality Baukultur for Europe. Davos, 2018. 24 p. URL: https://davosdeclaration2018.ch/wp-content/uploads/sites/2/2023/06/2022-06-09-081317-davos-declaration.pdf (дата звернення: 09.02.2026).

10. European Commission. European Quality Principles for EU-funded Interventions with Potential Impact upon Cultural Heritage. Luxembourg, 2020. 74 p. URL: https://www.kul.ee/sites/default/files/documents/2021-05/EUQS_revised-2020_EN_ebook.pdf (дата звернення: 09.02.2026).

11. European Commission. New European Bauhaus: Communication from the Commission COM (2021) 573 final (15.09.2021). URL: https://new-european-bauhaus.europa.eu/system/files/2021-09/COM%282021%29_573_EN_ACT.pdf (дата звернення: 09.02.2026).

12. ICCROM. A Guide to Risk Management of Cultural Heritage. Rome, 2020. 104 p. URL: https://www.iccrom.org/sites/default/files/Guide-to-Risk-Managment_English.pdf (дата звернення: 09.02.2026).

13. ICOMOS. Guidance and Toolkit for Impact Assessments in a World Heritage Context. Paris, 2022. 128 p. URL: https://publ.icomos.org/publicomos/technica/DA81327A05CFF54CE4B80D41A2654FDB (дата звернення: 09.02.2026).

14. UNESCO. Policy for the Integration of a Sustainable Development Perspective into the Processes of the World Heritage Convention. Paris, 2015. 23 p. URL: https://whc.unesco.org/document/139146 (дата звернення: 09.02.2026).

15. UNESCO. Historic Urban Landscape: An Approach for Integrating Urban Heritage Conservation and Urban Development. Paris, 2016. 42 p. URL: https://whc.unesco.org/uploads/activities/documents/activity-727-1.pdf (дата звернення: 09.02.2026).

postgraduate student **Zhumbei Serhii**,
King Danylo University, Ivano-Frankivsk, Ukraine

REGULATORY MECHANISMS FOR INTEGRATING CONTEMPORARY ARCHITECTURE INTO HISTORIC AREAS AND CULTURAL HERITAGE PROTECTION ZONES

Aligning contemporary architecture with historic areas and heritage protection zones has become a practical stress test for the quality of urban governance. Cities

need refurbishment, energy efficiency, accessibility, and new uses, yet interventions in “sensitive” contexts often trigger public disputes: communities expect authenticity and protected views, while developers need clear and predictable rules. The paper aims to systematise regulatory mechanisms for coordinating new construction and refurbishment with protection regimes and to propose a process-based decision-making model that reduces risks and strengthens legal certainty. The methodology combines a comparative legal review of Ukrainian rules and procedures, a content analysis of international approaches to managing change in historic cities, a morphological reading of the historic urban fabric, and a synthesis of typical project risks. The study argues that effective regulation goes beyond height or density caps and requires a “procedural architecture” with standardised baseline data (3D model and defined viewpoints), mandatory impact assessment for sensitive sites, multi-stage design review, public consultation, and post-project monitoring. Scientific novelty lies in formalising decision gates and combining parametric controls with qualitative criteria and conditional permits backed by compensatory obligations. The results can support local governments and heritage authorities in developing historic-area regulations and improving the quality and accountability of contemporary interventions, with an emphasis on transparency: assessment criteria and evidence should be open and verifiable for all stakeholders.

Keywords: historic area; heritage protection zone; contemporary architecture; regulatory instruments; impact assessment; design review; design code.

REFERENCES

1. Cabinet of Ministers of Ukraine (2002) Pro zatverdzhennia Poriadku vyznachennia mezh ta rezhymiv vykorystannia istorychnykh arealiv naselenykh mists, obmezhennia hospodarskoi diialnosti na terytorii istorychnykh arealiv naselenykh mists [On approving the procedure for defining boundaries and use regimes of historic areas of settlements and restricting economic activity within them] (Resolution No. 318). Available at: https://zakon.rada.gov.ua/go/318-2002-%D0%BF (Accessed: 9 February 2026) {in Ukrainian}.

2. Kucherenko, L.V. and Denysenko, V.O. (2024) ‘Istoryko-kulturni elementy v miskomu seredovyshchi: zakonomirnosti funktsionuvannia ta prostorovi transformatsii’ [Historical and cultural elements in the urban environment: patterns of functioning and spatial transformations], Suchasni tekhnolohii, materialy i konstruktsii v budivnytstvi, (2), pp. 131–135. doi: 10.31649/2311-1429-2024-2-131-135 {in Ukrainian}.

3. Leshchenko, N. (2022) ‘Pryntsyp «tsilisnosti» u kompleksnomu protsesi restavratsiino-rekonstruktyvnykh transformatsii istorychnykh tsentriv mist’ [The principle of “integrity” in the comprehensive process of restoration and reconstruction transformations of historic city centers], Suchasni problemy arkhitektury ta mistobuduvannia, (62), pp. 50–60. doi: 10.32347/2077-3455.2022.62.50-60 {in Ukrainian}.

4. Ministry for Communities and Territories Development of Ukraine (2019) DBN B.2.2-12:2019 “Planuvannia i zabudova terytorii” [State Building Norms B.2.2-12:2019 “Planning and development of territories”]. Available at: https://zakon.rada.gov.ua/go/v0104858-19 (Accessed: 9 February 2026) {in Ukrainian}.

5. Verkhovna Rada of Ukraine (2000) Pro okhoronu kulturnoi spadshchyny [On cultural heritage protection] (Law No. 1805-III). Available at: https://zakon.rada.gov.ua/go/1805-14 (Accessed: 9 February 2026) {in Ukrainian}.

6. Verkhovna Rada of Ukraine (2024) Pro vnesennia zmin do Zakonu Ukrainy «Pro okhoronu kulturnoi spadshchyny» shchodo zabezpechennia rivnykh umov uchasti hromadskykh ob'iednan v okhoroni kulturnoi spadshchyny [On amendments to the Law of Ukraine "On cultural heritage protection" regarding equal conditions for participation of public associations] (Law No. 4051-IX). Available at: https://zakon.rada.gov.ua/go/4051-20 (Accessed: 9 February 2026) {in Ukrainian}.

7. Cherkasova, K.T. and Snitko, I. A. (2025) 'Do problemy vyznachennia predmetu okhorony pam'iatky arkhitektury ta mistobuduvannia yak ob'iektu kulturnoi spadshchyny' [On defining the subject of protection of an architectural and urban-planning monument as a cultural heritage object], Suchasni problemy arkhitektury ta mistobuduvannia, (73), pp. 174–182. doi: 10.32347/2077-3455.2025.73.174-182 {in Ukrainian}.

8. Council of Europe (2017) European Cultural Heritage Strategy for the 21st century (Strategy 21): Recommendation CM/Rec (2017)1. Available at: https://rm.coe.int/strategy-21-european-cultural-heritage-strategy-for-the-21st-century-a/16807c810d (Accessed: 9 February 2026) {in English}.

9. Davos Declaration (2018) Toward a high-quality Baukultur for Europe. Available at: https://davosdeclaration2018.ch/wp-content/uploads/sites/2/2023/06/2022-06-09-081317-davos-declaration.pdf (Accessed: 9 February 2026) {in English}.

10. European Commission (2020) European quality principles for EU-funded interventions with potential impact upon cultural heritage. Available at: https://www.kul.ee/sites/default/files/documents/2021-05/EUQS_revised-2020_EN_ebook.pdf (Accessed: 9 February 2026) {in English}.

11. European Commission (2021) New European Bauhaus: Communication from the Commission COM (2021) 573 final (15 September). Available at: https://new-european-bauhaus.europa.eu/system/files/2021-09/COM%282021%29_573_EN_ACT.pdf (Accessed: 9 February 2026) {in English}.

12. ICCROM (2020) A guide to risk management of cultural heritage. Available at: https://www.iccrom.org/sites/default/files/Guide-to-Risk-Managment_English.pdf (Accessed: 9 February 2026) {in English}.

13. ICOMOS (2022) Guidance and toolkit for impact assessments in a World Heritage context. Available at: https://publ.icomos.org/publicomos/technica/DA81327A05CFF54CE4B80D41A2654FDB (Accessed: 9 February 2026) {in English}.

14. UNESCO (2015) Policy for the integration of a sustainable development perspective into the processes of the World Heritage Convention. Available at: https://whc.unesco.org/document/139146 (Accessed: 9 February 2026) {in English}.

15. UNESCO (2016) Historic Urban Landscape: An approach for integrating urban heritage conservation and urban development. Available at: https://whc.unesco.org/uploads/activities/documents/activity-727-1.pdf (Accessed: 9 February 2026) {in English}.

DOI: 10.32347/2786-7269.2026.17.91-102
УДК 728.8.035.2.025.5(477):724.1]-049.34
д. арх., професор **Івашко Ю.В.,**
yulia-ivashko@ukr.net, ORCID: 0000-0003-4525-9182, h-20,
Київський національний університет будівництва і архітектури,
кандидат технічних наук, доцент **Дмитренко А.Ю.,**
ab.Dmytrenko_AU@nupp.edu.ua, ORCID: 0009-0002-1672-5973, h-13,
Національний університет «Полтавська політехніка ім. Ю. Кондратюка»

ПРИСТОСУВАННЯ МІСЬКОГО ОСОБНЯКА ПІД ГРОМАДСЬКУ ФУНКЦІЮ ЯК ЗАСІБ ЗБЕРЕЖЕННЯ ПАМ'ЯТКИ АРХІТЕКТУРИ (НА ПРИКЛАДІ ОСОБНЯКА Ф. ТЕРЕЩЕНКА У МІСТІ КИЄВІ)

Досліджено маловідомі факти з історії будинку, відомого як особняк Федора Терещенка, де нині розташована «Київська картинна галерея» (колишній Музей російського мистецтва). Наведено стилістичну характеристику будинку, його композиційні і морфологічні особливості, авторські прориси з архівних креслеників об'єкта. Описано історію будівництва об'єкта, авторів проєкту і власників, зміну первинної житлової функції на музейну. Охарактеризовано музейну діяльність у мирний час і в часи російсько-української війни, проаналізовано зміни, обумовлені сучасними загрозами.

Ключові слова: міський особняк; пристосування пам'ятки архітектури; громадська функція; історія; Київська картинна галерея; музейна експозиція; загрози воєнного часу.

Вступ. Будинок Київської картинної галереї, який десятиліттями мав назву Музею російського мистецтва, є одним з найвідоміших в Україні через поєднання унікальної колекції і вишуканої псевдокласичної архітектури. Його ще часто називають особняком Терещенків, що є правдою – музейний заклад дійсно розташований в колишньому особняку підприємця і мецената Федора Терещенка. Втім, майже ніколи не згадується факт, що Терещенко придбав садибу з вже існуючим будинком і просто дещо перебудував його.

А первісною власницею садиби з псевдокласичним особняком була дружина маловідомого інженера-архітектора Чаплинського. До 1917 року відомі архітектори і цивільні інженери, як правило, мали власні садиби, а то й декілька. З міркувань безпеки такі садиби вони могли записувати на інших членів родини, найчастіше на своїх дружин – практика, яку активно використовують і зараз можновладці в багатьох країнах.

Постановка проблеми. Міський особняк XIX – початку XX століття на сьогодні є тим різновидом історичної забудови Києва, якому чи не найбільше загрожує знищення. Серед найяскравіших прикладів – т. зв. «особняк Багговута» по вул. Загорівська (кол. Багговутівська) 16; «будинок з мухами» по вул. Володимирській, 93; будинок купця Івана Шишкіна по вул. Волоська-Іллінська, 14/5; будинок Міллера по вул. Гоголівській, 32; знесена у липні 2024 р. садиба Зеленських по вул. Олександра Кониського, 22 тощо [1]. Усі вищезгадані особняки – як загрожені, так і знищені – мають одну спільну рису: вони знаходилися у приватній власності й внаслідок невеликої площі й малої поверховості були малоцікавими з комерційної точки зору для власників, які прагнули звести на їх місці нові будівлі більшої площі й поверховості. При цьому навіть статус пам'ятки архітектури не рятує будівлю від знищення внаслідок доведення її до аварійного стану, «випадкового» підпалу та інших причин.

На цьому тлі досвід успішного збереження і активного сучасного використання особняка Терещенків заслуговує на вивчення. Вивчення ж досвіду збереження пам'ятки архітектури, своєю чергою, неможливе без повних і достовірних відомостей про її історію. По багатьох історичних об'єктах Києва інформація залишається неповною, або взагалі відсутня. Це пов'язано з тим, що частина архівних документів не збереглася через бурхливі події XX століття. До того ж, частина документів, особливо по будинках початку XX століття, зберігалася у домовласників і так була втрачена. Це призвело до того, що інформація по будинках Києва до початку XX століття представлена в архівах м. Києва набагато повніше, ніж по будинках Києва починаючи з початку XX століття. В таких випадках встановити ім'я власника об'єкта можна по книгах «Адресная и справочная книга «Весь Киев» на окремі роки, які є в фондах бібліотеки ім. Вернадського.

Представлене дослідження – це результат тривалої роботи з фондами Державного архіву м. Києва [2] і «Адресной и справочной книги «Весь Киев» на окремі роки. Це дало можливість висвітлити маловідому історію будинку до придбання його меценатом Терещенком і таким чином створити доповнену цілісну картину розвитку особняка від початку будівництва і до умов функціонування Національного музею «Київська картинна галерея» в умовах російсько-української війни.

Актуальність дослідження полягає у доповненні історії зведення, використання та перепрофілювання пам'ятки житлової архітектури – особняка Терещенка (нині – Національного музею «Київська картинна галерея») невідомими фактами і таким чином створенні цілісної картини будинку від початків і до сьогодні.

Мета дослідження полягала в тому, аби висвітлити маловідомі факти з історії особняка Терещенка та проаналізувати особливості його сучасного використання в умовах воєнного часу.

Задачі дослідження полягали в наступному:

– описати історію зведення міського особняка на вул. Терещенківській;

– надати коротку архітектурну характеристику об'єкта;

– висвітлити досвід його перепрофілювання під громадську функцію та використання у статусі державного музею;

– охарактеризувати вплив війни на сучасне використання музею та організацію музейної експозиції.

Наукова новизна дослідження полягає у введенні в науковий оборот архівних відомостей про особняк Терещенка від початку його будівництва, прорисів з архівних креслень, у дослідженні розвитку та функціонування цього об'єкта в часі – від початку будівництва і до сьогодні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Мета дослідження та поставлені задачі обумовили необхідність опрацювання наукових джерел за наступними напрямками:

Для доповнення отриманих висновків опрацьовувались наукові джерела за такими напрямками:

– архівні фонди [2];

– дослідження про українських архітекторів досліджуваного періоду [3];

– дослідження еволюції міського житла у XIX – на початку XX століть [4];

– аналіз українського та зарубіжного досвіду зміни функціонального призначення пам'ятки архітектури з метою її збереження та сучасного використання [5 – 10];

– статті, що висвітлюють окремі аспекти збереження та реставрації історичної забудови історичних міст кінця XIX – початку XX століття [11, 12];

– статті, які висвітлюють особливості музейної діяльності під час війни в Україні [12, 13, 14];

– офіційний сайт Національного музею «Київська картинна галерея» [15].

Основна частина. Маловідомим лишається факт, що первісною власником садиби з вишуканим двохповерховим псевдокласичним будинком по вул. Терещенківській, 9, де зараз розташований Національний музей «Київська картинна галерея» (колишній Музей російського мистецтва), був не Ф.Терещенко, а дружина цивільного інженера Марія Теофілія Чаплинська [2].

Ім'я її чоловіка, Володимира (Владислава) Ромуальдовича Чаплинського, ймовірно, польського походження, сьогодні майже не зустрічається в науковій літературі. Судячи зі свідчень, зібраних В. Тимофієнком [3], особливо значного сліду в історії архітектури України і Києва зокрема, він не залишив: як і інші

цивільні інженери того часу, в середині XIX століття закінчив Петербурзьке Будівельне училище, отримавши звання «архітекторського помічника» і чин X класу [3, с.397]. Після праці у Ставрополі отримав звання інженера-архітектора. Рік пропрацював у Київському будівельному управлінні й у віці сорока років вийшов у відставку [13, с.397].

Утім, вже через рік, у січні 1875 року, інженер-архітектор Чаплинський отримав згідно контракту з Київською міською управою ділянку порожньої міської землі під будівництво цегляного житлового будинку на Університетській площі, 18 (так тоді називалася територія сучасної вул. Терещенківської). Згідно з планом Києва 1874 року ця ділянка була віднесена до I розряду і звільнялася від еспланадних обмежень 1872 року. Площа ділянки складала 673,5 кв. сажнів (Рис. 1).

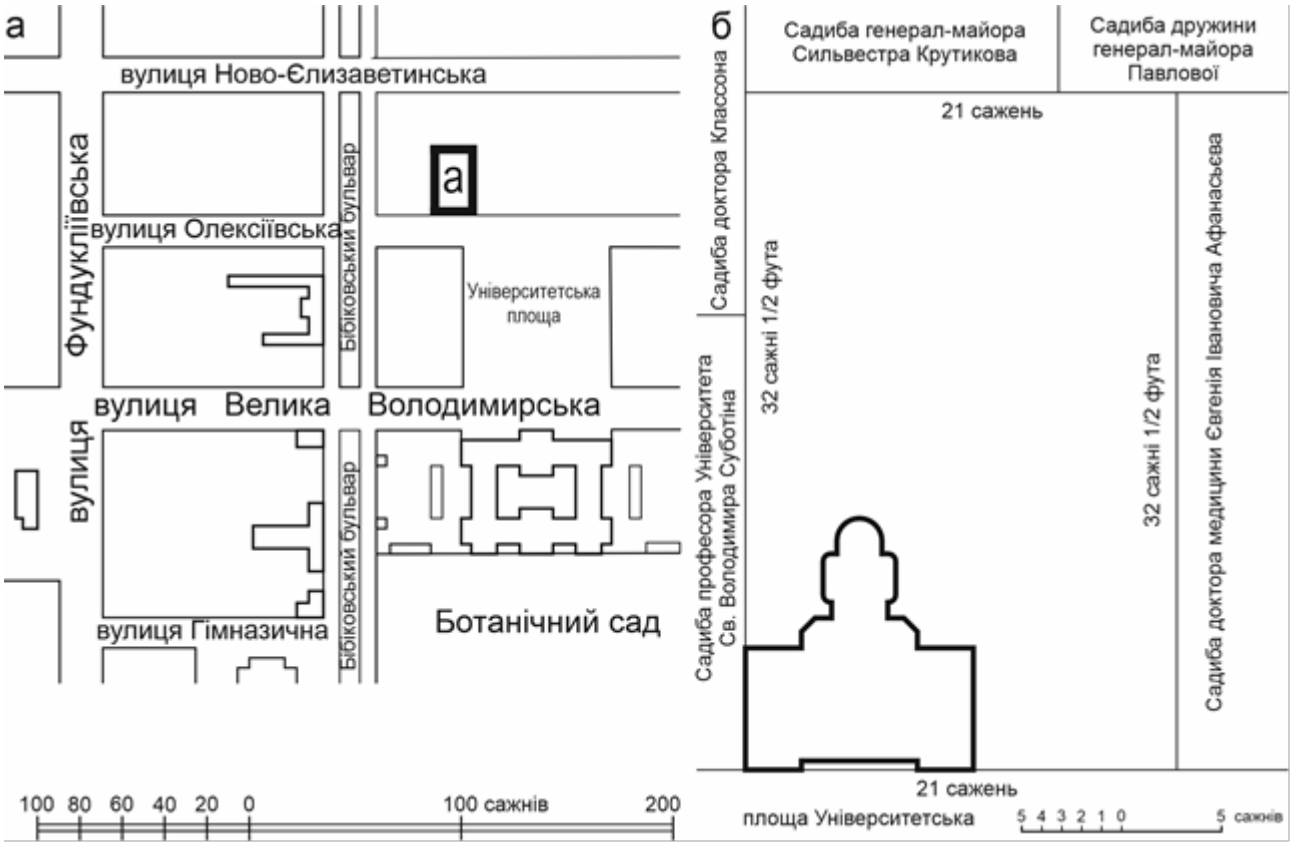


Рис. 1. Ситуаційна схема та генеральний план ділянки особняка. Креслення Ю. Івашко за архівними матеріалами [2].

Приблизно в той самий час розпочинається активна забудова і вільних ділянок по сусідству. Так, сусідня ділянка № 17 згідно з контрактом із Київською міською управою була передана під забудову доктору медицини Афанасьєву, ділянка № 19 – професору Університету Святого Володимира Суботіну. З ділянкою № 18 з боку вул. Ново-Єлизаветинської (кол.

Пушкінська, з 2022 – вул. Є. Чикаленка) межували ділянки № 28 і 31, які належали генерал-майору Крутикову і дружині генерал-майора Павловій.

Саме у 1874–1875 роках розпочалася активна забудова вулиці Ново-Єлизаветинської, де жило багато професорів Університету Святого Володимира.

Отримавши ділянку від Київської міської управи, інженер-архітектор Чаплинський згодом оформив її на дружину, й у червні 1877 року вона подала прошення до Київської міської управи про дозвіл на будівництво в садибі № 18 у Либідській частині м. Києва двоповерхового кам'яного будинку за проєктом архітектора Володимира Миколайовича Ніколаєва. Дозвіл було отримано за умови дотримання правил будівництва мурованих об'єктів.

У Державному архіві м. Києва зберіглася підписка відповідального архітектора про здійснення авторського нагляду за будівництвом, датована 25 липня 1877 року: «Я, нижеподписавшийся классный художник архитектуры Владимир Николаев на основании статьи 337 строительного Устава даю підписку в том, что имея право производить постройки согласно статьи 195 того же Устава принял на себя надзор и руководство при постройке каменного дома в усадьбе жены инженера-архитектора Марии Чаплинской и обязуюсь ответствовать за правильность произведенных работ» [2].

Згідно з вимогами до проєкту, зовнішні стіни мали бути товщиною не менше ніж 2,5 цеглини.

Проєкт будинку в садибі Чаплинської затвердив Київський міський голова, один з членів міської управи і архітектор Адольф-Фрідріх Карлович Геккер, який на той час займав посаду київського міського архітектора (Рис.2).

Розроблений Володимиром Миколайовичем Ніколаєвим проєкт особняка помітно відрізнявся від схожих малоповерхових об'єктів Києва в стилі історизму. Хоча будинок Чаплинської не був прикладом традиційного класицизму кінця XVIII-початку XIX століття, втіленого, наприклад, в палацах в Батурині, Сокиринцях, Качанівці, проте архітектору вдалося створити виразний образ «міні-палацу», гармонійно включивши до композиції головного фасаду, вхідної частини, обрамування вікон і бічних крил головного фасаду такі морфологічні ознаки класицизму як трикутні фронтони, півциркульні і прямокутні пілястри стилізованого псевдодоричного ордеру в завершеннях,

Фасад – центрально-симетричний, композиція підпорядкована трьом осям: головна вісь проходить через вхід і вікно другого поверху над ним, дві інші осі – через центральні вікна і фронтони бічних крил, виділених незначним виступом стіни.

Кімнати на другому поверсі групувалися вздовж головної осі. Відкриті парадні сходи пов'язували перший і другий поверхи, однак існував і другий,

«непарадний» вхід з гвинтовими сходами нагору (Рис. 2). У розплануванні другого поверху було використано традиційний анфіладний принцип. Наступними власниками садиби стала відома родина цукрозаводчиків Терещенків, і в 1882–1884 роках колишній будинок Чаплинської був дещо перебудований за проєктом російського архітектора, академіка архітектури Андрія Леонтійовича Гуна, а самими роботами керував первісний автор проєкту В. Ніколаєв. Утім, первісний задум головного фасаду в цілому зберігся.

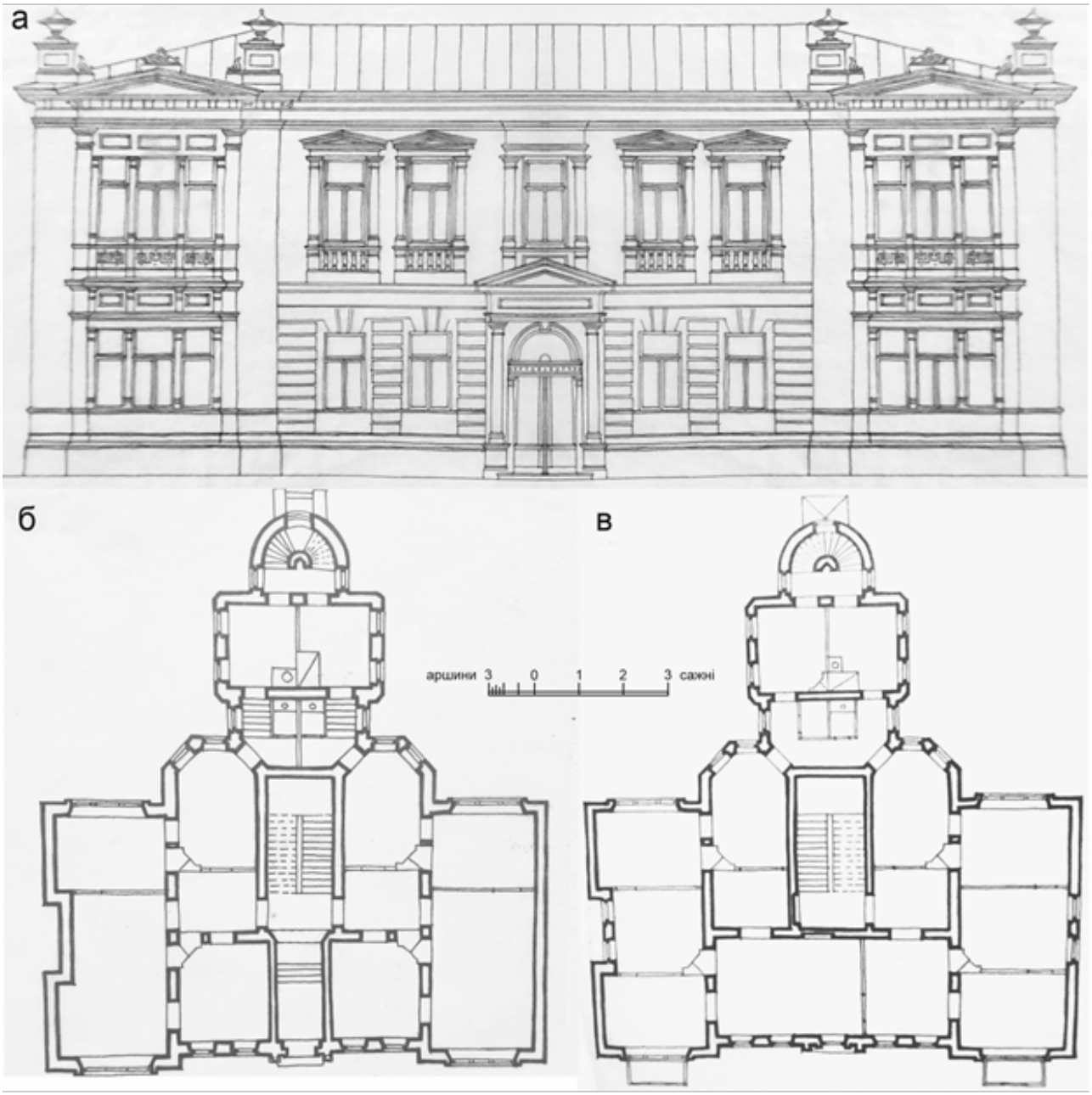


Рис. 2. Проєкт особняка: головний фасад (а), плани 1 і 2 поверхів (б, в). Прориси Ю. Івашко по архівних матеріалах [2]

Андрій Леонтійович Гун був відомий як автор проєктів в Москві і Петербурзі. Саме там він отримав визнання як автор петербурзького палацу

князя Володимира Олександровича, прибуткових будинків і цивільних об'єктів. В Україні він брав участь лише у двох проєктах: це вже згаданий особняк Терещенків і Анастасіївський собор у Глухові, збудований приблизно тоді ж, у 1885–1886 роках.

У перебудованому особняку знаходилася найбільша в Україні колекція творів мистецтва родини промисловців, колекціонерів і меценатів Терещенків. У листопаді 1922 року за сприяння Всеукраїнської академії наук тут було відкрито Київську картинну галерею.

Спочатку колекція налічувала лише двісті артефактів. Пізніше вона була доповнена експонатами з Центрального музейного фонду і закладів Києва, тож в каталозі галереї 1928 року згадується вже 300 експонатів. В 1936 році Київську картинну галерею перейменовано на Музей російського мистецтва.

Станом на початок 1940-х років Музей вважався одним з найвідоміших на теренах СРСР. Завдяки евакуації частини колекцій в часи Другої світової війни їх вдалося зберегти, однак ті експонати (понад 1500), які залишилися у Києві, були вивезені нацистською окупаційною владою. Повоєнне поновлення збірки музею відбувалося через закупівлі експонатів, музейні обміни і дарунки меценатів.

У роки незалежності увага була звернута на збирання і експозицію робіт українських митців. Змінився і статус музею: з 2011 року він має статус національного, а з 2017 року згідно з рішенням Київської міської ради йому повернуто первісну історичну назву – Київська картинна галерея.

Станом на початок російсько-української війни колекція Київської картинної галереї налічувала понад 14 тисяч експонатів. Втім, події російсько-української війни докорінно змінили підходи до музейництва. Для збереження колекцій їх було тимчасово прибрано з експозицій або переміщено до партнерських музеїв, а замість цього зроблено акцент на виставковій діяльності: фотовиставки, твори молодих митців, приватні колекції. Під час війни постійні колекції експонуються в партнерських музеях за кордоном.

Зокрема, реалізовані такі виставкові проєкти в Києві: «Самаркандська епопея українських художників. 1941–1944», «Закарпатська школа живопису», «Під Різдвяною Зіркою», «Олексій Шовкуненко. Херсон – Київ», «Всесвіт Володимира Микити», «Віч-на-віч з Миколою Ґе», «Терещенківська, 9». Міжнародні виставкові проекти: «Народжені Україною» у Художньому музеї Базеля (Kunstmuseum Basel, Швейцарія), «Від сутінок до світання» у Музеї мистецтва та історії Женеви (Musée d'art et d'histoire de Genève, Швейцарія), «Бастіон: українські митці про війну» в Сілезькому музеї в Катовіце (Muzeum Śląskie w Katowicach, Польща) [15].

Висновки. На основі опрацювання маловідомих архівних фондів доповнено історію відомого особняка Федора Терещенка до початку його придбання відомим промисловцем. Таким чином, була доповнена відсутня ланка в долі цього видатного об'єкта, а висвітлення його функціонування як музею в мирний і воєнний час дозволило простежити, як в умовах загрози для унікальних колекцій традиційна музейна функція трансформується в бік галерейно-виставкової. Оскільки в умовах війни існує пряма загроза втрати артефактів, їх або переміщують тимчасово до партнерських музеїв за кордон, або переносять до спеціальних сховищ, а зали наповнюють тимчасовими фотовиставками, виставками робіт молодих митців, експонують приватні колекції.

Список літератури

1. The Map of Abandoned and Damaged Buildings / Renovation Map. URL: https://renovationmap.org/en/map?region=kyiv (дата звернення: 05.02.2026).

2. Державний архів м. Києва. Ф.163, оп.41, № 1301.

3. Тимофієнко В. Зодчі України кінця XVIII – початку XX століть. Київ: НДІТІАМ, 1999. 477 с.

4. Chernyshev D., Ivashko Y., Ivashko O., Dmytrenko A., Ciepłucha W. From a Mansion to a Tenement House: The Evolution and Preservation of the Historical Development of Ukrainian Cities from the Late Nineteenth and Early Twentieth Centuries. *Wiadomości Konserwatorskie – Journal of Heritage Conservation,* 2023. No. 73. P. 16–23. DOI: 10.48234/WK73MANSION.

5. Ivashko Y., Pabich M., Toporkov V., Kravchuk O., Bigaj P. Problems of Repurposing the Monuments of Residential Architecture for Cultural and Artistic Function. *International Journal of Conservation Science,* 2025. Vol. 16, iss. 2. P. 947–964. DOI: 10.36868/IJCS.2025.02.13.

6. Ivashko Y., Serafin A., Sleptsov O., Pawłowska A., Ivashko O. Modern Use of the World Heritage Site – Villa Tugendhat in Brno and Its Significance for Modern Architecture. *International Journal of Conservation Science,* 2025. Vol. 16, spec. iss. P. 623–632. DOI: 10.36868/IJCS.2025.si.19.

7. Wójtowicz-Wróbel A., Ciepiela A., Blazy R., Papież R., Kulis D., Przesmycka E., Dumitru G., Sandu I. Function as an Opportunity to Preserve Historic Sites: A Study of Szczawnica Using Environmental, Social and Corporate Governance (ESG) Instruments and Artificial Intelligence (AI) Tools. *International Journal of Conservation Science,* 2025. Vol. 16, iss. 4. P. 1877–1900. DOI: 10.36868/IJCS.2025.04.19.

8. Paprzyca K., Oleś W., Tišliar P., Ivashko Y., Dmytrenko A. Modern Use of Historical Castles with Underground Premises (On Examples of Castles in Oświęcim and Špilberk in Brno). *International Journal of Conservation Science,* 2025. Vol. 16, spec. iss. P. 409–424. DOI: 10.36868/IJCS.2025.si.04.

9. Baera C., Gruin A., Enache F., Bolborea B., Chendes R.-V., Ciobanu A., Varga L., Sandu I., Corbu O. Opportunities Regarding the Innovative Conservation of the Romanian Vernacular Urbanistic Heritage. *International Journal of Conservation Science,* 2023. Vol. 14, iss. 3. P. 913–936. DOI: 10.36868/IJCS.2023.03.09.

10. Ivashko Y., Shcheviova U., Zolotar L., Ivashko O., Dmytrenko A., Urakina A., Początko M., Rubtsova S. Peculiarities of the "Provincial Secession" Style Development in Ukraine at the Beginning of the 20th Century and Modern Problems of Its Monuments Preservation in War Time. *International Journal of Conservation Science,* 2024. Vol. 15, spec. iss. 1. P. 321–334. DOI: 10.36868/IJCS.2024.SI.24.

11. Ivashko Y., Kuśnierz K., Krupa M., Gryglewski P., Dmytrenko A., Sandu I. Ways of Performance and Preservation of Monumental Art Works on the Facades of Architectural Monuments of the 19th – Early 20th Century. *International Journal of Conservation Science,* 2021. Vol. 12, iss. 4. P. 1209–1232.

12. Ivashko Y., Korovkina A., Yermolenko I., Tovbych V., Kusnierz-Krupa D., Kobylarczyk J. Finishing Materials for Facades and Interiors of Art Nouveau Buildings. Examples of Ukraine and Poland. *International Journal of Conservation Science,* 2021. Vol. 12, iss. 3. P. 935–960.

13. Ivashko Y., Pawłowska A. Transformations of Exhibitions in War-Affected Ukraine: 2024 Perspectives on Art-Driven Inclusion and Socialization. *Muzeológia a kultúrne dedičstvo,* 2025. Vol.13, iss.2. P. 43–63. DOI: 10.46284/mkd.2025.13.2.3.

14. Ivashko Y., Pawłowska A., Kuśnierz-Krupa D., Dmytrenko A. Problems of Replacing Museum Exhibitions During the Russian-Ukrainian War [Problematika nahrazování muzejních expozic během rusko-ukrajinské války]. *Museologica Brunensia,* 2024. Vol. 13, iss. 2. P. 38–45. DOI: 10.5817/MuB2024-2-4.

15. Національний музей «Київська картинна галерея». Офіційний вебсайт. URL: https://knag.museum/index.php/uk/ (дата звернення: 05.02.2026).

Dr. of Science, Professor **Yulia Ivashko**,
Kyiv National University of Construction and Architecture,
PhD, Associate Professor **Andrii Dmytrenko**,
National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic"

ADAPTATION OF A CITY MANSION TO PUBLIC FUNCTION AS A MEANS OF PRESERVING AN ARCHITECTURAL MONUMENT (ON THE EXAMPLE OF F. TERESHCHENKO'S MANSION IN THE CITY OF KYIV)

The article explores little-known facts from the history of the house known as Fedir Tereshchenko's mansion, where the Kyiv Picture Gallery (former Museum of Russian Art) is now located. The stylistic characteristics of the house, its compositional and morphological features, and the author's sketches from the archival

drawings of the object are presented. The history of the construction of the object, the authors of the project, and the owners, the change of the primary residential function to the museum function, are described. The museum's activities in peacetime and during the Russian-Ukrainian war are characterized, and the changes caused by modern threats are analyzed. The relevance of the research lies in supplementing the history of the outstanding object – the Tereshchenko mansion – of the Kyiv Art Gallery with unknown facts and thus creating a holistic picture of the building from its beginnings to the present day.

The purpose of the study was to highlight little-known facts from the history of the Tereshchenko mansion and analyze the features of its modern use in wartime conditions.

The objectives of the study were as follows:

– to describe the history of the construction of the city mansion on Tereshchenkivska Street;

– to provide a brief architectural description of the object;

– to highlight the experience of its re-profiling for a public function and use in the status of a state museum;

– to characterize the impact of the war on the modern use of the museum and the organization of the museum exhibition.

It remains a little-known fact that the original owner of the estate with an elegant two-story pseudo-classical house at 9 Tereshchenkivska Street, where the National Museum "Kyiv Picture Gallery" (former Museum of Russian Art) is now located, was not F. Tereshchenko, but the wife of a civil engineer, Maria Teofilya Chaplinska.

The mansion project developed by Volodymyr Nikolaiev was noticeably different from similar low-rise buildings in Kyiv in the historicist style. Although the Chaplynska house was not an example of the traditional classicism of the late 18th and early 19th centuries, embodied, for example, in the palaces in Baturyn, Sokyryntsi, and Kachanivka, the architect nevertheless managed to create an expressive image of a “mini-palace”, harmoniously incorporating into the composition of the main facade such morphological features of classicism as triangular pediments, semicircular and rectangular pilasters of a stylized pseudo-Doric order in the ends, the entrance part, and the framing of the windows and side wings of the main facade.

The next owners of the estate were the famous Tereshchenko family of sugar manufacturers, and in 1882–1884 the former Chaplinskaya house was rebuilt according to the design of the Russian architect, academician of architecture Andrey Leontiyovich Hun, and the works themselves were supervised by the original author of the project, Volodymyr Nikolayev.

The scientific novelty of the study lies in the introduction into scientific circulation of archival information about the Tereshchenko's mansion from the beginning of its construction, sketches from archival drawings, and in the study of the development and functioning of this object over time, from the beginning of construction to the present day.

Keywords: city mansion; adaptation of an architectural monument; public function; history; Kyiv Art Gallery; museum exhibition; threats of wartime.

REFERENCES

1. The Map of Abandoned and Damaged Buildings. Renovation Map. Retrieved February 5, 2025, from https://renovationmap.org/en/map?region=kyiv {in English}

2. State Archives of Kyiv. [Derzhavnyi Arkhiv m. Kyieva]. Fund 163 description 41 No. 1301.{in Russian}

3. Tymofiienko V. Ukrainian architects of the late 18th – early 20th centuries. [Zodchi Ukrainy kintsia XVIII – pochatku XX stolit′]. Kyiv: NDITIAM, 1999. {in Ukrainian}

4. Chernyshev D., Ivashko Y., Ivashko O., Dmytrenko A., Ciepłucha W. (2023). From a Mansion to a Tenement House: The Evolution and Preservation of the Historical Development of Ukrainian Cities from the Late Nineteenth and Early Twentieth Centuries. *Wiadomości Konserwatorskie – Journal of Heritage Conservation, 73,* 16-23. DOI: 10.48234/WK73MANSION. {in English}

5. Ivashko Y., Pabich M., Toporkov V., Kravchuk O., Bigaj P. (2025). Problems of Repurposing the Monuments of Residential Architecture for Cultural and Artistic Function. *International Journal of Conservation Science, 16*(2), 947-964. DOI: 10.36868/IJCS.2025.02.13. {in English}

6. Ivashko Y., Serafin A., Sleptsov O., Pawłowska A., Ivashko O. (2025). Modern Use of the World Heritage Site – Villa Tugendhat in Brno and Its Significance for Modern Architecture. *International Journal of Conservation Science, 16*(S.I.), 623-632. DOI: 10.36868/IJCS.2025.si.19. {in English}

7. Wójtowicz-Wróbel A., Ciepiela A., Blazy R., Papież R., Kulis D., Przesmycka E., Dumitru G., Sandu I. (2025). Function as an Opportunity to Preserve Historic Sites: A Study of Szczawnica Using Environmental, Social and Corporate Governance (ESG) Instruments and Artificial Intelligence (AI) Tools. *International Journal of Conservation Science, 16*(4), 1877-1900. DOI: 10.36868/IJCS.2025.04.19. {in English}

8. Paprzyca K., Oleś W., Tišliar P., Ivashko Y., Dmytrenko A. (2025). Modern Use of Historical Castles with Underground Premises (On Examples of Castles in Oświęcim and Špilberk in Brno). *International Journal of Conservation Science, 16*(S.I.), 409-424. DOI: 10.36868/IJCS.2025.si.04. {in English}

9. Baera C., Gruin A., Enache F., Bolborea B., Chendes R.-V., Ciobanu A., Varga L., Sandu I., Corbu O. (2023). Opportunities Regarding the Innovative Conservation of the Romanian Vernacular Urbanistic Heritage. *International Journal of Conservation Science, 14*(3), 913-936. DOI: 10.36868/IJCS.2023.03.09. {in English}

10. Ivashko Y., Shcheviova U., Zolotar L., Ivashko O., Dmytrenko A., Urakina A., Początko M., Rubtsova S. (2024). Peculiarities of the "Provincial Secession" Style Development in Ukraine at the Beginning of the 20th Century and Modern Problems of Its Monuments Preservation in War Time. *International Journal of Conservation Science, 15*(S.I.), 321-334. DOI: 10.36868/IJCS.2024.SI.24. {in English}

11. Ivashko Y., Kuśnierz K., Krupa M., Gryglewski P., Dmytrenko A., Sandu I. (2021). Ways of Performance and Preservation of Monumental Art Works on the Facades of Architectural Monuments of the 19th – Early 20th Century. *International Journal of Conservation Science, 2* (4), 1209-1232. {in English}

12. Ivashko Y., Korovkina A., Yermolenko I., Tovbych V., Kusnierz-Krupa D., Kobylarczyk J. (2021). Finishing Materials for Facades and Interiors of Art Nouveau Buildings. Examples of Ukraine and Poland. *International Journal of Conservation Science, 12* (3). 935-960. {in English}

13. Ivashko Y., Pawłowska A. (2025). Transformations of Exhibitions in War-Affected Ukraine: 2024 Perspectives on Art-Driven Inclusion and Socialization. *Muzeológia a kultúrne dedičstvo, 13* (2), 43-63. DOI: 10.46284/mkd.2025.13.2.3. {in English}

14. Ivashko Y., Pawłowska A., Kuśnierz-Krupa D., Dmytrenko A. (2024). Problems of Replacing Museum Exhibitions During the Russian-Ukrainian War [Problematika nahrazování muzejních expozic během rusko-ukrajinské války]. *Museologica Brunensia, 13*(2), 38-45. DOI: 10.5817/MuB2024-2-4.11. {in English}

15. National Museum "Kyiv Art Gallery" [Natsionalnyi Muzei "Kyivs'ka kartynna halereia"]. Official website. Retrieved February 5, 2025, from: https://knag.museum/index.php/uk/ {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2786-7269.2026.17.103-112
УДК 711.7

Овсянкін О.П.,
metrika2003@gmail.com, ORCID: 0009-0002-6131-3062,
Збройні Сили України,
Носаль С.С.,
nosalstepan58@gmail.com, ORCID: 0009-0001-6904-7611,
Одеська Державна Академія Будівництва та Архітектури,

ІННОВАЦІЙНІ ІНДУСТРІАЛЬНІ ТА МОБІЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ БУДІВНИЦТВА У ПІСЛЯВОЄННОМУ ВІДНОВЛЕННІ УКРАЇНИ: ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНИЙ ВИМІР

Розглядаються інноваційні технології промислового та мобільного будівництва як один з ключових інструментів повоєнної відбудови інфраструктури України. Аналізується історичний досвід масового житлового будівництва в європейських країнах другої половини 20 століття, зокрема використання великоблокових систем, панельного домобудівництва та мобільних житлових комбінатів, що дозволило швидко забезпечити населення житлом у період масштабної реконструкції міст. Особлива увага приділяється сучасним можливостям адаптації цих підходів до сучасних умов України з урахуванням розвитку цифрових технологій, нових матеріалів та логістичних систем. Розглянуто перспективи впровадження високошвидкісного складання, мобільних виробництв та мобільних промислових вузлів, здатних швидко переміщатися між регіонами відповідно до потреб відбудови. Особливий акцент робиться на концепції мобільних виробничих комплексів на базі залізничної інфраструктури, які можуть функціонувати як «фабрики на рейках» та забезпечувати виготовлення конструкційних елементів безпосередньо поблизу будівельних майданчиків. Доведено, що поєднання індустріалізованих методів з технологіями BIM, новими будівельними матеріалами та цифровими інструментами управління проектами дозволяє значно скоротити терміни реалізації будівництва, оптимізувати логістичні процеси, знизити транспортні витрати та забезпечити високу якість конструкцій. Підкреслюється стратегічна роль залізничної мережі в логістиці будівельних процесів, формуванні мобільної промислової інфраструктури та інтеграції регіонів України в єдину систему післявоєнної відбудови.

Ключові слова: післявоєнна відбудова; інноваційні будівельні технології; промислове будівництво; мобільні домобудівні заводи; фабрика на рейках; BIM; великоблочні системи; залізнична логістика; інфраструктура України.

Постановка проблеми. Післявоєнне відновлення України супроводжується масштабними викликами, зокрема необхідністю оперативного відбудування житлових районів, соціальних об'єктів, виробничої та транспортної інфраструктури. Вирішальним фактором у цьому процесі стає швидкість зведення будівель і споруд, що визначає пріоритетність застосування індустріальних та інноваційних технологій. Традиційні стаціонарні виробничі потужності не завжди здатні забезпечити необхідну динаміку та гнучкість, що актуалізує потребу у мобільних рішеннях.

Мета. Дослідити історичний і сучасний досвід застосування мобільних виробничих потужностей у будівництві, оцінити їхній практичний і технологічний потенціал для післявоєнного відновлення України та окреслити роль залізничного транспорту у формуванні мобільних будівельних індустріальних хабів із практичними рекомендаціями для впровадження.

Основна частина. Застосування швидкісного монтажу та мобільних виробничих потужностей дозволяє скоротити строки будівництва у кілька разів, одночасно забезпечуючи відповідність сучасним вимогам енергоефективності, екологічності та довговічності об'єктів.

Певний орієнтир для України становить історичний досвід відбудови у XX столітті. Так, у післявоєнні десятиліття на території колишнього СРСР широко впроваджувалися системи великоблочного та панельного домобудування, що забезпечувало масове і швидке зведення житлових кварталів. Аналогічні практики застосовувалися і в країнах Західної та Центральної Європи, зокрема у Німеччині та Польщі, де індустріальні методи будівництва стали основою масштабних відбудовчих процесів.

Досвід масового панельного будівництва в Україні у другій половині XX століття дав змогу в найкоротші терміни подолати гострий житловий дефіцит, проте він супроводжувався низкою суттєвих недоліків, серед яких низька архітектурна виразність забудови, відсутність індивідуалізації житлових середовищ, а також технічні проблеми зі стиками панелей, теплоізоляцією та довговічністю конструкцій [1].

Натомість сучасні технології крупноблочного домобудування, поєднані з можливостями BIM-моделювання та застосуванням новітніх матеріалів — легких бетонів, газобетону, композитів, — дозволяють не лише зберегти швидкість і масштабність зведення, а й усунути попередні недоліки, забезпечивши високу якість, енергоефективність і варіативність архітектурних рішень. Додатковою перевагою є зменшення витрат на транспортування завдяки локалізації виробництва або використанню мобільних заводських потужностей, що робить цей підхід особливо актуальним для регіонів із частково зруйнованою логістичною мережею.

Досвід низки європейських країн у другій половині XX століття засвідчив високу ефективність мобільних домобудівних комбінатів у забезпеченні масового житлового будівництва в умовах швидкої урбанізації та відбудови після воєнних руйнувань. У Німецькій Демократичній Республіці в 1960–1980-х роках поширилася система «Plattenbau», яка спиралася на мобільні заводи з виробництва стандартних панелей для п'ятиповерхових і дев'ятиповерхових будинків (серії P2, WBS 70), що розгорталися безпосередньо поруч із новими мікрорайонами, наприклад у східноберлінському районі Марцан [2; 3; 4].

У Польщі у 1970-х роках реалізовувалася масштабна програма «Wielka Płyta» («Велика плита»), для якої тимчасові мобільні домобудівні комбінати працювали у Варшаві (район Урсинув), Познані та Гданську, функціонуючи протягом 5–10 років, після чого їх демонтували й перевозили на нові будівельні майданчики [4].

У Чехословаччині застосовували пересувні заводи для випуску панелей типових серій, зокрема T06B, які у Братиславі та Празі розміщували безпосередньо біля великих житлових комплексів, а після завершення будівельних програм переміщували далі [4].

Скандинавський досвід, зокрема у Фінляндії 1960–1970-х років, показав ефективність мобільних установок для виготовлення панелей із легкого газобетону (Siporex, Ytong), що дозволяло поєднувати швидкість монтажу з високими теплоізоляційними властивостями та довговічністю житлових будинків [5]. У контексті розвитку сучасного будівництва важливим є й міжнародний досвід, представлений у дослідженнях з історії домобудівної індустріалізації [6; 7; 8].

Таким чином, мобільні домобудівні комбінати стали важливим інструментом масового житлового будівництва у післявоєнній Європі. Їхня перевага полягала у гнучкості розміщення та здатності оперативно задовольняти локальні потреби міст у короткі строки. Подібна модель є надзвичайно актуальною й для України в сучасних умовах відбудови.

Найважливішим фактором для організації швидкісного виробництва та монтажу будівельних конструкцій є транспортне забезпечення. Транспорт має бути незалежним від погодних умов, стабільним, надійним, економічно доцільним, екологічним і водночас здатним забезпечувати високі обсяги переміщення вантажів за оптимальною вартістю. У цьому контексті залізничний транспорт виступає беззаперечним пріоритетом. Вартість будівництва та експлуатації залізничних колій, а також швидкість їхнього укладання є вагомими аргументами на користь використання залізниць у процесах післявоєнного відновлення. Додатковою перевагою є можливість розміщення готових виробничих ліній із випуску будівельних матеріалів і конструкцій безпосередньо

на залізничних платформах, що створює основу для функціонування пересувних заводів та домобудівних комбінатів. Персонал таких мобільних виробничих потужностей може бути розташований у «вагонній» інфраструктурі, що підвищує автономність і мобільність будівельного процесу.

В умовах руйнування логістичних шляхів і перебоїв у централізованому постачанні будівельних матеріалів особливої актуальності набуває створення локальних виробничих баз, здатних забезпечити громади необхідними будівельними конструкціями. Одним із найефективніших рішень є організація малих приватних підприємств, які безпосередньо на місцях будівництва можуть виготовляти легкобетонні навісні панелі для залізобетонних каркасів. Такий підхід суттєво скорочує транспортні витрати, оскільки відпадає потреба у доставці масивних виробів із віддалених комбінатів, і водночас підвищує рівень конкуренції на локальному ринку, що сприяє зниженню вартості продукції. Важливою перевагою є і гнучкість виробництва: невеликі підприємства мають змогу оперативно перепрофільовувати свої потужності під виготовлення різних типів панелей залежно від потреб конкретного проєкту чи вимог замовника. Додатковим напрямом розвитку є використання пересувних заводських потужностей — мобільних модульних або контейнерних комплексів, які дозволяють налагоджувати виробництво бетонних елементів безпосередньо біля будівельних майданчиків. Це забезпечує ще більшу незалежність від централізованих комбінатів, прискорює процес монтажу, робить будівництво більш ритмічним і стабільним навіть за умов обмеженої логістики, а також відкриває перспективи для ширшого впровадження інноваційних технологій у сфері житлового та громадського будівництва**.** [9]

Пересувний завод на рельсах можна уявити як мобільний індустріальний хаб**,** що пересувається залізницею та здатний забезпечувати безперервний цикл будівельного виробництва у будь-якому регіоні. Його ключова ідея полягає в тому, щоб максимально наблизити виробництво конструкцій і матеріалів до місця будівництва, мінімізуючи транспортні витрати та втрати часу.

Такий завод може складатися з кількох взаємопов’язаних функціональних модулів, серед яких виробничий блок із бетонозмішувальними установками та лініями для виготовлення плит, блоків, панелей, сходових маршів і колон; цех полімерних і композитних матеріалів для створення легких фасадних та перегородкових елементів; лінія для виробництва легких бетонів і пінобетону, що застосовуються як заповнення та теплоізоляція; модуль опалубки з системами швидкого монтажу ліфтових шахт, плит перекриттів і колон; а також енергетичний блок, оснащений автономними генераторами та здатний підключатися до відновлюваних джерел енергії.

Завод на рейках фактично виконує роль пересувного будівельного комбінату, здатного одночасно обслуговувати кілька будівельних майданчиків у межах своєї зони розташування. Завдяки контейнерному формату обладнання він може бути розгорнутий поетапно: окремі модулі розвантажуються на будівельному майданчику, а виробничі лінії запускаються вже через кілька днів після прибуття. Технологічні особливості такого заводу включають використання автоматизованих систем управління виробництвом, інтеграцію з BIM-моделями об’єктів, що дозволяє виробляти конструкції відповідно до цифрових креслень, а також застосування 3D-друку бетоном для створення унікальних елементів. Усе це підвищує точність, скорочує терміни і знижує витрати.

Переваги пересувного заводу на рельсах полягають у тому, що він забезпечує швидку перебудову виробництва під потреби конкретного об’єкта, зменшує залежність від стаціонарних заводів, а також дає змогу оперативно реагувати на кризові ситуації — відновлення після руйнувань, ліквідація наслідків стихійних лих, розбудова тимчасової інфраструктури для переселенців. У перспективі подібні заводи можуть стати основою нової стратегії швидкого будівництва**.** Її можна застосовувати у віддалених регіонах, у районах промислового освоєння, під час спорудження великих інфраструктурних хабів чи навіть у міжнародних гуманітарних місіях.

На даний момент існує багато прикладів використання залізничної інфраструктури для розміщення на рейках пересувних (мобільних) заводів з виробництва бетону та будівельних конструкцій (рис. 1).

а) Blend Mobile Concrete Plants (Італія). Мобільні бетонні заводи на залізничних платформах («бетонні потяги»), які використовуються при будівництві та обслуговуванні звичайних і високошвидкісних залізниць

б) Euromecc WAGON MIX 1500 (Італія). Модульний бетонний завод із п’яти вагонів, спеціально розроблений для роботи на залізниці.

в) GCF Electrification (Італія). Автоматизовані бетонозмішувальні заводи на з’єднаних вагонах, що забезпечують приготування бетону безпосередньо на місці та контроль якості кожної заливки.

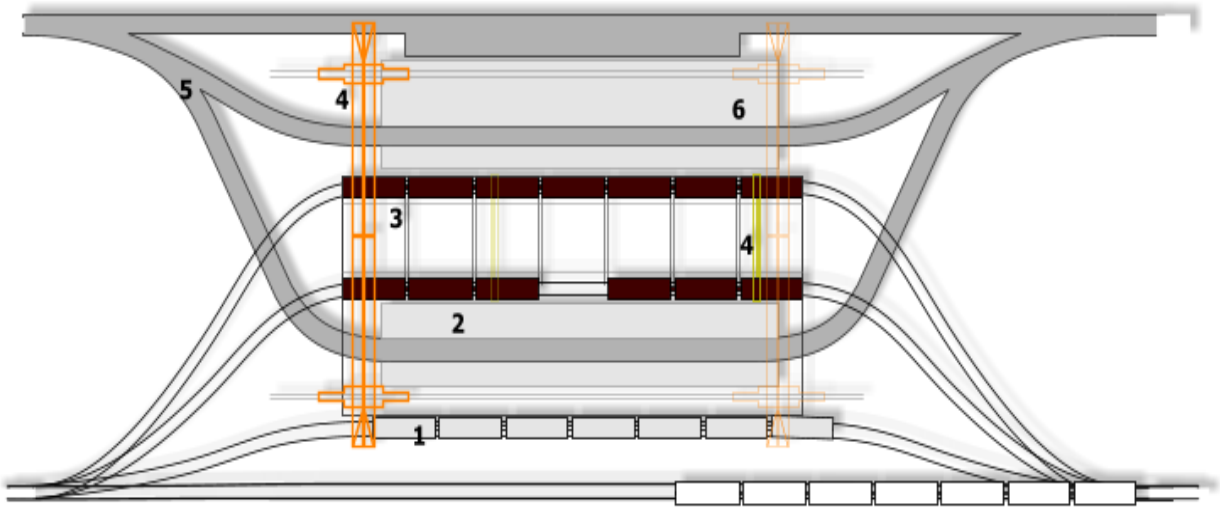
Рис. 1. Мобільні бетонні заводи на залізничних платформах.

Ця технологія активно застосовується в країнах Європи та Азії, забезпечуючи високу ефективність будівельних процесів завдяки організації виробництва безпосередньо на місці будівництва, що дозволяє зменшити логістичні витрати та скоротити терміни реалізації масштабних інфраструктурних проєктів.

Ключова роль залізниць у будівельному відродженні України проявляється в їх здатності забезпечувати стійку логістику для перевезення будівельних матеріалів, обладнання та трудових ресурсів, що особливо важливо в умовах масштабної реконструкції зруйнованої інфраструктури та житлового фонду. Розвинена залізнична мережа стає не лише інструментом відновлення промисловості й будівництва, але й чинником просторової інтеграції регіонів, стимулюючи економічне зростання та збалансований розвиток територій. Завдяки високій пропускній здатності й доступності залізниці формують основу для ефективної реалізації державних та міжнародних проєктів післявоєнного відновлення країни. Сучасні умови відновлення інфраструктури та масштабного будівництва потребують швидких, мобільних і високоефективних виробничих комплексів. Традиційні стаціонарні заводи з виготовлення будівельних матеріалів не завжди відповідають вимогам оперативності, транспортування та логістики. Тому виникає необхідність у впровадженні мобільних індустріальних рішень, здатних інтегруватися з існуючою транспортною інфраструктурою та забезпечувати безперервний виробничий процес у безпосередній близькості до будівельних майданчиків [10].

Одним із таких рішень є мобільний будівельний індустріальний хаб на залізничній базі (рис. 2). який поєднує функції приймання сировини, виробництва та відвантаження бетонних виробів із застосуванням автоматизованих технологій і сучасної логістики.

Мобільний будівельний індустріальний хаб на залізничній базі являє собою комплекс, що включає лінію завантаження матеріалів для приймання сировини з вагонів та майданчик її складування, виробничу лінію на базі двох залізничних складів, де здійснюється повний цикл виготовлення бетонних сумішей і виробів, а також рейково-автономний кран із роботизованим керуванням ЧПУ та Штучним Інтелектом для розвантаження, внутрішнього переміщення і завантаження готової продукції. До складу хаба входять автодорога, що з’єднує виробництво з будівельними майданчиками та транспортною мережею, і майданчик готової продукції, призначений для тимчасового зберігання бетонних виробів перед їх доставкою споживачам [11].



Основні елементи принципової схеми мобільного будівельного індустріального хаба на залізничній базі:

1. Лінія завантаження матеріалів – приймає сировину, що доставляється залізничними вагонами.
2. Майданчик зберігання матеріалів – призначений для приймання та складування сировини, необхідної для безперервного виробничого процесу.
3. Виробнича лінія – складається з декількох залізничних составів, на базі яких забезпечується повний цикл виготовлення бетонних виробів та приготування бетонних сумішей.
4. Рейково-автономні крани (козловий та мостовий) з повною роботизацією, керованою системами ЧПУ та штучним інтелектом, здійснюють розвантаження матеріалів, що надходять на виробництво, їхнє переміщення всередині виробничої лінії, а також завантаження готової продукції на транспорт.
5. Автодорога – забезпечує зв'язок виробництва з будівельними майданчиками, а також може використовуватися для підвезення матеріалів безпосередньо на виробництво.
6. Майданчик готової продукції – використовується для тимчасового зберігання бетонних виробів перед їх відвантаженням споживачам.

Автор: архітектор О. П. Овсянкін

Одеса 2025 р.

Рис. 2. Принципова схема мобільного будівельно-індустріального хаба на базі залізничного транспорту.

Висновки. Післявоєнне відновлення України вимагає застосування високоефективних будівельних технологій, здатних забезпечити швидке і якісне відбудування житлових та інфраструктурних об'єктів. Історичний досвід масового індустріального будівництва може стати корисним орієнтиром, проте сучасні умови вимагають використання нових матеріалів, цифрових рішень і мобільних виробничих потужностей. Мобільні домобудівні комбінати, пересувні заводи і локалізовані виробничі бази дозволяють мінімізувати транспортні витрати й оперативно забезпечувати потреби громад у будівельних конструкціях. Ключова роль залізниць полягає у створенні надійної логістичної основи для масштабної відбудови, що сприятиме економічному зростанню, інтеграції регіонів та сталому розвитку країни.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Bodenschatz H., Post Ch. (Hg.). Städtebau im Schatten Stalins. Die internationale Suche nach der sozialistischen Stadt in der Sowjetunion 1929–1935. Berlin: Verlag für Bauwesen, 2003. 368 p.

2. Der Plattenbau als Krisengebiet – Die architektonische und politische Transformation industriell errichteter Wohngebäude aus der DDR am Beispiel der Stadt Leinefelde. URL: https://www.researchgate.net/publication/ (дата звернення: 11.09.2025).

3. Junghanns K. Das Haus für Alle – Zur Geschichte der Vorfertigung in Deutschland. Berlin: Ernst & Sohn, 1994. 247 p. ISBN 3-433-01274-1.

4. Terlau-Friemann K. Industrielles Bauen in Europa – 75 Jahre Großtafelbauweise. Ein Versuch zur Einordnung der „Platte“ in die moderne Architekturgeschichte. In: Geschichte und Zukunft des industriellen Bauens. Tag der Regional- und Heimatgeschichte Marzahn-Hellersdorf am 10. November 2001, Berlin. URL: http://www.heimatverein-marzahn.de/tageregional_mar_hel_2001/beitrag_terlau.html (дата звернення: 11.09.2025).

5. Kallioniemi A. Asutuksen rakenne ja muutokset. Helsinki, 1989. P. 196–209.

6. Emmerson R. A short history of prefabrication. Prefab Museum. URL: https://www.prefabmuseum.uk/ (дата звернення: 11.09.2025).

7. History of Prefab Construction | Plungie. URL: https://www.plungie.com (дата звернення: 11.09.2025).

8. The Engineer 1862/12/26 – Graces Guide. URL: https://www.gracesguide.co.uk (дата звернення: 11.09.2025).

9. Кірдіна О.Г. Проблеми та перспективи інноваційного розвитку залізничного транпорту / О.Г. Кірдіна // Вісник економіки транспорту і промисловості: збірник наукових праць. – Харків, УкрДУЗТ. - 2015. - № 50. – С. 285 – 289.

10. Дикань В.Л. Забезпечення ефективності інноваційної діяльності підприємств залізничного транспорту: монографія / В.Л. Дикань, В.О. Зубенко. - Х. : УкрДАЗТ, 2008. – 194 с.

11. Дейнека О.Г. Інноваційноінвестиційні підходи до розвитку галузі залізничного транспорту / О.Г. Дейнека // Вісник економіки транспорту і промисловості: збірник наукових праць. – Харків, УкрДАЗТ. - 2018. - № 22. - С. 54-55

Ovsyankin Oleksandr,
Armed Forces of Ukraine,
Nosal Stepan,
Odessa State Academy of Construction and Architecture

«INNOVATIVE INDUSTRIAL AND MOBILE CONSTRUCTION TECHNOLOGIES IN THE POST-WAR RECONSTRUCTION OF UKRAINE: TRANSPORT AND LOGISTICS DIMENSION»

The article examines innovative industrial and mobile construction technologies as one of the key tools for the post-war reconstruction of Ukraine's infrastructure. The historical experience of mass housing construction in European countries in the second half of the 20th century is analyzed, in particular the use of large-block systems, panel housing construction and mobile housing plants, which allowed for the rapid provision of housing to the population during the period of large-scale reconstruction of cities. Special attention is paid to the modern possibilities of adapting these approaches to the current conditions of Ukraine, taking into account the development of digital technologies, new materials and logistics systems. The prospects for the implementation of high-speed assembly, mobile production facilities and mobile industrial hubs, capable of quickly moving between regions in accordance with the needs of reconstruction, are considered. Special emphasis is placed on the concept of mobile production complexes based on railway infrastructure, which can function as "factories on rails" and ensure the manufacture of structural elements directly near construction sites. It is proven that the combination of industrialized methods with BIM technologies, new building materials and digital project management tools allows to significantly reduce the construction implementation time, optimize logistics processes, reduce transportation costs and ensure high quality of structures. The strategic role of the railway network in the logistics of construction processes, the formation of mobile industrial infrastructure and the integration of the regions of Ukraine into a single system of post-war reconstruction is emphasized.

Keywords: post-war reconstruction; innovative construction technologies; industrial construction; mobile house-building plants; factory on rails; BIM; large-block systems; railway logistics; infrastructure of Ukraine.

REFERENCES

1. Bodenschatz H., Post Ch. (Hg.). Städtebau im Schatten Stalins. Die internationale Suche nach der sozialistischen Stadt in der Sowjetunion 1929–1935. Berlin: Verlag für Bauwesen, 2003. 368 p. {In English}

2. Der Plattenbau als Krisengebiet – Die architektonische und politische Transformation industriell errichteter Wohngebäude aus der DDR am Beispiel der Stadt Leinefelde. URL: https://www.researchgate.net/publication/ (дата звернення: 11.09.2025). {In English}

3. Junghanns K. Das Haus für Alle – Zur Geschichte der Vorfertigung in Deutschland. Berlin: Ernst & Sohn, 1994. 247 p. ISBN 3-433-01274-1. {In English}

4. Terlau-Friemann K. Industrielles Bauen in Europa – 75 Jahre Großtafelbauweise. Ein Versuch zur Einordnung der „Platte“ in die moderne Architekturgeschichte. In: Geschichte und Zukunft des industriellen Bauens. Tag der Regional- und Heimatgeschichte Marzahn-Hellersdorf am 10. November 2001, Berlin. URL: http://www.heimatverein-marzahn.de/tageregional_mar_hel_2001/beitrag_terlau.html (дата звернення: 11.09.2025). {In English}

5. Kallioniemi A. Asutuksen rakenne ja muutokset. Helsinki, 1989. P. 196–209.

6. Emmerson R. A short history of prefabrication. Prefab Museum. URL: https://www.prefabmuseum.uk/ (дата звернення: 11.09.2025). {In English}

7. History of Prefab Construction | Plungie. URL: https://www.plungie.com (дата звернення: 11.09.2025). {In English}

8. The Engineer 1862/12/26 – Graces Guide. URL: https://www.gracesguide.co.uk (дата звернення: 11.09.2025). {In English}

9. Kirdina O.H. Problemy ta perspektyvy innovatsiinoho rozvytku zaliznychnoho tranportu / O.H. Kirdina // Visnyk ekonomiky transportu i promyslovosti: zbirnyk naukovykh prats. – Kharkiv, UkrDUZT. - 2015. - № 50. – S. 285 – 289. {In Ukrainian}

10. Dykan V.L. Zabezpechennia efektyvnosti innovatsiinoi diialnosti pidpryiemstv zaliznychnoho transportu: monohrafiia / V.L. Dykan, V.O. Zubenko. - Kh. : UkrDAZT, 2008. – 194 s. {In Ukrainian}

11. O.H. Deineka // Visnyk ekonomiky transportu i promyslovosti: zbirnyk naukovykh prats. – Kharkiv, UkrDAZT. - 2018. - № 22. - S. 54-55 {In Ukrainian}

DOI: 10.32347/2786-7269.2026.17.113-124
УДК 711.4

Печененко О.В.,
ovpechenenko@gmail.com., ORCID: 0009-0007-2912-7506,
Національний університет
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

ФАКТОРИ ПРОСТОРОВОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ СТАЛИХ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ У ЗОНІ ВПЛИВУ ВЕЛИКОГО МІСТА

Запропоновано структурований підхід до аналізу факторів, що визначають просторову організацію сталих функціональних елементів територій у зоні впливу великого міста. На основі узагальнення класичних і сучасних наукових підходів систематизовано фактори просторового розвитку та визначено їх роль у формуванні функціональної структури територій. Обґрунтовано необхідність комплексного врахування прояву різних груп факторів у процесі формування збалансованої просторової структури території. Визначено, що сталі функціональні елементи слід розглядати як просторово локалізовані та функціонально визначені частини територіальної системи, здатні забезпечувати довготривалу екологічну рівновагу, соціальну комфортність, економічну доцільність і планувальну цілісність. Запропоновано класифікацію основних факторів просторової організації та розкрито механізм їхнього впливу на формування сталих функціональних елементів.

Полтавська міська територіальна громада розглядається як територія у зоні впливу великого міста, в межах якої поєднуються урбанізоване ядро, периферійні житлові, виробничі й аграрні території, сільські поселення та природні ландшафти. При цьому простір р. Ворскли, периферійні зони житлової активності та деградовані території відображають дію різних груп факторів просторової організації. У практиці розроблення Концепції інтегрованого розвитку «Полтава 2030» ці фактори формують основу комплексного аналізу території, забезпечують обґрунтування пріоритетів розвитку, визначення зон трансформації, збереження та ревіталізації, а також є передумовою сталого розвитку громади.

Ключові слова: сталі функціональні елементи; фактори просторової організації, зона впливу великого міста; інтегрований розвиток.

Постановка проблеми. Сучасні процеси трансформації систем розселення, розвитку транспортної інфраструктури, субурбанізаційних змін, екологічних викликів і необхідності післякризового відновлення зумовлюють потребу в переосмисленні принципів просторової організації територій, що перебувають у зоні впливу великих міст. Великі міста формують складну систему функціональних, економічних, транспортних, екологічних та соціальних взаємозв'язків із прилеглими територіями, а тому визначають характер їх просторової структури та інтенсивність розвитку [24; 25]. У межах таких територій формується специфічна просторово-функціональна система, де поєднуються урбанізовані, сільські, природні, рекреаційні та інфраструктурні компоненти. Їх взаємодія визначається комплексом факторів, які створюють передумови для виникнення, трансформації та функціонування сталих функціональних елементів території, що забезпечують її структурну цілісність і довготривалу збалансованість розвитку [3–5; 9].

Мета дослідження. Визначення та систематизація факторів, що впливають на просторову організацію сталих функціональних елементів територій у зоні впливу великого міста, а також обґрунтування їх взаємодії на прикладі Полтавської міської територіальної громади.

Для досягнення мети поставлено такі завдання: узагальнити наукові підходи до просторової організації територій; сформувати класифікацію ключових груп факторів; визначити механізм їх взаємодії у формуванні просторової сталості; окреслити прикладне значення результатів для практики просторового планування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У дослідженнях факторів і чинників просторової організації територій важливе місце посідають праці класичних теоретиків просторового розвитку та класичних концепцій просторової структури міст і систем розселення, які заклали підґрунтя для розуміння закономірностей розміщення населених пунктів і функціональної структури територій. В. Крісталлер обґрунтував роль ієрархії центрів, транспортної доступності та зон обслуговування в системі розселення [17]. А. Льош розвинув економічну теорію просторової організації, пояснюючи формування економічних районів і зон впливу міст [18]. Й. Г. фон Тюнен одним із перших показав залежність використання територій від відстані до міського центру, сформулювавши модель концентричних зон [19].

Подальший розвиток цієї проблематики пов'язаний із працями класиків урбаністики та містобудування, які зосередилися на внутрішній структурі міста і факторах формування міського середовища. П. Геддес запропонував концепцію «місто – регіон», у межах якої розглядав природні, соціальні та економічні

чинники розвитку [20]. Л. Мамфорд досліджував історичну еволюцію міст і взаємодію міста з прилеглою територією [21]. К. Лінч аналізував просторову структуру міського середовища, образ міста та особливості його сприйняття [21], а Дж. Джейкобс акцентувала увагу на соціальних чинниках формування життєздатного міського середовища [14].

Найближчими до теми територій у зоні впливу великого міста є праці дослідників урбанізованих регіонів і систем розселення. Ж. Готтман, автор концепції мегалополісу, розглядав взаємодію великих міст і регіонів як єдину просторову систему [23]. П. Холл досліджував урбанізовані регіони, метрополійні структури та особливості розвитку великих міських систем [24]. Б. Беррі аналізував ієрархію міст і регіональні системи розселення, що дало змогу поглибити розуміння просторових зв'язків між містом і навколишніми територіями [25].

Теоретичну основу дослідження становлять праці вітчизняних науковців у галузі містобудування І. Фоміна, присвячені розвитку міста в системі розселення [5; 6], роботи М. Дьоміна та А. Осітнянка, у яких висвітлено закономірності формування містобудівних систем і планувальної структури територій [12; 13], дослідження Ю. Білоконя, Т. Панченко і В. Вадімова, пов'язані з регіональним та інтегрованим просторовим плануванням [7; 9; 11]. Сукупно ці наукові праці створюють методологічну основу для аналізу факторів просторової організації сталих функціональних елементів у зоні впливу великого міста.

У І. Фоміна формування та розвиток міста розглядаються крізь систему факторів, що визначають характер просторової організації, структуру та функціонування міських територій [5; 6].

Сучасний етап розвитку містобудівної теорії потребує розширення методологічних підходів з урахуванням кліматичних ризиків, інструментів блакитно-зеленої інфраструктури, просторової резильєнтності, безпекових викликів та завдань повоєнного відновлення [16; 26–29]. Нормативно-правову основу такого розширення формують Закон України «Про регулювання містобудівної діяльності» та Закон України «Про стратегічну екологічну оцінку» [1; 2].

Виклад основного матеріалу. Сучасні дослідження просторової організації територій демонструють перехід від вузько економічних моделей просторового розміщення до комплексного міждисциплінарного підходу, у якому просторовий розвиток трактується як результат взаємодії природних, соціально-економічних, транспортних, екологічних та управлінських факторів [14–16; 26]. Такий підхід дозволяє формувати моделі просторового розвитку територій у зоні впливу великих міст [20–22; 25].

У межах сучасного наукового поля доцільно виокремити кілька взаємодоповнювальних підходів: ландшафтно-екологічний, системно-урбаністичний, інфраструктурний, функціонально-планувальний і підхід просторової резильєнтності [9; 25–27]. Синтез цих підходів є методологічно доцільним для дослідження територій, де одночасно проявляються урбанізаційний тиск, природні обмеження, транспортна залежність і потреба у збалансованому просторовому розвитку [3; 4; 9].

Під сталими функціональними елементами доцільно розуміти відносно стабільні за місцем, структурою та роллю складові територіальної системи, які забезпечують виконання основних функцій простору і здатні підтримувати довготривалу збалансованість розвитку [5; 6; 7; 9; 11]. До них належать житлові утворення, громадські центри, виробничо-складські зони, рекреаційні території, природоохоронні ділянки, транспортні вузли, аграрні простори та змішані функціональні осередки [6; 7; 9; 10]. Їх сталість визначається не незмінністю форми, а здатністю адаптуватися до нових умов без втрати системної ролі, що відповідає сучасним підходам до просторової резильєнтності та збалансованого розвитку територій [15; 16; 27].

На відміну від містоутворюючих факторів, які визначають генезу та функціональну спеціалізацію міста, фактори просторової організації формують територіальну структуру, взаєморозміщення та зв’язки його функціональних елементів у межах міста і зони його впливу [5; 6; 7; 10; 11].

У цьому контексті їх доцільно розглядати як багатокомпонентну систему, що охоплює природно-ландшафтні, екологічні, соціально-демографічні, економічно-функціональні, транспортно-інфраструктурні, архітектурно-планувальні, історико-культурні та управлінські групи факторів, сукупна дія яких визначає характер просторового розвитку та сталість території [6; 7; 9; 11].

Таким чином, просторову організацію сталих функціональних елементів у зоні впливу великого міста доцільно розглядати як результат комплексної взаємодії різнотипних факторів. Їх узгодження в межах єдиного планувального підходу створює основу для формування цілісної, гнучкої та збалансованої територіальної структури.

На цій основі запропоновано класифікацію основних груп факторів просторової організації сталих функціональних елементів (табл. 1), де кожна група факторів формує окремий аспект просторового прояву та сталості території [6; 7].

	ГРУПА ФАКТОРІВ	ЗМІСТ ФАКТОРІВ	ПРОСТОРОВИЙ ПРОЯВ
Стабілізуючий	**Природно-ландшафтні**	рельєф, гідрографія, озеленення, природні бар'єри та коридори	формування природних осей, обмеження забудови, диференціація придатності територій
	Екологічні	стан довкілля, екологічні ризики, забруднення, кліматична вразливість	буферні зони, санітарні розриви, екокоридори, обмеження інтенсивного освоєння
Трансформаційний	**Соціально-демографічні**	чисельність населення, щільність, міграція, вікова структура, структура потреб	концентрація житла, центрів обслуговування, освітніх і громадських об'єктів
	Економічно-функціональні	спеціалізація територій, інвестиції, зайнятість, містоутворююча база, ринок землі	формування виробничих, логістичних, ділових і змішаних зон
	Транспортно-інфраструктурні	магістралі, громадський транспорт, вузли, інженерні мережі	планувальні осі, вузли тяжіння, каркас зв'язності території
Регуляторний	**Архітектурно-планувальні / морфологічні**	щільність, конфігурація забудови, функціональне зонування, композиція	квартали, райони, міжмагістральні території, лінійно-вузлові структури
	Історико-культурні	культурна спадщина, історична мережа поселень, локальна ідентичність	зони охорони, режими реконструкції, підпорядкування нової забудови історичному середовищу
	Управлінські / нормативно-правові	стратегічні документи, комплексні плани, зонінг, міжмуніципальна координація	режими використання території, пріоритети розвитку, інструменти регулювання

Табл.1. Узагальнена класифікація груп факторів просторової організації сталих функціональних елементів

Для пояснення механізму взаємодії факторів доцільно виокремити три контури.

Стабілізуючий контур (природно-ландшафтні та екологічні фактори) забезпечує екологічну рівновагу.

Трансформаційний контур (соціально-демографічні, економічно-функціональні та транспортно-інфраструктурні фактори) визначає інтенсивність і напрям просторових змін.

Регуляторний контур (архітектурно-планувальні / морфологічні, історико-культурні та управлінські / нормативно-правові) коригує ризики та задає режими збереження, розвитку і відновлення.

Ефект просторової сталості досягається за умови, коли урбанізаційний тиск не руйнує екологічний каркас, а управлінські рішення узгоджують інтереси розвитку із природними обмеженнями [26–28].

У прикладному вимірі фактор визначається як параметр стану території або процесу її розвитку, який підлягає просторовій інтерпретації через індикатори, планувальні обмеження та проектні рішення.

При формуванні концепцій інтегрованого розвитку (KIP/ISEK) роль факторів полягає у формуванні стратегічної рамки: визначенні пріоритетів розвитку, просторових конфліктів, зон трансформації, збереження та ревіталізації. Для містобудівної документації (комплексного плану просторового розвитку території громади (КППРТГ), генерального плану, плану зонування, детального плану території) ці фактори трансформуються у режими використання територій, функціональне зонування, параметри забудови, транспортно-інженерні рішення, вимоги до блакитно-зеленого каркаса та переліки обмежень і сервітутів.

Полтавська міська територіальна громада є репрезентативним прикладом території у зоні впливу великого міста, де поєднуються щільно урбанізоване ядро, периферійні житлові та виробничі та аграрні території, сільські поселення і природні ландшафти [8; 11].

У межах урбанізованого ядра фіксується висока транспортна доступність, концентрація об’єктів системи обслуговування і економічної активності; натомість периферійні зони характеризуються нижчим рівнем забезпеченості послугами та більшою залежністю від маятникової мобільності. Це зумовлює потребу в узгодженні планувальних сценаріїв із екологічними обмеженнями, запобіганні фрагментації блакитно-зеленого каркаса та ревіталізації локально деградованих територій [3; 8].

Для Полтавської громади типовими прикладами прояву факторів просторової організації є долинно-заплавний простір Ворскли, де домінують природно-ландшафтні та екологічні фактори, що поєднують високу рекреаційну цінність із ризиком підтоплення та зумовлюють необхідність режиму пріоритетного збереження і керованого використання [3; 8; 16; 26; 28; 29].

Периферійні ділянки нової житлової активності відображають дію соціально-демографічних, економічно-функціональних і транспортно-інфраструктурних факторів, що проявляються у зростанні забудови, навантаженні на транспортну мережу та фрагментації зелених осей [3; 7; 8; 9; 10; 11; 29].

Локально деградовані території демонструють визначальний вплив екологічних, архітектурно-планувальних і управлінських факторів, які

формують потенціал ревіталізації через створення нових рекреаційних вузлів та екокоридорів [4; 8; 11; 15; 26; 29].

При формуванні Концепції інтегрованого розвитку КІРМ «Полтава2030» (2018), КІРГ «Полтава2030» (2025) фактори просторової організації території розглядаються та становлять змістовну основу комплексного та секторального аналізу територіальної громади (рис.1), а SWOT-аналіз виконує функцію стратегічної інтерпретації цих факторів через виявлення сильних і слабких сторін, можливостей і викликів; а проєкти та програми є інструментами реалізації визначених стратегічних і операційних цілей у межах територіальних пріоритетів громади [8].

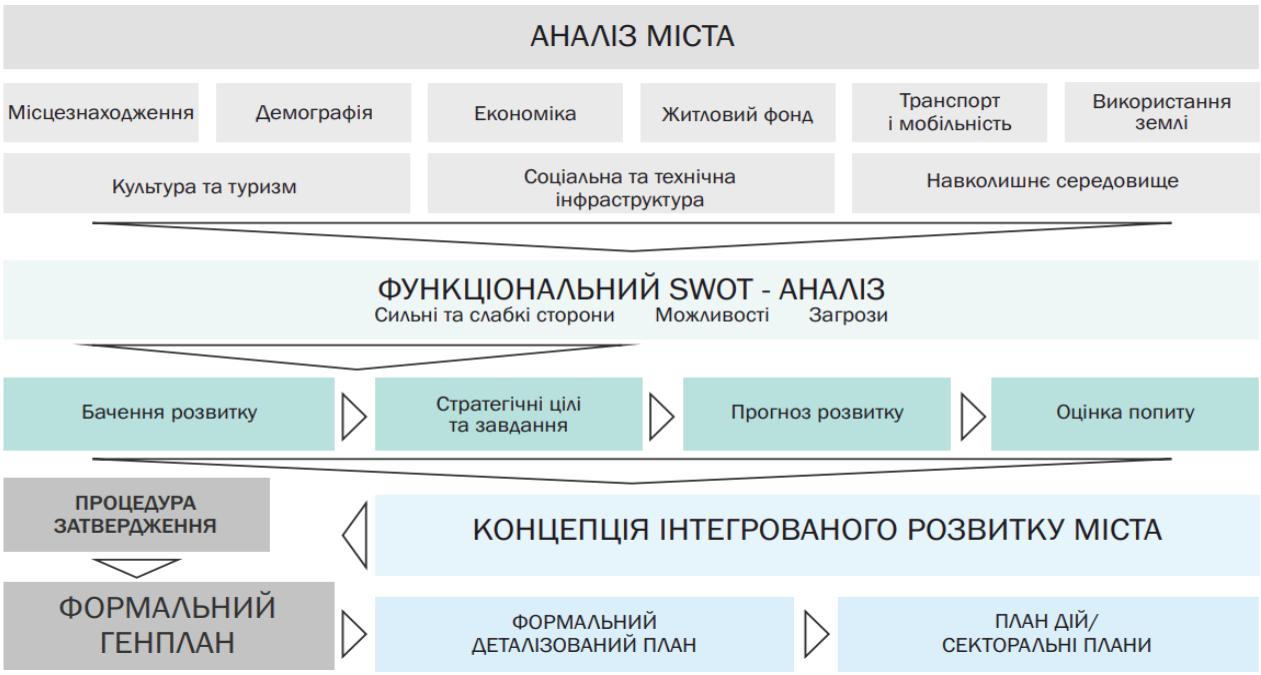


Рис.1. Підхід до інтегрованого розвитку міста/громади
(за матеріалами Концепції інтегрованого розвитку КІРМ «Полтава2030» (2018))

На операційному рівні відповідність факторів забезпечено через структуру сфер розвитку та портфель проєктів (зокрема інфраструктурних, екологічних, транспортних і соціальних), прив'язаних до конкретних територій і проблем. Система індикаторів моніторингу КІРМ забезпечує кількісну перевірку досягнення цілей за кожною групою факторів та створює підстави для своєчасного коригування містобудівних рішень [8; 11].

Висновки. У результаті дослідження узагальнено наукові підходи та систематизовано теоретичні основи визначення факторів, що впливають на просторову організацію сталих функціональних елементів територій у зоні

впливу великого міста. Обґрунтовано, що просторову організацію доцільно розглядати як результат комплексної дії природно-ландшафтних, екологічних, соціально-демографічних, економічно-функціональних, транспортно-інфраструктурних, архітектурно-планувальних, історико-культурних та управлінських факторів, які спільно формують умови просторової сталості території.

Встановлено, що механізм взаємодії факторів проявляється через поєднання природних обмежень, функціональних потреб, інфраструктурних зв'язків і регуляторних рішень, які визначають характер формування та трансформації житлових, рекреаційних, природно-екологічних, виробничо-логістичних та інфраструктурних елементів. На прикладі Полтавської міської територіальної громади показано, що просторова сталість залежить від узгодження екологічних обмежень із містобудівними сценаріями розвитку, зокрема у долинно-заплавному просторі Ворскли, периферійних зонах житлової активності та локально деградованих територіях.

Практичне значення отриманих результатів полягає в можливості їх використання при підготовці комплексних планів просторового розвитку територій громад, концепцій інтегрованого розвитку та іншої містобудівної документації. Запропонований підхід створює методичну основу для подальшого оцінювання сталості функціональних елементів і визначення пріоритетів просторового планування в умовах сучасних екологічних, соціальних і безпекових викликів.

Список використаних джерел

1. Про регулювання містобудівної діяльності: Закон України від 17.02.2011 № 3038-VI // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/3038-17.

2. Про стратегічну екологічну оцінку: Закон України від 20.03.2018 № 2354-VIII // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/2354-19.

3. ДБН Б.2.2-12:2019. Планування і забудова територій. Київ: Мінрегіон України, 2019. URL: https://e-construction.gov.ua/laws/doc_type%3D2.

4. Методичні рекомендації з розроблення комплексних планів просторового розвитку території територіальної громади. Київ: Міністерство розвитку громад та територій України, 2021. 230 с.

5. Фомин И.А. Город в системе населенных мест.– К.: Будівельник,. 1986. 112 с

6. Фомін І.О. Основи теорії містобудування. Київ: Наукова думка, 1997. 192 с.

7. Білоконь Ю. Регіональне планування. Теорія та практика. Київ: Логос, 2003. 246 с.

8. Концепція інтегрованого розвитку міста Полтава 2030. Полтава: Полтавська міська рада, 2020. 244 с.

9. Панченко Т.Ф. Інтегроване планування сталого розвитку територій: теоретико-методологічні засади // Сучасні проблеми архітектури та містобудування. 2019. Вип. 53. С. 22–31.

10. Плешкановська А.М. Комплексна реконструкція міста: моделі та методи: монографія. Київ, ТОВ "Франко Пак", 2024. 328 с.

11. Вадімов В.М. Просторове планування в умовах інтегрованого розвитку міст в Україні. Полтава: Дивосвіт, 2019. 132 с.

12. Демин Н.М. Управление развитием градостроительных систем / Н.М. Демин – К.: Будивэльнык, 1991. 185 с.

13. Осітнянко А.П. Планування розвитку міста: монографія. Київ: КНУБА, 2005. 386 с.

14. Джейкобс Дж. Смерть і життя великих американських міст. Київ: КЕНЕКШЕНС, 2021. 480 с.

15. Александер К., Ішікава С., Сільверстейн М. Мова шаблонів: міста, будівлі, будівництво. Київ: Основи, 2025. 1144 с.

16. Національна доповідь «Цілі сталого розвитку: Україна». Київ: Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, 2017. URL: https://me.gov.ua/view/22e86f94-a9dd-421e-adcb-e38748a4b7cb.

17. Christaller W. *Die zentralen Orte in Süddeutschland*. Jena: Gustav Fischer, 1933. URL: https://openlibrary.org/works/OL4700946W/Die_zentralen_Orte_in_Su%CC%88ddeutschland?edition=key%3A%2Fbooks%2FOL5669073M.

18. Lösch A. *The Economics of Location*. New Haven: Yale University Press, 1954. URL: https://archive.org/details/economicsoflocat00ls.

19. von Thünen J.H. *The Isolated State*. Oxford: Pergamon Press, 1966. URL: https://openlibrary.org/books/OL5946283M/Isolated_state.

20. Geddes P. *Cities in Evolution*. London: Williams & Norgate, 1915. URL: https://archive.org/download/citiesinevolutio00gedduoft/citiesinevolutio00gedduoft.pdf.

21. Mumford L. *The City in History*. New York: Harcourt, Brace & World, 1961. URL: https://openlibrary.org/books/OL5821442M/The_city_in_history_its_origins_its_transformations_and_its_prospects.

22. Lynch K. *The Image of the City*. Cambridge, MA: MIT Press, 1960. URL: https://openlibrary.org/books/OL5795447M/The_Image_of_the_City.

23. Gottmann J. *Megalopolis: The Urbanized Northeastern Seaboard of the United States*. New York: Twentieth Century Fund, 1961. URL: https://openlibrary.org/books/OL13583296M/Megalopolis.

24. Hall P. *The World Cities*. London: Weidenfeld and Nicolson, 1966. URL: https://nla.gov.au/nla.cat-vn2246938.

25. Berry B.J.L. Cities as systems within systems of cities // *Papers in Regional Science*. 1964. Vol. 13. P. 147–163. URL: https://doi.org/10.1111/j.1435-5597.1964.tb01283.x.

26. Forman R. *Urban Ecology: Science of Cities*. Cambridge: Cambridge University Press, 2014. URL: https://www.cambridge.org/core/books/urban-ecology/2B538425A681ED9A58D82D33163953D9.

27. Ahern J. From fail-safe to safe-to-fail: Sustainability and resilience in the new urban world // *Landscape and Urban Planning*. 2011. Vol. 100(4). P. 341–343. URL: https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.02.021.

28. Council of Europe. *European Landscape Convention*. Florence, 20 October 2000. URL: https://www.coe.int/en/web/conventions/-/council-of-europe-european-landscape-convention-ets-no-176-translations.
29. World Bank City Resilience Program. *Poltava City Scan,* 2022.

PhD student **Oleksandr Pechenenko**,
National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic"

FACTORS OF THE SPATIAL ORGANIZATION OF SUSTAINABLE FUNCTIONAL ELEMENTS WITHIN THE ZONE OF INFLUENCE OF A LARGE CITY

The article proposes a structured approach to analyzing the factors that determine the spatial organization of sustainable functional elements of territories within the zone of influence of a large city. Based on a synthesis of classical and contemporary scholarly approaches, the factors of spatial development are systematized and their role in shaping the functional structure of territories is identified. The study substantiates the need for the comprehensive consideration of natural-landscape, environmental, socio-demographic, economic, transport-infrastructural, historical-cultural, and managerial factors in the formation of a balanced spatial structure of territory. Sustainable functional elements are defined as spatially localized and functionally determined parts of a territorial system capable of ensuring long-term ecological balance, social comfort, economic feasibility, and planning integrity. A classification of the main factors of spatial organization is proposed, and the mechanism of their influence on the formation of residential, public, industrial, recreational, environmental protection, transport, and mixed functional elements is revealed.

The Poltava urban territorial community is considered as a territory within the zone of influence of a large city, where an urbanized core, peripheral residential, industrial, and agricultural areas, rural settlements, and natural landscapes are combined. In this context, the space of the Vorskla River, peripheral zones of new residential activity, and degraded territories reflect the impact of different groups of factors of spatial organization. In the practice of developing the Integrated Development Concept "Poltava 2030," these factors form the basis of a comprehensive territorial analysis, provide grounds for substantiating development priorities and identifying zones of transformation, preservation, and revitalization, and serve as a prerequisite for the sustainable development of the community.

Keywords: spatial organization of territories; sustainable functional elements; factors of spatial organization; zone of influence of a large city; integrated development

REFERENCES

1. Pro rehuliuvannia mistobudivnoi diialnosti: Zakon Ukrainy vid 17.02.2011 No. 3038-VI. Baza danykh "Zakonodavstvo Ukrainy", Verkhovna Rada Ukrainy. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/3038-17. {in Ukrainian}

2. Pro stratehichnu ekolohichnu otsinku: Zakon Ukrainy vid 20.03.2018 No. 2354-VIII. Baza danykh "Zakonodavstvo Ukrainy", Verkhovna Rada Ukrainy. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/2354-19. {in Ukrainian}

3. DBN B.2.2-12:2019. Planuvannia i zabudova terytorii. Kyiv: Minrehion Ukrainy, 2019. {in Ukrainian}

4. Metodychni rekomendatsii z rozroblennia kompleksnykh planiv prostorovoho rozvytku terytorii terytorialnoi hromady. Kyiv: Ministerstvo rozvytku hromad ta terytorii Ukrainy, 2021. 230 p. {in Ukrainian}

5. Fomin, I.A. Gorod v sisteme naselennykh mest. Kyiv: Budivelnyk, 1986. 112 p. {in Russian}

6. Fomin, I.O. Osnovy teorii mistobuduvannia. Kyiv: Naukova Dumka, 1997. 192 p. {in Ukrainian}

7. Bilokon, Yu. Rehionalne planuvannia. Teoriia ta praktyka. Kyiv: Lohos, 2003. 246 p. {in Ukrainian}

8. Kontseptsiia intehrovanoho rozvytku mista Poltava 2030. Poltava: Poltavska miska rada, 2020. 244 p. {in Ukrainian}

9. Panchenko, T.F. Intehrovane planuvannia staloho rozvytku terytorii: teoretyko-metodolohichni zasady. Suchasni problemy arkhitektury ta mistobuduvannia. 2019. Iss. 53. P. 22–31. {in Ukrainian}

10. Pleshkanovska, A.M. Kompleksna rekonstruktsiia mista: modeli ta metody: monohrafiia. Kyiv: TOV "Franko Pak", 2024. 328 p. {in Ukrainian}

11. Vadimov, V.M. Prostorove planuvannia v umovakh intehrovanoho rozvytku mist v Ukraini. Poltava: Dyvosvit, 2019. 132 p. {in Ukrainian}

12. Domin, M.M. Upravlenie razvitiem gradostroitelnykh sistem. Kyiv: Budivelnyk, 1991. 184 p. {in Russian}

13. Ositnianko, A.P. Planuvannia rozvytku mista: monohrafiia. Kyiv: KNUBA, 2005. 386 p. {in Ukrainian}

14. Dzheikobs, Dzh. Smert i zhyttia velykykh amerykanskykh mist. Kyiv: CANactions, 2021. 480 p. {in Ukrainian}

15. Aleksander, K., Ishikava, S., Silverstein, M. Mova shabloniv: mista, budivli, budivnytstvo. Kyiv: Osnovy, 2025. 1144 p. {in Ukrainian}

16. Natsionalna dopovid "Tsili staloho rozvytku: Ukraina". Kyiv: Ministerstvo ekonomichnoho rozvytku i torhivli Ukrainy, 2017. URL: https://me.gov.ua/view/22e86f94-a9dd-421e-adcb-e38748a4b7cb . {in Ukrainian}

17. Christaller, W. Die zentralen Orte in Süddeutschland. Jena: Gustav Fischer, 1933. URL:https://openlibrary.org/works/OL4700946W/Die_zentralen_Orte_in_Su%CC%88ddeutschland?edition=key%3A%2Fbooks%2FOL5669073M. {in German}

18. Lösch, A. The Economics of Location. New Haven: Yale University Press, 1954. URL: https://archive.org/details/economicsoflocat00ls. {in English}

19. von Thünen, J. H. The Isolated State. Oxford: Pergamon Press, 1966. URL: https://openlibrary.org/books/OL5946283M/Isolated_state . {in English}

20. Geddes, P. Cities in Evolution. London: Williams & Norgate, 1915. URL: https://archive.org/download/citiesinevolutio00gedduoft/citiesinevolutio00gedduoft.pdf. {in English}

21. Mumford, L. The City in History. New York: Harcourt, Brace & World, 1961. URL: https://openlibrary.org/books/OL5821442M/The_city_in_history_its_origins_its_transformations_and_its_prospects. {in English}

22. Lynch, K. The Image of the City. Cambridge, MA: MIT Press, 1960. URL: https://openlibrary.org/books/OL5795447M/The_Image_of_the_City. {in English}

23. Gottmann, J. Megalopolis: The Urbanized Northeastern Seaboard of the United States. New York: Twentieth Century Fund, 1961. URL: https://openlibrary.org/books/OL13583296M/Megalopolis. {in English}

24. Hall, P. The World Cities. London: Weidenfeld and Nicolson, 1966. URL: https://nla.gov.au/nla.cat-vn2246938. {in English}

25. Berry, B.J.L. Cities as systems within systems of cities. Papers in Regional Science. 1964. Vol. 13. P. 147–163. URL: https://doi.org/10.1111/j.1435-5597.1964.tb01283.x. {in English}

26. Forman, R. Urban Ecology: Science of Cities. Cambridge: Cambridge University Press, 2014. URL: https://www.cambridge.org/core/books/urban-ecology/2B538425A681ED9A58D82D33163953D9. {in English}

27. Ahern, J. From fail-safe to safe-to-fail: Sustainability and resilience in the new urban world. Landscape and Urban Planning. 2011. Vol. 100(4). P. 341–343. URL: https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.02.021. {in English}

28. Council of Europe. European Landscape Convention. Florence, 20 October 2000. URL: https://www.coe.int/en/web/conventions/-/council-of-europe-european-landscape-convention-ets-no-176-translations. {in Ukrainian}

29. World Bank City Resilience Program. Poltava City Scan. 2022. {in English}

DOI: 10.32347/2786-7269.2026.17.125-136
УДК 712.4:711.4

д.т.н., професор **Самойлович В.В.,**
valentin4985@gmail.com, ORCID: 0000-0002-7064-3357,
Київська державна академія декоративно-
прикладного мистецтва і дизайну імені Михайла Бойчука,
Пекер А.Й.,
peker.ay@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0001-6900-9554,
Київський національний університет
будівництва і архітектури

ДИЗАЙН ЕКСТЕР'ЄРІВ БУДІВЕЛЬ ПРИ ВІДНОВЛЕННІ ЖИТЛОВОГО СЕРЕДОВИЩА В МІСТАХ УКРАЇНИ

Розглянуто основні компоненти дизайну екстер'єрів будівель, які необхідно враховувати при післявоєнному відновленні застарілого та зруйнованого житлового середовища в містах України. Враховуючи такі складові дизайну як форма, розміри та пропорції частин будівлі, в роботі значна увага приділяється вибору та застосуванню оздоблювальних матеріалів. Важливу роль відіграють також правильно підібрані кольори опорядження фасадів та утеплення зовнішніх стін.

Ключові слова: Житлове середовище; відновлення забудови; дизайн ексте'рєрів; застосування оздобленн; вибір кольору; утеплення стін.

Вступ. В науково-технічній літературі застосовуються різні терміни щодо відновлення житлової забудови. Найчастіше вживається термін реконструкція, який означає часткову перебудову будівлі або споруди. В процесі реконструкції може бути змінено функціональне призначення об'єкта, проведено вдосконалення несучих конструкцій тощо. При цьому безсумнівно змінюється зовнішнє опорядження будівлі. Поняття реновація найчастіше використовується при оновленні значної за розміром ділянки міського середовища з метою забезпечення умов для нової забудови . При цьому можливе знесення існуючих будівель і споруд, інженерних мереж, комунікацій, вертикальне планування території тощо. Практично готується територія для нового будівництва.

Ще один термін-редевелопмент, використовується у випадку зміни функціонального призначення цілої території з метою більш ефективної її використання. При цьому цей процес відбувається з використанням існуючих на території об'єктів нерухомості [1].

Визначено також, що в процесі саме реконструкції житлової забудови відбуваються наступні процеси: зведення одного чи кількох додаткових поверхів , будівництво мансард, утеплення житлових будинків, будівництво нових будинків на місці будинку, що зноситься; зміна конструкцій вікон, дверей тощо; влаштування лоджій, балконів, терас, еркерів та виносних ліфтових шахт; заповнення розривів між будівлями новим будинком, влаштування оглядових майданчиків і місць відпочинку на експлуатованому даху; демонтаж частин реконструйованої будівлі тощо [1;2].

Постановка проблеми. Житловий фонд, створений в 50-70 роки минулого сторіччя в період активної індустріалізації в будівництві, складає 72 млн кв м, майже 5 млн.кв м житлового фонду відноситься до категорії ветхого та аварійного житла. Проблема їх подальшої експлуатації з роками загострюється, стає проблемою безпеки для мільйонів мешканців. Весь житловий фонд із 5-ти поверхівок перших масових серій підлягає реконструкції тому що не відповідає умовам нормального проживання людей .

Одним із методів розв'язання проблеми може стати реконструкція житлового фонду. Збереження, відновлення та модернізація будинків дозволить вирішити низку проблем, таких як: оновлення будівлі відповідно до сучасних стандартів безпеки та доступності, адаптація будівлі для нових цілей, відродження міста чи селища шляхом збереження та популяризації її історичних пам’яток, підвищення комфортності проживання, подовження історичних пам’яток, підвищення комфортності проживання, подовження строку служби будівлі.

Огляд публікацій. Проблемою відновлення житлової забудови займаються багато науковців. Так, наприклад, питанням реновації історичної забудови міст присвячені роботи Верешко О.В. [3], Владимирова М.С [4], Жовкви О.І. [5], Осиченко Г. О. [6] та ін. [7;8) ; питання реновації застарілого житлового фонду в Україні розглядалися в роботах Авдієнко О.П., Адріанова Л.Н. [10], Мережко А.В. і Дорошенко Ю.О. [9], Новосада І.Г. [11] та ін. [12;13]. Зарубіжний досвід реконструкції житлового фонду викладено в публікаціях Олійника Н.І. [14], Ясінського М. Р. [15] та іншіх [16-20].

Мета роботи: На основі аналізу вітчизняного і зарубіжного досвіду відновлення історичної та сучасної житлової забудови, визначено особливості дизайну при реконструкції застарілих будівель.

Основний текст. Як показує зарубіжний досвід , значне підвищення ефективності реконструкції житлових будівель можна досягнути при проведенні комплексної реконструкції житлового кварталу без евакуації мешканців шляхом ущільнення житлової забудови за рахунок надбудов нових поверхів і мансард, прибудов і вставок до існуючих будівель [3].

Реконструкція старої будівлі шляхом збільшення кількості поверхів передбачає зміну їх геометричних розмірів та покращення техніко-економічних показників. Надбудова є частиною складного процесу реконструкції, який включає перепланування, переобладнання та інші втручання в конструкції та інженерні мережі будівлі. Головною метою є покращення житлових умов та підвищення ефективності використання міської території, що особливо актуально в умовах щільної забудови (рис.1).

Дизайн екстер'єрів будинків з додатковими поверхами значною мірою залежить від вибору оздоблювальних матеріалів, утворення ритму фрагментів горизонтальних поділів, а також використання великих вікон, та терас і балконів.

Рис.1. Приклади варіантів надбудови будинків

Треба враховувати,що опорядження надбудови будинку таким же матеріалом, яким облицьована будівля не завжди вдалий вибір, особливо якщо будинок знаходиться в експлуатації якийсь час. Тому краще обрати інший вид опорядження надбудови, виділивши його кольором (рис.2). Надбудову будівель часто завершують влаштуванням мансарди.

Рис.2. Виділення кольором надбудови будинку

Сучасні висотні будинки з мансардою – це будівлі, де мансардний поверх використовується як житлова кімната, що дозволяє раціонально використовувати простір. Будівлі з мансардою краще зберігають тепло, оскільки зменшують втрати тепла через дах. Це дозволяє заощаджувати на опаленні в холодну пору року.

Будівництво мансардних поверхів повинно здійснюватися за допомогою легких і в той же час міцних матеріалів, так як не повинно виникнути значного навантаження на несучі опори будівлі. Найчастіше використовуються дерев'яні конструкції. Але якщо з якихось причин це неможливо, можуть бути застосовані сталеві і навіть алюмінієві профілі (рис.3).

а) б)

Рис.3. Констуктивне рішення мансарди: а) дерев'яний каркас; б) металевий каркас

Дизайн фасадів будинків з надбудованою мансардою може бути виконаний шляхом поєднання сучасних та традиційних матеріалів, таких як штукатурка, камінь, дерево та панелі. Значну увагу слід приділяти стикам, щоб не виникало враження прибудови. Важливе значення має також врахування архітектурного стилю будівлі (рис.4).

Рис.4. Архітектурні рішення мансард різних часових періодів

При реконструкції старої забудови більшість житлових будинків підлягають утепленню. Зовнішнє утеплення захищає несучу частину стіни від температурних коливань, що позитивно позначається на

довговічності будівлі і при цьому не зменшується внутрішня корисна площа конструкції.

Існує два основних метода зовнішнього утеплення будівель: так звані «мокрий» і «сухий» методи. «Мокрі» фасадні системи передбачають безпосереднє кріплення теплоізоляційного матеріалу до несучої стіни з подальшим нанесенням захисних та декоративних шарів без повітряного прошарку. Для цього на теплоізоляційний матеріал наноситься армуючий шар шпаклівки з вбудованою скловолокнистою сіткою для запобігання утворенню тріщин, а потім декоративна штукатурка (полімерна, силікатна, силіконова тощо) або інше тонкошарове облицювальне покриття, що завершує оздоблення фасаду. Така теплоізоляція ефективна у зв'язку з відсутністю теплових містків, оскільки ізоляція покриває всю зовнішню поверхню без допоміжних кріпильних елементів. До недоліків слід віднести можливе використання спеціальних заходів з метою уникнення затримки вологи в стіні. До того ж довговічність опорядження утепленої поверхні більш схильне до механічних пошкоджень порівняно з твердими оздобленнями, такими як камінь або панелі HPL (рис.5).

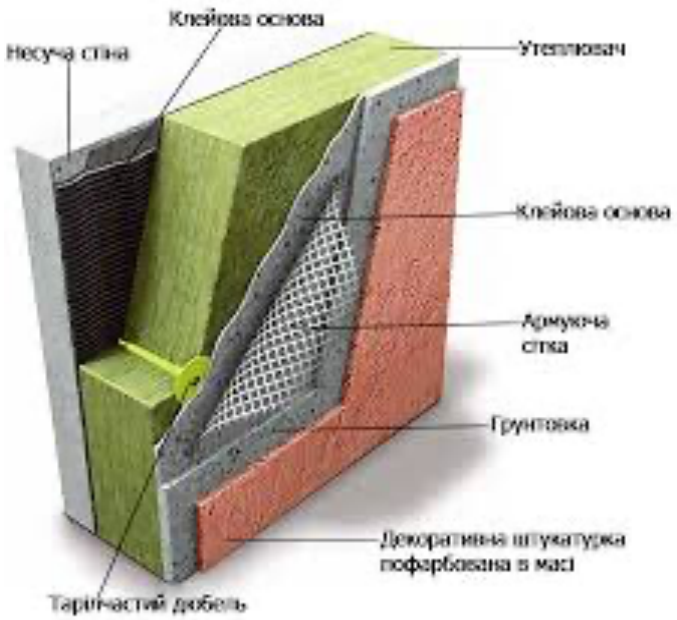


Рис.5. Конструктивна схема « мокрого» методу зовнішнього утеплення будинку

За видом фактури, яку утворюють на поверхні, штукатурки поділяють на: структурні – можливе створення різноманітних фактур спеціальним інструментом (можна відтворити імітацію дерева, утворити будь-який візерунок); короїд – назва пов'язана зі схожістю даного покриття зі слідами деревного жука-короїда (чим більший розмір складових у суміші, тим більш яскраво буде виражений малюнок), який дозволяє приховати незначні

нерівності та дефекти основи ; баранець – фактуру створює крихта із мармуру чи кварцу; камінцеві штукатурки (мозаїчні) – мають зернисту текстуру, являють собою суміш синтетичного в'яжучого матеріалу та крихти з мармуру, граніту чи штучного каменю (рис. 6).

Рис.6. Види штукатурок для зовнішнього опорядження будинків: камінцева(мозаїчна), короїд , баранець.

У тих конструкціях, де це можливо, слід передбачати вентильований повітряний зазор між шаром теплоізоляції і зовнішнім облицюванням. Таке рішення забезпечує утримання утеплювача в сухому стані. Для захистуутеплювача від атмосферних впливів служать облицювальні елементи, встановлені на металевий каркас,завдяки чому створюється вентильований прошарок, який забезпечує видалення вологи з конструкції (рис. 7).

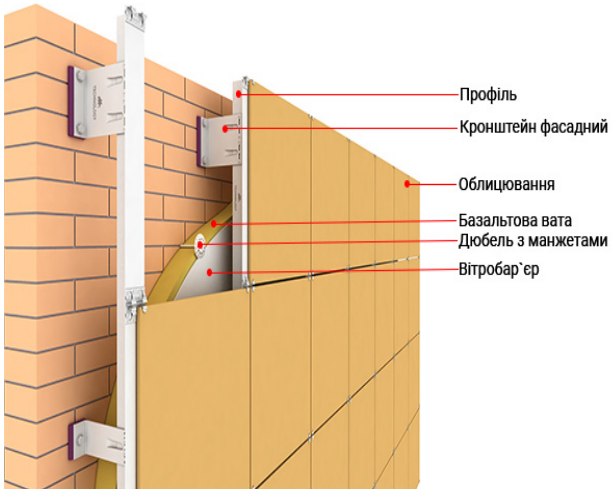
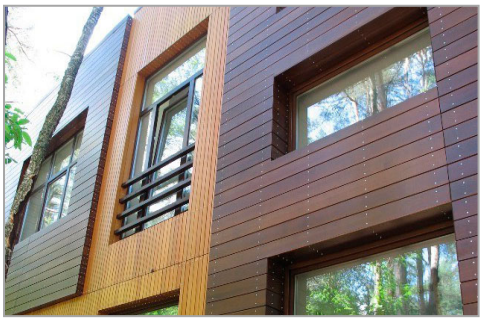


Рис.7. Конструктивна схема «сухого» методу зовнішнього утеплення будинку

Окрім зазначених якостей вентфасад має й інші технічні переваги. Так, наприклад, він зменшує ризик виникнення вогкості, плісняви та грибка на стінах, підтримує здоровий мікроклімат у будинку.

Для опорядження утепленої поверхні використовують такі облицювальні матеріали: клінкерна плитка, керамограніт, сайдинг, металеві фасадні касети, дерев'яні фасадні панелі тощо (рис.8).

…а)……..


б)

в)

г)

Рис.8. Види зовнішнього облицювання будівель з утепленням стін «сухим» методом: а)-керамогранит,керамічні плити; б)-сайдинг з деревини; в) навісні панелі з алюмінієвих композитних матеріалів ; г)- облицювальні навісні панелі HPL

Висновки.

1. Як показує зарубіжний досвід, одним із ефективних методів відновлення житлового середовища в містах України є проведення комплексної реконструкції житлового кварталу без евакуації мешканців шляхом ущільнення житлової забудови за рахунок надбудов нових поверхів і мансард, прибудов і вставок до існуючих будівель.

2. Реконструкція застарілого житлового фонду (зокрема "хрущовок", панельних будинків 60-70-х років) передбачає не просто ремонт, а глибоку модернізацію, яка поєднує підвищення енергоефективності, функціональності та естетичного вигляду.

3. Одним з ефективних методів модернізації житлового фонду прибудова до будинку нових просторіших балконів або лоджії, що збільшує корисну площу і покращує дизайн будівлі.

4. Мансардні поверхи або додаткові 1-2 поверхи також дозволяють значно змінити силует будівлі та збільшити щільність забудови

5. Першочерговим кроком є технічна експертиза фундаменту, стін та перекриттів на предмет їхньої здатності витримати збільшене навантаження від нового поверху.

6. Для зменшення навантаження на існуючу будівлю рекомендується використання легких будівельних матеріалів, наприклад, дерев'яних каркасних конструкцій або легких металевих профілів .

7. При дизайні фасадів будинків з надбудованим поверхом або мансардою значну увагу слід приділяти стикам, щоб не виникало враження прибудови. Важливе значення має також врахування архітектурного_стилю_будівлі.

8. При утепленні будівель перевагу слід віддавати методу « вентильований фасад» який характеризується кращими показниками щодо якості теплоізоляції Крім того він дозволяє застосування значної кількості облицювальних матеріалів, що позитивно впливає на дизайн будівлі.

Література

1. Про комплексну реконструкцію кварталів (мікрорайонів) застарілого житлового фонду: Закон України від 22.12.2006 р. № 525-V. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/525-16#Text 2

2. Про Загальнодержавну програму реформування і розвитку житлово-комунального господарства на 2009-2014 роки: Закон України від 24.06.2004 р. № 1869-IV. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1869-15#Text

3. Верешко О.В. Реконструкція історичної забудови як запорука привабливості міста / Верешко О.В..// Збірник наукових праць: Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві. – Луцьк: Луцький НТУ, 2019. – Вип. 12. - С. 38-43.

4. Владимирова М.С., Рижкова В.О. Реконструкція історичного центру міста як елемент стратегії розвитку регіону // Молодий вчений. – Херсон: Гельветика, 2017. – № 4 (44). С. 626-629.

5. Жовква О.І. Архітектурна спадщина. Окремі питання охорони культурної спадщини // Містобудування і територіальне планування. К.: КНУБА, 2019. Вип. 69. С. 133 – 146.

6. Осиченко Г.О. Реконструкція історичних міст: композиційний аспект: монографія / Г.О. Осиченко; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 252 с.

7. ДБН В.2.2-15:2019 “Житлові будинки. Основні положення”. – К.:Держбуд Ук-раїни, 2019.

8. Ясінський М.Р. Відтворення кварталів житлової забудови центральних частин малих історичних міст: дис. канд. арх. наук: 18.00.01 / Ясінський Максим Романович. – Львів, 2018. – 302 с.

9. Мережко А.В., Дорошенко Ю.О. Передумови реновації застарілого житлового фонду в Україні //Теорія і практика дизайну // – К.:НАУ, 2020 – С. 53- 70. DOI: https://doi.org/10.18372/2415-8151.20.15050

10. Авдієнко О.П., Адріанова Л.Н. Реконструкція житла. Сучасний стан проблем._URL:file:///D:/%D0%97%D0%B0%D0%B3%D1%-80%D1%83%D0%B7%D0%BA%D0%B8/-recj_2004_5_4.pdf. (Дата звернення 30.09.20).

11. Новосад І.Г. Вітчизняний досвід реконструкції типових житлових будинків/Но-восад І.Г.// Науково-виробничий збірник: «Ар-хітектурний вісник». – К.: КНУБА,2013.–Вип.6.-С.145-150.

12. Онищук Г.І., Марочко В.Г., Максимова Л.М. Проблеми комплексної реконстру-кції кварталів (мікрорайонів) застарілого жит-лового фонду./ Реконструкція житла: науково-виробниче видання. – К.: НДІпроектреконстру-кція, 2005. - Вип. 6. - С.4-9.

13. Кравчуновська Т.С. Систематизація способів комплексної реконструкції будівельних об’єктів житлових кварталів.// Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури з наукових праць. – Д: ПДАБА, 2009 №67. – С. 10-19.

14. Олійник Н.І., Зарубіжний досвід реконструкції житлового фонду URL: http://www.nbuv.gov.ua/e-journals/DUTP/2009_2/doc_pdf/Oliinyk. pdf. (Дата звернення 30.08.20).

15. Ясінський М.Р**.** **(**2012**).** Зарубіжний досвід реконструкції житлової забудови та його_особливості. URL:https://www.academia.edu/34952515/%D0%97%D0%B0%D1%80%D1%83%D0%B1%D1%96%D0%B6%D0%B

16. Новосад І.Г. Закордонний досвід реконструкції житлових будинків /Новосад І.Г.// Збірник науково-технічних праць: «Містобудування та територіальне планування». – Вип. № 58. - К.: КНУБА, 2015. – С. 310-314.

17. Бабич Ю. (2022). Столиця реконструкції яка країна найактивніше модернізує радянську забудову. URL: https://realestate.24tv.ua/litva-stala-liderom-modernizatsiyi-staroyi-radyanskoyi-zabudovi_n2162947

18. Горін Н.О. (2023). Міжнародний досвід повоєнної відбудови житлового фонду та вирішення житлових проблем ВПО Український соціум 1(84), 136–154. URL: https://doi.org/10.15407/socium2023.01.136.

19. Лазур В. (2018). Як в Естоні їмодернізували «хрущовки». Досвід для України від міста Раквере Радіо Свобода. URL: https://www.radiosvoboda.org/a/29645150.ht

20. Jablonska, J., & Wojciechowski, L. (2022). Renovation of Modernist Architecture Study Based on Selected Cases. Buildings, 12 (2), 195. URL: https://doi.org/10.3390/buildings1202019

Doctor of Technical Sciences, Professor **Samoilovych Valentine,**
Kyiv State Academy of Decorative and Applied Arts
and Design named after Mykhailo Boych**,**
Peker Arcadiy, Kyiv national university building and arhitekture

A DESIGN of EXTERRIERS of BUILDING is AT RENEW HOUSING ENVIRONMENT IN CITIES OF UKRAINE

The basic components of design of destroyed and damaged living environment in the cities of Ukraine, are considered in this article. The housing fund created in 50-70 past century in the period of active industrialization in building makes a 72 million square meters, almost 5 million square meters of housing fund falls into the category of emergency and damaged housing. Problem them further exploitation becomes sharp at the years. The entire housing stock of five-story buildings of the first mass development is subject to reconstruction, since it does not meet the normal living conditions of people. It is this situation that determines the relevance of this work. One of the methods for solving the problem can be the reconstruction of the housing stock. It is the reconstruction of residential buildings, unlike other types of renovation, that allows, without evacuating residents, to update buildings in accordance with modern safety and accessibility standards. A just the same situation determines actuality of this work. One of methods of decision of problem the reconstruction of housing fund can become. Exactly reconstruction of housing building, unlike other types of proceeding in outdated and destroyed buildings (renovation, redevelopment and other) allows habitants without evacuation residents of the house updating of building accordance with the modern standards of safety and availability, adaptation of building for new aims, revival of city or settlement by maintenance and popularization of her historical sights, increase of comfort of residence and lengthening of tenure of employment of building by the compression of housing building due to building on of new floors and mansards, annexes and insertions to existent building. Aim of work: on the basis of analysis of home and foreign experience of proceeding in historical and modern housing building, to define design features at the reconstruction of out-of-date building.

Conclusion: foreign experience of reconstruction of historical and modern housing building is analysed in the article, basic approaches, measures and directions of reconstruction, are distinguished that expediently_to apply at_a reconstruction and adaptation of housing building of cities and settlements.

Keywords: the housing environment; proceeding in building; design of exteriors; application of finishing; choice of color.

REFERENCES

1. Pro kompleksnu rekonstrukciyu kvartaliv (mikrorajoniv) zastarilogo zhitlovogo fondu: Zakon Ukrayini vid 22.12.2006 r. № 525-V. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/525-16#Text 2 {in Ukrainian}

2. Pro Zagalnoderzhavnu programu reformuvannya i rozvitku zhitlovo-komunalnogo gospodarstva na 2009-2014 roki : Zakon Ukrayini vid 24.06.2004 r. № 1869-IV. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1869-15#Text {in Ukrainian }.

3. Vereshko O.V. (2019) Reconstruction of historical buildings as a guarantee of the attractiveness of the city [Rekonstruktsiya istorychnoyi zabudovy yak zaporuka pryvablyvosti mista] / Vereshko O.V.// Collection of scientific works: Modern technologies and calculation methods in construction. – Lutsk: Lutsk National Technical University, 2019. – Issue 12. - P. 38-43 {in Ukrainian}.

4. Vladimirova M.S., Rizhkova V.O. Rekonstrukciya istorichnogo centru mista yak element strategiyi rozvitku regionu // Molodij vchenij. – Herson: Gelvetika, 2017. – № 4 (44). S. 626-62. {in Ukrainian}.

5. Zhovkva O.I. (2019) Architectural heritage. Separate issues of cultural heritage protection [Arkhitekturna spadshchyna. Okremi pytannya okhorony kul′turnoyi spadshchyny] // Town planning and territorial planning. K.: KNUBA, 2019. Issue 69. P-p. 133 – 146{in Ukrainian}.

6. Osychenko G.O. (2021) Reconstruction of historical cities: compositional aspect: monograph [Rekonstruktsiya istorychnykh mist: kompozytsiynyy aspekt: monohrafiya] / H.O. Osychenko; Kharkiv. national city university farm named after O.M. Beketova. – Kharkiv: XNUMX named after O. M. Beketova, 2021. – 252 p. {in Ukrainian}.

7. DBN V.2.2-15:2019 “Zhitlovi bu-dinki. Osnovni polozhennya”. – K.:Derzhbud Uk-rayini, 2019 {in Ukrainian}.

8. Yasinskij M.R. Vidtvorennya kvartaliv zhitlovoyi zabudovi centralnih chastin malih istorichnih mist: dis. kand. arh. nauk: 18.00.01 / Yasinskij Maksim Romanovich – Lviv, 2018. – 302 s {in Ukrainian}.

9. Merezhko A.V., Doroshenko Yu. O. Peredumovi renovaciyi zastarilogo zhitlovogo fondu v Ukrayini //Teoriya i praktika dizajnu // – K.:NAU, 2020 – S. 53-70. DOI: https://doi.org/10.18372/2415-8151.20.15050{in Ukrainian}.

10. Avdiyenko O.P., Adrianova L.N. Rekonstrukciya zhitla. Suchasnij stan problem._URL:file:///D:/%D0%97%D0%B0%D0%B3%D1%-80%D1%83%D0%B7%D0%BA%D0%B8/-recj_2004_5_4.pdf. (Data zvernennya 30.09.20) {in Ukrainian}.

11. Novosad I.G. Vitchiznyanij dosvid rekonstrukciyi tipovih zhitlovih budinkiv/No-vosad I.G.// Naukovo-virobnichij zbirnik: «Ar-hitekturnij visnik». – K.: KNUBA,2013.–Vip.6.-S.145-150 {in Ukrainian}. .

12. Onishuk G.I., Marochko V.G., Maksimova L.M. Problemi kompleksnoyi rekonstrukciyi kvartaliv (mikrorajoniv) zastarilogo zhitlovogo fondu./ Rekonstrukciya zhitla: naukovo-virobniche vidannya. – K.: NDI proektrekonstru-kciya, 2005. - Vip. 6. - S.4-9 {in Ukrainian}.

13. Kravchunovska T.S. Sistematizaciya sposobiv kompleksnoyi rekonstrukciyi budi-velnih ob'yektiv zhitlovih kvartaliv.// Visnik Pridniprovskoyi derzhavnoyi akademiyi budivnic-tva ta arhitekturi z naukovih prac. – D: PDABA, 2009 №67. – S. 10-19 {in Ukrainian}. .

14. Olijnik N.I., Zarubizhnij dosvid rekonstrukciyi zhitlovogo fondu URL: http://www.nbuv.gov.ua/e-journals/DUTP/2009_2/doc_pdf/Oliinyk. pdf. (Data zvernennya 30.08.20) {in Ukrainian}. .

15. Yasinskij M.R. Zarubizhnij dosvid rekonstrukciyi zhitlovoyi zabudovi ta jogo_osoblivosti.2012.URL:https://www.academia.edu/34952515/%D0%97%D0%B0%D1%80%D1%83%D0%B1%D1%96%D0%B6%D0%B{in Ukrainian}.

16. Novosad I.G. Zakordonnij dosvid rekonstrukciyi zhitlovih budinkiv/Novosad I.G.// Zbirnik naukovo-tehnichnih prac: «Mistobudu-vannya ta teritorialne planuvannya».– Vip. № 58. - K.: KNUBA, 2015. – S. 310-314 {in Ukrainian}.

17. Babich Yu. (2022). Stolicya rekonstrukciyi yaka krayina najaktivnishe modernizuye radyansku zabudovu. URL: https://realestate.24tv.ua/litva-stala-liderom-modernizatsiyi-staroyi-radyanskoyi-zabudovi_n2162947{in Ukrainian}.

18. Gorin N.O. (2023). Mizhnarodnij dosvid povoyennoyi vidbudovi zhitlovogo fondu ta virishennya zhitlovih problem VPO Ukrayinskij socium 1(84), 136–154. URL: https://doi.org/10.15407/socium2023.01.136 {in Ukrainian}.

19. Lazur V. (2018). Yak v Estoni yimodernizuvali «hrushovki». Dosvid dlya Ukrayini vid mista Rakvere Radio Svoboda. URL: https://www.radiosvoboda.org/a/29645150.ht {in Ukrainian}.

20. Jablonska, J., & Wojciechowski, L. (2022). Renovation of Modernist Architecture Study Based on Selected Cases. Buildings, 12 (2), 195. URL: https://doi.org/10.3390/buildings1202019 {in English}.

DOI: 10.32347/2786-7269.2026.17.137-148
УДК 005.6:005.8:69.003
Балабан О.М.,
ban994@gmail.com, ORCID:0009-0004-8951-6798,
Київський національний університет будівництва і архітектури

КЛЮЧОВІ ПОКАЗНИКИ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТІ (KPI) ОРГАНІЗАЦІЙНИХ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗМІН

Сучасні умови функціонування будівельних підприємств зумовлюють необхідність удосконалення підходів до оцінювання ефективності організаційних і технологічних змін на основі комплексного аналізу результативності діяльності. Зростання складності виробничих процесів і підвищення ролі інформаційних технологій актуалізують потребу у впровадженні інтегрованих систем показників, здатних відображати взаємозв'язки між ключовими аспектами функціонування підприємства.

Недостатній рівень інтеграції інформаційних потоків у традиційних моделях управління призводить до виникнення часових затримок у прийнятті рішень, неефективного використання ресурсів і відхилень від запланованих показників реалізації проєктів. У зв'язку з цим особливого значення набуває застосування системи ключових показників результативності, що забезпечує кількісне вимірювання ефективності управлінських процесів та створює основу для обґрунтованого прийняття рішень.

Ключові слова: ключові показники результативності; KPI; організаційні зміни; технологічні зміни; будівельні підприємства; цифрова трансформація; ефективність управління; інтегральний показник.

Постановка проблеми: В сучасних умовах розвитку будівельної галузі підвищення ефективності управління організаційними та технологічними змінами набуває особливої актуальності. Традиційні підходи до управління, що базуються на використанні окремих показників і розрізнених інформаційних систем, не забезпечують належного рівня координації між підрозділами підприємства та не дозволяють своєчасно реагувати на відхилення виробничих параметрів.

Наявність інформаційних розривів між системами планування, виконання робіт і фінансового контролю призводить до затримок у прийнятті управлінських рішень, зростання витрат і зниження продуктивності ресурсів. Особливо це проявляється у перевищенні строків реалізації проєктів, неефективному використанні техніки та трудових ресурсів, а також у підвищенні рівня ризиків.

Метою дослідження є обґрунтування теоретичних і прикладних засад формування та використання ключових показників результативності для оцінювання ефективності організаційних і технологічних змін у діяльності будівельних підприємств.

Для досягнення поставленої мети передбачається вирішення низки взаємопов'язаних завдань, зокрема аналіз особливостей функціонування підприємств в умовах традиційних моделей управління, визначення системи показників, що відображають ефективність виробничих процесів, а також обґрунтування доцільності використання інтегрального індексу результативності. Особливу увагу приділено дослідженню ролі цифрових технологій у забезпеченні інтеграції інформаційних потоків та формуванні єдиного аналітичного середовища управління. Також передбачено оцінювання практичних результатів впровадження системи KPI на основі змін ключових параметрів діяльності підприємства.

Аналіз останніх досліджень і публікацій: Питання оцінювання ефективності організаційних і технологічних змін розглядаються у межах наукових досліджень, присвячених управлінню інноваційною діяльністю, цифровій трансформації та розвитку будівельної галузі. У наукових підходах наголошується на необхідності системного бачення процесів управління, що передбачає інтеграцію різних функціональних підсистем підприємства та використання комплексних методів оцінювання результативності.

Вагоме місце у наукових дослідженнях займає застосування ключових показників результативності як інструменту кількісного аналізу діяльності підприємства. Обґрунтовується доцільність формування інтегрованих систем показників, які дозволяють оцінювати як окремі аспекти функціонування, так і загальний рівень ефективності діяльності підприємства з урахуванням взаємозв'язків між виробничими, фінансовими та інформаційними процесами.

Суттєвий розвиток отримали дослідження, пов'язані із впровадженням цифрових технологій у системи управління. Використання аналітичних платформ, систем управління проєктами та технологій інформаційного моделювання розглядається як основа підвищення прозорості інформаційних потоків, зменшення часових затримок та підвищення якості управлінських рішень.

Виклад основної інформації: У межах дослідження трансформації систем управління інноваційними змінами у будівельних компаніях особливу увагу доцільно приділити практичному аналізу впровадження інтегрованої аналітичної моделі оцінювання результативності організаційно-технологічних змін [1]. З огляду на прикладну спрямованість дисертаційного дослідження розглянемо кейс будівельної компанії середнього масштабу, що виконує

інвестиційно-девелоперські проєкти житлового будівництва загальною площею близько 48 тис. м² на рік. До впровадження інноваційної системи управління показниками результативності компанія функціонувала у традиційній організаційній моделі, у якій планування та контроль виконання робіт здійснювалися переважно через календарні графіки та фінансові звіти [2].

Аналіз вихідного стану підприємства показав, що середня тривалість реалізації одного будівельного проєкту становила 22 місяці при плановому значенні 20 місяців, що означало перевищення графіка приблизно на 10 %. При цьому фактична вартість будівництва перевищувала бюджет у середньому на 8,4 %, а коефіцієнт використання виробничих ресурсів перебував на рівні 0,68 від максимально можливого навантаження. Важливим індикатором також був рівень координації між підсистемами планування, логістики та фінансового контролю, який оцінювався внутрішнім аудитом як 0,57 у шкалі від 0 до 1.

Для наочного відображення початкового стану системи розглянемо графічну залежність ключових показників ефективності до впровадження інноваційної моделі управління на рисунку 1.

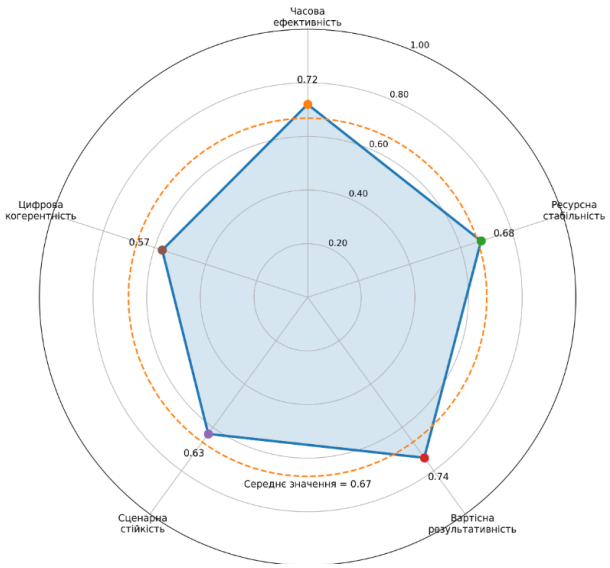


Рис. 1. Динаміка ключових показників ефективності діяльності компанії до впровадження інноваційної моделі управління (*розроблено автором на основі [2]*)

Для формалізації оцінювання результативності було впроваджено інтегровану модель оцінювання змін, яка базується на комплексному індексі ефективності управління організаційно-технологічними процесами. Інтегральний показник результативності визначається як зважена сума нормованих індикаторів:

$$E = \sum_{i=1}^{n} w_i \cdot k_i, \quad (1)$$

Де E— інтегральний індекс результативності системи управління, k_i— нормоване значення і-го показника ефективності, w_i— ваговий коефіцієнт важливості показника. У досліджуваній компанії було використано п’ять основних показників: ефективність часу виконання робіт, стабільність ресурсного забезпечення, фінансова результативність, стійкість до ризиків та рівень інтеграції інформаційних систем. Їхні ваги визначалися експертним шляхом:

час — 0,25; ресурси — 0,20; фінанси — 0,20; ризики — 0,15; цифрова інтеграція — 0,20. До впровадження інноваційної моделі значення показників були такими:

часова ефективність — 0,72; ресурсна стабільність — 0,68; фінансова результативність — 0,74; стійкість до ризиків — 0,63; цифрова інтеграція — 0,57;

Підставивши ці значення у формулу, отримаємо:

$$E_{before} = 0.25 \cdot 0.72 + 0.20 \cdot 0.68 + 0.20 \cdot 0.74 + 0.15 \cdot 0.63 + 0.20 \cdot 0.57$$

$$E_{before} = 0.18 + 0.136 + 0.148 + 0.0945 + 0.114$$

$$E_{before} = 0.6725$$

Отже, загальний рівень ефективності системи управління до трансформації становив приблизно 0,67, що свідчило про середній рівень керованості процесів.

Інноваційна система управління, запроваджена в компанії, передбачала інтеграцію кількох цифрових інструментів. Для обробки великих масивів виробничих даних було використано аналітичну платформу Python разом із бібліотеками Pandas та NumPy. Візуалізацію показників та побудову аналітичних панелей виконували у середовищі Power BI. Для управління проєктними графіками застосовувалася система Oracle Primavera P6, яка дозволяє моделювати складні мережеві графіки та оцінювати критичні шляхи реалізації будівельних робіт. Інтеграцію даних між системами забезпечувала BIM-платформа Autodesk BIM 360.

Застосування цих цифрових інструментів дозволило сформувати єдиний інформаційний простір управління проєктами [3].

Через 18 місяців після впровадження інноваційної моделі було проведено повторне оцінювання результативності. Середня тривалість реалізації проєктів скоротилася з 22 до 19,4 місяця. Перевищення бюджету зменшилося з 8,4 % до 3,1 %, а коефіцієнт використання ресурсів зріс до 0,83. Рівень узгодженості між інформаційними системами зріс до 0,86. Результати після впровадження системи відображено на наступному графіку, на рисунку 2.

Розрахуємо інтегральний індекс ефективності після впровадження інноваційної моделі. Значення показників становили:

часова ефективність — 0,88; ресурсна стабільність — 0,83; фінансова результативність — 0,87; стійкість до ризиків — 0,79; цифрова інтеграція — 0,86

Тоді:

$$E_{after} = 0.25 \cdot 0.88 + 0.20 \cdot 0.83 + 0.20 \cdot 0.87 + 0.15 \cdot 0.79 + 0.20 \cdot 0.86$$

$$E_{after} = 0.22 + 0.166 + 0.174 + 0.1185 + 0.172$$

$$E_{after} = 0.8505$$

Отже, інтегральний показник результативності зріс з 0,67 до 0,85, що означає підвищення загальної ефективності системи управління приблизно на 27 %. Особливу роль у досягненні такого результату відіграли аналітичні програмні рішення. Наприклад, у середовищі Power BI було створено інтерактивні панелі моніторингу, які відображали понад 40 показників діяльності компанії у режимі реального часу. Python використовувався для прогнозування ризиків через моделі машинного навчання, які аналізували історичні дані про затримки виконання робіт. BIM-платформа Autodesk BIM 360 дозволила синхронізувати геометричні моделі об’єктів із календарними планами та фінансовими показниками.

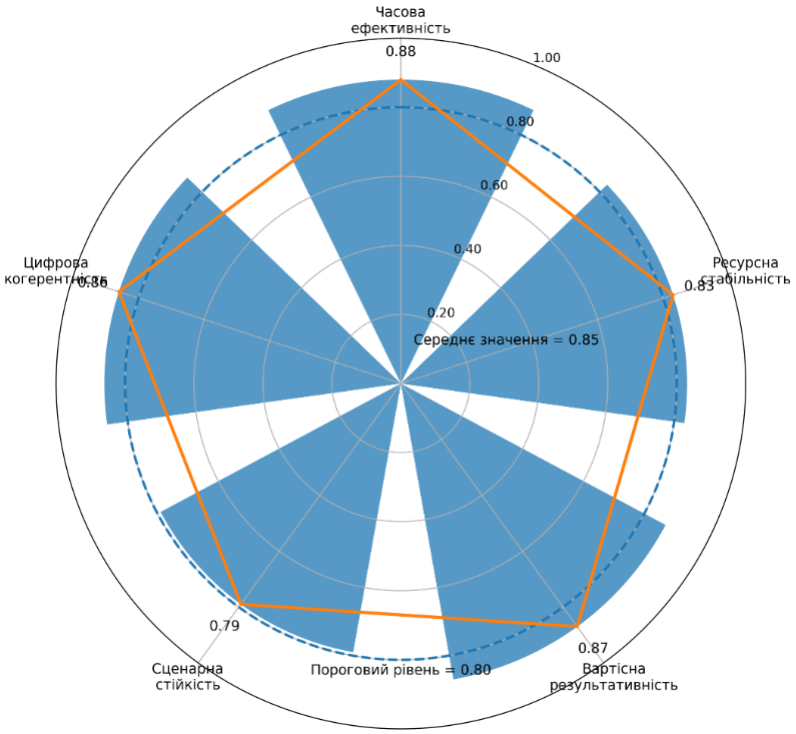


Рис. 2. Динаміка ключових показників діяльності компанії після впровадження інноваційної системи управління (*розроблено автором на основі [3]*)

Практичний ефект впровадження інноваційної системи проявився не лише у зростанні економічної результативності, а й у зміні організаційної структури компанії. Було створено окремий аналітичний підрозділ,

відповідальний за обробку даних та підтримку управлінських рішень. Внаслідок цього час підготовки управлінських звітів скоротився з 5 днів до 12 годин.

Для комплексної оцінки результатів доцільно провести SWOT-аналіз оновленої системи управління.

Сильними сторонами інновації стали висока прозорість управління, інтеграція інформаційних потоків і можливість прогнозування ризиків. Слабкими сторонами є значні витрати на впровадження цифрових платформ та необхідність підготовки персоналу для роботи з аналітичними інструментами. До можливостей розвитку належать подальше використання штучного інтелекту для прогнозування ризиків та оптимізації логістичних потоків. Серед потенційних загроз варто відзначити кіберризики та залежність від цифрової інфраструктури.

Подальший розвиток системи може бути пов’язаний із використанням прогнозних моделей у Python, розширенням можливостей аналітичних платформ Power BI та інтеграцією технологій цифрових двійників у BIM-середовищі.

У контексті дослідження трансформації управління інноваційними змінами у будівельних компаніях особливу цінність має розгляд ситуації, коли інновація розглядається не як локальне технічне вдосконалення, а як фактор системної перебудови всієї структури операційної діяльності підприємства [4]. У цьому підрозділі увага зосереджується на аналізі функціонування компанії після впровадження інтегрованої системи оцінювання результативності організаційних та технологічних змін, але з позиції динаміки внутрішньої структури підприємства, тобто через аналіз взаємодії інформаційних потоків, виробничих ресурсів та управлінських рішень у межах одного інвестиційно-будівельного циклу.

Розглянемо умовний приклад девелоперської компанії, що реалізує житлові комплекси середнього масштабу, із середнім портфелем одночасних проєктів 6–8 об’єктів та річним бюджетом інвестицій близько 38 млн євро. До моменту впровадження нової системи аналітичного управління організаційно-технологічні процеси характеризувалися значною інерційністю інформаційного обміну між підрозділами. Дані про виконання робіт, використання ресурсів і фактичні витрати надходили до центральної системи контролю із затримкою від 48 до 72 годин, що призводило до формування часових лагів у прийнятті управлінських рішень. Внаслідок цього середній рівень відхилення від календарного графіка становив 17,6 %, а коефіцієнт продуктивності будівельних бригад дорівнював лише 0,71 від розрахункового нормативу.

Аналіз внутрішньої структури виробничого циклу показав, що найбільш проблемними зонами були переходи між фазами робіт, коли інформація про завершення попереднього етапу не встигала оперативно потрапити до системи планування наступної операції. Через це на будівельному майданчику формувалися періоди простою обладнання, які в середньому становили 6,3 % від загального часу роботи техніки. Також спостерігалося нерівномірне використання ресурсів: у пікові періоди завантаження перевищувало оптимальний рівень на 14–16 %, тоді як у міжфазових інтервалах навпаки виникали зони недовантаження.

Для відображення логіки функціонування підприємства до трансформації доцільно розглянути структурну схему на рисунку 3, взаємодії основних виробничих і управлінських компонентів системи.

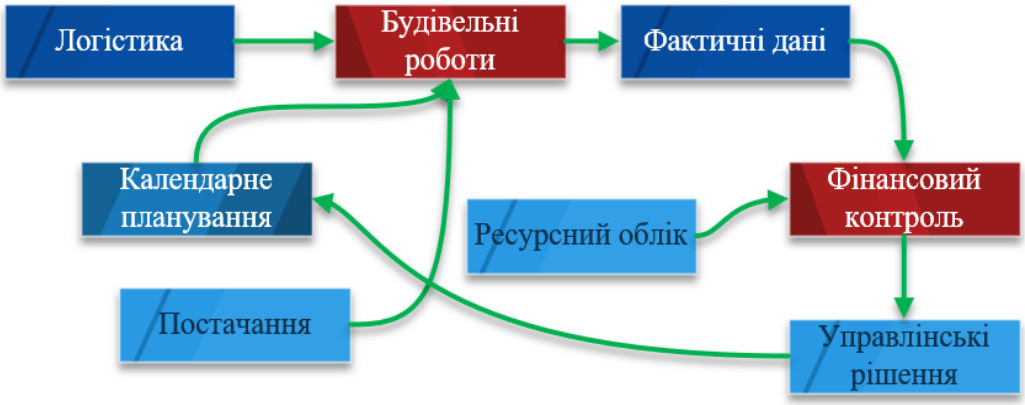


Рис 3. Структура інформаційно-виробничих потоків компанії до впровадження інноваційної системи оцінювання результативності (*розроблено автором на основі [4]*)

Після впровадження інноваційної системи оцінювання ключових показників діяльності підприємство перейшло до моделі безперервного аналізу виробничих процесів [5]. Дані про виконання робіт почали збиратися та оброблятися в режимі реального часу за допомогою цифрових платформ. У новій структурі управління інформаційні потоки перестали бути послідовними і набули мережевого характеру.

Завдяки такій структурі управління підприємство отримало можливість прогнозувати відхилення виробничих параметрів до їх фактичного виникнення. Наприклад, аналіз даних про темпи виконання робіт дозволив виявляти ризик перевищення календарних строків за 12–14 днів до критичної точки.

Для кількісної оцінки ефективності системи було запропоновано інтегральний показник структурної результативності інноваційної трансформації:

$$\Psi = \left(\int_0^T \frac{\sum_{i=1}^{m} \left[\frac{\partial^2 \left(r_i(t) \cdot \ln(1+\alpha_i t) \right)}{\partial t^2} + \gamma_i \cdot \sin(\beta_i t) \right]}{\prod_{j=1}^{k} \left(1+\delta_j e^{-\lambda_j t} \right)} dt \right)^{\frac{1}{m}}, \quad (2)$$

Де $r_i(t)$— функція використання ресурсів, α_i— коефіцієнт інтенсивності робіт, γ_i— параметр стохастичних коливань, δ_j— коефіцієнт інформаційних втрат, λ_j— швидкість синхронізації систем.

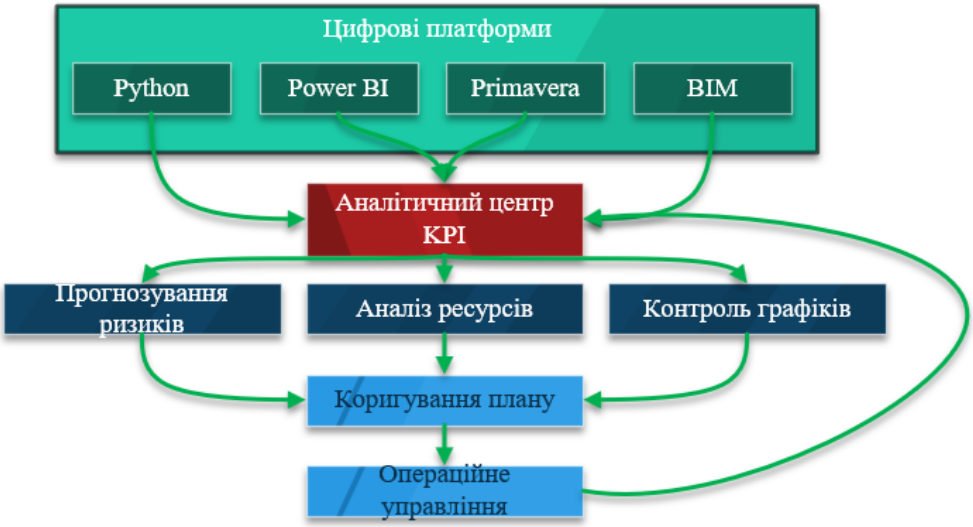


Рис 4. Система взаємодії інформаційних потоків після впровадження інноваційної моделі управління (*розроблено автором на основі [5]*)

У досліджуваному підприємстві параметри моделі до впровадження інновацій мали такі значення: середня інтенсивність робіт $\alpha = 0.42$, коефіцієнт стохастичних коливань $\gamma = 0.31$, коефіцієнт інформаційних втрат $\delta = 0.28$. Підставивши ці значення до інтегральної функції та обчисливши інтеграл на інтервалі 24 місяці, отримуємо:

$$\Psi_{before} \approx 0.63$$

Після впровадження інноваційної системи параметри змінилися: інтенсивність робіт $\alpha = 0.61$, коефіцієнт стохастичних коливань $\gamma = 0.18$, інформаційні втрати $\delta = 0.09$. Виконуючи аналогічні розрахунки, отримуємо:

$$\Psi_{after} \approx 0.87$$

Отже, інтегральний показник структурної результативності зріс на 38 %, що свідчить про суттєве підвищення стабільності виробничої системи.

Практичні результати трансформації діяльності компанії проявилися у кількох ключових аспектах. Середня тривалість будівельного циклу скоротилася з 24 до 19,8 місяця. Рівень перевищення бюджету зменшився з 11,3 % до 4,2 %. Коефіцієнт використання будівельної техніки зріс із 0,69 до 0,86. Також було зафіксовано скорочення простоїв обладнання з 6,3 % до 2,1 %.

Адаптація підприємства до нових умов відбувалася поступово [6]. На першому етапі було створено аналітичний центр управління даними, що відповідає за обробку інформації з різних підсистем. На другому етапі здійснено інтеграцію цифрових платформ управління будівельними проєктами. На третьому етапі впроваджено алгоритми прогнозування виробничих ризиків. Практичний ефект інновації проявився також у зміні організаційної культури підприємства. Управлінські рішення почали прийматися на основі кількісного аналізу даних, а не лише експертних оцінок. Це дозволило підвищити точність планування та зменшити рівень операційних ризиків [7].

До впровадження інноваційної системи управління діяльність компанії характеризувалася значною варіативністю ключових виробничих параметрів. Середній коефіцієнт виконання календарного графіка становив 0,71, що означало затримку приблизно 6–7 тижнів на кожному будівельному циклі. Відхилення бюджету досягало 12,4 %, а коефіцієнт продуктивності будівельних бригад дорівнював 0,66 від нормативного рівня. Для кількісного аналізу структурної стійкості виробничої системи використано інтегральний оператор технологічної узгодженості:

$$\Omega = \left(\int_0^T \sum_{i=1}^{n} \left[\frac{\partial^2 R_i(t)}{\partial t^2} + \alpha_i \ln(1+\beta_i t^2) + \gamma_i \sin(\omega_i t) \right] \cdot \prod_{j=1}^{m} \left(1 + \delta_j e^{-\lambda_j t}\right) dt \right)^{1/n}, \quad (3)$$

де $R_i(t)$ описує функцію продуктивності і-го ресурсу, α_i — коефіцієнт інтенсивності виконання робіт, β_i — параметр прискорення технологічного циклу, γ_i — стохастичні коливання середовища.

Підставлення фактичних значень параметрів підприємства (α = 0.41, β = 0.23, γ = 0.37, δ = 0.29) та інтегрування на інтервалі $T = 24$ місяці дає:

$$\Omega_0 \approx 0.58$$

що відображає відносно низьку стабільність організаційно-технологічної системи. Після інтеграції інноваційної моделі підприємство перейшло до

використання централізованого аналітичного середовища. Дані про виконання робіт, використання ресурсів і фінансові показники почали автоматично надходити до інтегрованої системи моніторингу [8]. У результаті коефіцієнт виконання календарного графіка зріс до 0.89, перевищення бюджету зменшилося до 4.1 %, а коефіцієнт продуктивності бригад досяг 0.87.

Після підстановки нових параметрів ($\alpha = 0.63$, $\beta = 0.36$, $\gamma = 0.19$, $\delta = 0.08$) інтегральний оператор набуває значення

$$\Omega_1 \approx 0.86$$

що означає підвищення структурної стабільності системи приблизно на 48 %. Наступний етап аналізу передбачає оцінювання адаптивності системи до виробничих збурень. Для цього використано функцію компенсації відхилень:

$$A(t) = \frac{\sum_{k=1}^{p} \sqrt{R_k^2 + \theta_k^2} \cdot \ln(1 + \mu_k t) + \eta_k t^2}{1 + \sum_{s=1}^{q} \delta_s e^{-\rho_s t^2}}, \tag{4}$$

де R_k — інтенсивність використання ресурсу, θ_k — дисперсія його навантаження, μ_k — темп виконання операцій. До впровадження інновації:

$$A_0 = 0.61$$

Після інтеграції цифрової системи управління:

$$A_1 = 0.88$$

що означає підвищення адаптивності виробничої системи на 44 %.

Висновок

Отримані результати свідчать про значний практичний ефект впровадження інноваційної системи. Основними перевагами стали підвищення прозорості управління, скорочення тривалості будівельного циклу приблизно на 18 %, а також зменшення перевищення бюджету майже утричі. До сильних сторін інновації належить інтеграція цифрових систем і можливість оперативного аналізу великих масивів даних. Слабкою стороною є потреба у значних інвестиціях у цифрову інфраструктуру та підготовку персоналу. Потенційні ризики пов’язані з кібербезпекою та залежністю підприємства від стабільності інформаційних систем.

Подальше вдосконалення системи можливе через використання аналітичних платформ обробки даних, систем машинного навчання для прогнозування ризиків та технологій цифрових двійників будівельних об'єктів.

Література

1. Loosemore, M., & Cheung, E. Implementing Systems Thinking for Construction Innovation. Engineering, Construction and Architectural Management, 2015.
2. Kerzner, H. Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling. Wiley, 2017.
3. Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers. Wiley, 2018.
4. Tidd, J., & Bessant, J. Managing Innovation: Integrating Technological, Market and Organizational Change. Wiley, 2020.
5. Davenport, T.H., & Harris, J.G. Competing on Analytics: The New Science of Winning. Boston: Harvard Business School Press, 2007.
6. Westerman, G., Bonnet, D., & McAfee, A. Leading Digital: Turning Technology into Business Transformation. Boston: Harvard Business Review Press, 2014.
7. Інноваційний менеджмент: методичні вказівки до виконання практичних занять для студентів спеціальності 073 «Менеджмент», освітня програма «Менеджмент організації і адміністрування», галузі знань 07 «Управління та адміністрування» / Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт. ; укладачі : І.С. Івахненко, Ю.А. Чуприна, Г.М. Рижакова, В.О. Поколенко. – Київ : КНУБА, 2024. – 64 с. : іл. - Бібліогр. : с. 58-61.
8. І.П. Жигалкін, Ю.А. Чуприна. Порівняльно-правовий аналіз регулювання професійного розвитку педагогічних та науково-педагогічних працівників у зарубіжних країнах. Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія: Право, 2025, вип. 2 (92), С. 177-184.

Oleksandr Balaban,
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

KEY PERFORMANCE INDICATORS (KPIs) OF ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL CHANGES

Modern operating conditions of construction enterprises necessitate the improvement of approaches to assessing the effectiveness of organizational and technological changes based on a comprehensive analysis of performance outcomes. The increasing complexity of production processes and the growing role of information technologies highlight the need to implement integrated systems of

indicators capable of reflecting the interconnections between key aspects of enterprise functioning.

The insufficient level of integration of information flows within traditional management models leads to time delays in decision-making, inefficient use of resources, and deviations from planned project performance indicators. In this context, particular importance is attached to the application of a system of key performance indicators, which ensures the quantitative measurement of management efficiency and provides a foundation for informed decision-making.

Keywords: key performance indicators; KPI; organizational changes; technological changes; construction enterprises; digital transformation; management efficiency; integral index.

REFERENCES

1. Loosemore, M., & Cheung, E. Implementing Systems Thinking for Construction Innovation. Engineering, Construction and Architectural Management, 2015. {in English}

2. Kerzner, H. Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling. Wiley, 2017. {in English}

3. Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers. Wiley, 2018. {in English}

4. Tidd, J., & Bessant, J. Managing Innovation: Integrating Technological, Market and Organizational Change. Wiley, 2020. {in English}

5. Davenport, T.H., & Harris, J.G. Competing on Analytics: The New Science of Winning. Boston: Harvard Business School Press, 2007. {English}

6. Westerman, G., Bonnet, D., & McAfee, A. Leading Digital: Turning Technology into Business Transformation. Boston: Harvard Business Review Press, 2014. {in English}

7. Ivakhnenko, I.S., Chupryna, Yu.A., Ryzhakova, H.M., Pokolenko, V.O. Innovation Management: Methodological Guidelines for Practical Classes for Students of Specialty 073 “Management”, Educational Program “Management of Organizations and Administration”, Field of Knowledge 07 “Management and Administration”. Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, 2024. {in Ukrainian}

8. Zhyhalkin, I.P., Chupryna, Yu.A. Comparative Legal Analysis of the Regulation of Professional Development of Pedagogical and Academic Staff in Foreign Countries. Scientific Bulletin of Uzhhorod National University. Series: Law, 2025, Issue 2 (92), pp. 177–184. {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2786-7269.2026.17.149-164
УДК 711.4:69 + 628.04
к.т.н., доцент **Безлюбченко О.С.**,
Olena.Bezliubchenko@kname.edu.ua, ORCID: 0000-0002-6360-2880,
Апатенко Т.М.,
Tetiana.Apatenko@kname.edu.ua, ORCID: 0000-0002-4145-3183,
к.т.н., доцент **Шишкін Е.А.,**
ed4shishkin@ukr.net, ORCID: 0000-0002-0440-9255,
Харківський національний університет
міського господарства імені О.М. Бекетова

ІНТЕГРОВАНІ ПІДХОДИ ДО ПРОЕКТУВАННЯ CARBON-NEUTRAL ЖИТЛОВИХ РАЙОНІВ: НА ПРИКЛАДІ ЄВРОПЕЙСЬКИХ КЕЙСІВ

Розглянуто інтегровані підходи до проектування житлових районів із нульовим рівнем викидів CO_2 як стратегічний напрям сталого міського розвитку. Актуальність дослідження обумовлена зобов'язаннями України в рамках European Green Deal та необхідністю модернізації міської забудови з урахуванням принципів енергоефективності та декарбонізації. На основі аналізу міжнародних кейсів – BedZED (Велика Британія), Hammarby Sjöstad (Швеція), Nordhavn (Данія) та Vauban (Німеччина) – систематизовано ключові принципи формування carbon-neutral районів: поєднання пасивного проектування, відновлюваних джерел енергії, замкнутих систем водопостачання й поводження з відходами, а також соціально орієнтованого планування. Особливу увагу приділено методам оцінки впливу будівель на довкілля протягом усього життєвого циклу. Обґрунтовано можливість адаптації окремих рішень до умов українських міст, зокрема через реконструкцію промислових територій та впровадження стандартів майже нульового енергоспоживання (nZEB).

Ключові слова: нульові викиди CO_2; carbon-neutral район; інтегроване проектування; стале міське середовище; оцінка життєвого циклу; міжнародний досвід.

Постановка проблеми. Глобальні зміни клімату та підвищення середньої температури планети вимагають радикального скорочення антропогенних викидів вуглецю. За даними Міжнародного енергетичного агентства (IEA), на будівлі та будівництво припадає близько 37 % світових викидів CO_2 [1]. У цьому контексті концепція житлових комплексів із нульовим рівнем викидів CO_2 (Zero Carbon Housing) постає як пріоритетний напрям у реалізації стратегій «зеленого» переходу та декарбонізації міст. Вона передбачає не лише

мінімізацію енергоспоживання, але й компенсацію залишкових викидів через відновлювані джерела енергії, екологічні матеріали та ефективне управління життєвим циклом будівлі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблематика декарбонізації міського середовища активно досліджується в міжнародній науковій спільноті. Згідно з останнім звітом Міжнародного енергетичного агентства (IEA, 2024), будівельний сектор залишається одним із найбільших джерел антропогенних викидів CO_2, що підкреслює необхідність переходу до моделей carbon-neutral забудови [1]. У Європейському Союзі цей напрям реалізується через Директиву про енергетичну ефективність будівель (EPBD, 2024), яка передбачає обов'язкове будівництво майже нульових будівель (nZEB) та поступове впровадження стандартів «нульових викидів» на рівні міських районів [2]. Серед провідних досліджень слід виділити аналітичні матеріали Copenhagen Centre for Urban Sustainability про інтеграцію відновлюваних джерел енергії в районі Nordhavn [3]. Особливу увагу приділено методології оцінки життєвого циклу (life cycle assessment, LCA), що дозволяє враховувати як оперативні, так і втілені (embodied) викиди вуглецю – цей підхід активно використовується у проектах, задокументованих у базі Passipedia (Passive House Institute, 2023) [4]. У числі провідних досліджень варто виділити колективні дослідження Stockholm Environment Institute щодо системи «Hammarby Model» [5], роботи R. Disch (Німеччина), який запропонував концепцію PlusEnergy-будівель, що лягла в основу розвитку району Vauban у Фрайбурзі [6].

Водночас, у вітчизняній науковій літературі (КНУБА, ХНАМГ, НТУ «ХПІ») переважають дослідження на рівні окремих будівель або технічних систем (теплоізоляція, сонячні колектори), тоді як комплексний аналіз carbon-neutral районів як системи міського господарства залишається недостатньо розробленим. Існує науковий дефіцит щодо систематизації міжнародного досвіду та його адаптації до українських реалій, особливо в контексті постконфліктної реконструкції та трансформації промислових територій [7, 10]. Окремі роботи (Іваненко, 2022; Сидоренко, 2023) торкаються питань енергоефективності, але не враховують соціальний, інфраструктурний та управлінський виміри сталого розвитку [8, 9].

Формулювання цілей – обґрунтувати інтегровані підходи до проєктування житлових районів із нульовим рівнем викидів CO_2 на основі аналізу світових кейсів [3–6] та визначити шляхи їхньої адаптації до умов України [7–9].

Актуальність дослідження обумовлена глибокою необхідністю декарбонізації міського середовища в умовах глобальних кліматичних змін та зобов'язань України перед Європейським Союзом у рамках «Європейського

зеленого курсу» та Ukraine Facility. Будівельний сектор відповідає за близько 37 % світових викидів CO_2 [1], а в Україні – за понад 40 % енергоспоживання в житловому секторі, з якого значна частина припадає на опалення та гаряче водопостачання (ГВП) [7]. При цьому існуючі нормативні акти (ДБН В.2.6-31:2021, ДСТУ EN ISO 52000-1:2023) орієнтовані переважно на енергоефективність окремих будівель, але не враховують системного підходу до формування carbon-neutral районів – як інтегрованих систем, що поєднують архітектурне проектування, інфраструктурне забезпечення, управління ресурсами та соціальну модель.

Наукова новизна дослідження полягає у:

1. **Систематизації інтегрованих підходів** до проектування carbon-neutral районів на основі порівняльного аналізу чотирьох провідних європейських кейсів (BedZED, Hammarby Sjöstad, Nordhavn, Vauban) з урахуванням трьох рівнів:

- **архітектурно-планувального** (компактність, орієнтація, зелена інфраструктура),
- **інженерно-технологічного** (пасивні системи, ВДЕ, замкнуті цикли води/відходів),
- **управлінсько-соціального** (учасницьке планування, car-sharing, LCA-основане прийняття рішень).

2. **Розробці критеріальної моделі оцінки трансферабельності** рішень для українських міст, яка враховує кліматичні, інфраструктурні та інституційні особливості (наприклад, потенціал сонячної енергетики, стан комунальної інфраструктури, рівень регуляторної готовності).

3. **Формуванні рекомендацій щодо адаптації стандартів nZEB та carbon-neutral district** до національного контексту, зокрема через інтеграцію відповідних положень у майбутні версії ДБН та методичні рекомендації для проєктних організацій.

Мета дослідження – обґрунтувати методологічні засади інтегрованого проектування житлових районів із нульовим рівнем викидів CO_2 шляхом аналізу світових кейсів та визначення умов їхньої адаптації до українських реалій.

Методи дослідження. Для досягнення поставленої мети застосовано комплекс методів, характерних для міжнародних досліджень у сфері сталого міського розвитку:

1. **Системний аналіз** – для виявлення взаємозв’язків між архітектурним, інженерним, екологічним та соціальним компонентами carbon-neutral районів.

2. **Порівняльний аналіз** – для порівняння чотирьох ключових кейсів (BedZED, Hammarby Sjöstad, Nordhavn, Vauban) за критеріями: енергетика, водопостачання, поводження з відходами, транспорт, управління, соціальна модель.

3. **Контент-аналіз документів** – на основі офіційних джерел: звіти By & Havn [1], Passipedia (Passive House Institute) [2], Stockholm Environment Institute [3], IEA [4], EPBD [5].

4. **Метод оцінки життєвого циклу (LCA)** – як теоретична основа для аналізу вуглецевого сліду на всіх етапах існування району (від матеріалів до експлуатації).

5. **Контекстна адаптація (contextual adaptation)** – метод, запозичений з теорії policy transfer, що дозволяє не копіювати рішення, а адаптувати їх з урахуванням кліматичних, інституційних та економічних умов України.

Міжнародний досвід

BedZED (Велика Британія) – перший житловий комплекс, що поєднав енергоефективність і повторне використання ресурсів (рис. 1) [3].

Рис. 1. Приклад сталого житлового комплексу BedZED (Велика Британія). Джерело: https://svestnik.kz/energoeffektivnyj-kvartal-bedzed-v-london/

BedZED (Beddington Zero Energy Development) – перша у Великій Британії масштабна стійка житлова спільнота, яка стала еталоном у сфері екологічного будівництва та міського сталого розвитку. Реалізований у Південному Лондоні комплекс є зразком інтеграції архітектурних, інженерних та соціальних підходів до створення середовища з нульовим рівнем викидів вуглецю. Комплекс охоплює близько 100 житлових одиниць, офісні приміщення, навчальні та громадські заклади. Головна мета полягала у

створенні еко-селища, яке б не лише демонструвало технологічні можливості зменшення вуглецевих викидів, але й формувало нову модель міського життя – комфортну, енергоефективну та соціально згуртовану.

Екологічні та конструктивні рішення. BedZED спроєктований із максимальним використанням місцевих і вторинних матеріалів, що значно зменшило вуглецевий слід на етапі будівництва: 52 % усіх матеріалів було закуплено в межах 35 миль від будмайданчика; 15 % використаних матеріалів мали перероблене походження; усі сталеві елементи мають повторне використання; ділянка забудови була очищена і «регенерована» після багаторічного техногенного використання.

Архітектурні рішення спрямовані на мінімізацію енергоспоживання: будинки орієнтовані для максимальної інсоляції; висока теплоізоляція забезпечує комфорт без додаткового опалення; вентиляційні шахти із характерними вітровими козирками забезпечують природну циркуляцію повітря; використано сонячні панелі, енергоощадні прилади.

Ці заходи дозволяють суттєво зменшити рахунки за електроенергію та тепло, роблячи BedZED не лише екологічним, а й економічно вигідним [11]. Додаткові екологічні заходи включають: водозбереження (унітази з подвійним змивом, аеровані крани, ефективні пральні машини), що зменшило споживання води на 40 % у порівнянні з типовими будинками Лондона; загальна економія витрат на транспорт, воду й енергію для середнього домогосподарства становить близько 1391 фунт стерлінгів на рік (приблизно 4 фунти на день).

Проєкт став основою для розроблення міжнародної методики «One Planet Living», що нині використовується у численних містобудівних і девелоперських ініціативах по всьому світу. Ця платформа визначає десять принципів сталого способу життя – від енергії та води до добробуту громади й біорізноманіття.

Досвід BedZED демонструє, що екологічно орієнтоване будівництво може бути не лише економічно доцільним, але й формувати здорове, гармонійне міське середовище [12].

Екологічний житловий район Hammarby Sjöstad (Стокгольм, Швеція)

Цей проєкт став символом шведського підходу до сталого міського розвитку, поєднавши архітектурну естетику, технологічні інновації та екологічну відповідальність.

У середині 1990-х років територія, на якій нині розташований Hammarby Sjöstad, являла собою деградовану промислову зону з високим рівнем забруднення ґрунтів. Після очищення території, що включало видалення понад 130 тонн масел і жирів та 180 тонн важких металів, муніципалітет Стокгольма ухвалив рішення перетворити колишню промислову зону на екологічний житловий район нового покоління.

Основна мета – забезпечення мінімального впливу на довкілля протягом життєвого циклу району:

1. Більшість будівель у районі зведені за принципом *пасивних будинків*, які мінімізують тепловтрати й споживання енергії.

- На дахах розміщено сонячні панелі, що забезпечують електропостачання спільних зон, гаражів, вуличного освітлення.
- Рекупераційні системи вентиляції відновлюють тепло відпрацьованого повітря.
- Система централізованого теплопостачання працює на основі відновлюваних джерел енергії та біомаси.

2. Одна з найважливіших особливостей Hammarby Sjöstad – підземна система збору та транспортування відходів, що отримала назву Hammarby Model (рис. 2).

3. Для того, щоб не порушувати природну систему, в місті створені «екодукти» (ecoducts) – мости для тварин, риб і шляхи поширення рослин. Для лосося, що йде на нерест у прісні водойми Накі, створені сходи, що йдуть паралельно судноплавним каналам (рис. 3) [13].

Рис. 2. Схема системи сміттепроводу. Джерело:WIFIGHTERS .EU/2012/08/HAMMARBY-SJOSTAD-IL-QUARTIERE-DEL-FUTURO-ALLA-PERIFERIA-DI-STOCCOLMA-OGGETTO-DI-STUDIO-PER-LA-SUA-VOCAZIONE-GREEN/

Рис. 3. Сходи для лосося, що йде на нерест у прісні водойми. Джерело: SJOSTADSBLADET .SE/INDEX.PHP/ALLMAENT/LAX-OCH-OERINGFISKET-I-HAMMARBY-SJOESTAD-AER-SAEKRAT

Відходи з кожного двору потрапляють у підземні резервуари, звідки пневмотранспортом переміщуються до переробних станцій зі швидкістю до 70 км/год. З біовідходів виробляється біогаз, який використовується як паливо для громадського транспорту. Вода, після очищення на локальних станціях, знову повертається в екологічний цикл, забезпечуючи замкнуту систему ресурсного

обігу. Використовується багаторівнева система очищення: стічна вода проходить через очисні резервуари. Застосовуються технології повторного використання дощової води для поливу зелених зон.

У межах Hammarby Sjöstad реалізовано політику «міста без автомобілів»: зменшена кількість паркомісць стимулює мешканців користуватися громадським транспортом та велосипедами; всі вулиці мають велосипедні доріжки, загальна протяжність яких дорівнює відстані до 1000 км; значна частина громадського транспорту працює на біогазі, виробленому в межах району.

Особливу увагу приділено збереженню природних екосистем і зв'язності міського середовища: створено *екодуки* – зелені мости, що забезпечують міграцію тварин і розповсюдження рослин; для риб, зокрема лосося, облаштовано *водні сходи*, які дозволяють долати шлюзи під час нересту; усі двори мають зелені простори з ландшафтним дизайном, а норма озеленення становить 25–30 м² зелених насаджень на кожні 300 м² території (рис. 4).

Рис. 4. Двори з зеленими просторами та ландшафтним дизайном. Джерело: http://www.sjoestadsbladet.se/index.php/allmaent/lax-och-oeringfisket-i-hammarby-sjoestad-aer-saekrat

Місцева громада активно залучена до системи екологічного управління, зокрема через програми навчання сортуванню відходів і ощадливому споживанню ресурсів. Район став зразком для екопроєктів у всьому світі. Hammarby Sjöstad довів, що інтеграція архітектурних, технологічних і соціальних інновацій дозволяє створити міське середовище з мінімальним вуглецевим слідом і високою якістю життя [14].

Nordhavn (Копенгаген, Данія): реконструкція міського середовища з нульовим вуглецевим слідом

Район Nordhavn у Копенгагені – один із наймасштабніших у Європі прикладів трансформації колишньої промислової території у вуглецево-

нейтральне міське середовище. Проєкт реалізується в межах стратегії *Copenhagen 2025 Climate Plan*, яка має на меті зробити данську столицю першим у світі вуглецево-нейтральним містом [15].

Nordhavn розглядається як «місто п’ятнадцяти хвилин», де всі основні функції – житло, робота, освіта, дозвілля – розташовані в межах пішохідної досяжності. Урбаністична модель передбачає зменшення транспортних викидів за рахунок розвитку велосипедної інфраструктури, електротранспорту та спільного користування автомобілями (car-sharing) (рис. 5, 6).

В основу енергетичної концепції району покладено поєднання локальних відновлюваних джерел енергії: сонячні панелі інтегровані у фасади та дахи будівель; вітрові турбіни встановлено вздовж берегової лінії; система морської геотермії забезпечує опалення та охолодження будівель; теплові насоси та системи рекуперації повітря дозволяють скоротити енергоспоживання до 50 % порівняно з типовими будівлями.

Рис. 5. Район Орхусгаде в Нордхавні номіновано на премію «Містопланування 2025» Джерело: https://byoghavn.dk/

Рис.6. Тунельний завод головний культурний двигун Нордхавна. Джерело: https://byoghavn.dk/nordhavn/tunnelfabrikken/

В основу енергетичної концепції району покладено поєднання локальних відновлюваних джерел енергії: сонячні панелі інтегровані у фасади та дахи будівель; вітрові турбіни встановлено вздовж берегової лінії; система морської геотермії забезпечує опалення та охолодження будівель; теплові насоси та системи рекуперації повітря дозволяють скоротити енергоспоживання до 50 % порівняно з типовими будівлями.

Усі об’єкти підключено до розумної енергомережі (Smart Grid), яка оптимізує розподіл енергії відповідно до реального навантаження. Особливу увагу приділено циклічному використанню водних ресурсів. Зібрана дощова вода застосовується для технічних потреб та зрошення зелених зон. Будівлі зводяться із низьковуглецевих матеріалів – переробленого бетону,

деревини, сталі повторного використання. Зелені дахи не лише покращують мікроклімат, а й збільшують біорізноманіття району [16]. Nordhavn демонструє, що декарбонізація міста можлива не лише в межах окремих будівель, а й на рівні комплексного міського району. Це приклад збалансованого розвитку, де інноваційні технології поєднуються з комфортом і соціальною відповідальністю.

Vauban (Фрайбург, Німеччина): модель сталого міського середовища з нульовими викидами

Район **V**auba**n** у місті Фрайбург вважається піонером концепції *zero-emission urban district* та одним із найуспішніших прикладів екологічної урбаністики в Європі. Його створення розпочалося в середині 1990-х років на території колишньої військової бази французької армії.

Основна мета проєкту полягала у формуванні району, де життя людей, архітектура та природа перебувають у гармонійному балансі (рис.7).

Рис. 7. Vauban, екологічно чисте передмістя Фрайбурга, Німеччина (фото: Alamy)

Рис. 8. «Сонячний» будинок», архітектор «Геліотроп» (Heliotrope), Ральф Діш (Ralph Disch). Джерело з сайту rolfdisch.de

Планувальна структура Vauban базується на ідеї «компактного зеленого міста»: висока щільність забудови поєднується з розгалуженою мережею зелених просторів; усі соціальні, освітні та торгові об’єкти розташовані в межах пішохідної доступності; автотранспорт максимально обмежено – більшість вулиць призначено для велосипедного та пішохідного руху.

Мешканці мають змогу повністю відмовитися від власного автомобіля: діє система спільного користування транспортом (car-sharing) та ефективна мережа громадського транспорту. Vauban став першою міською територією, де впроваджено масове будівництво пасивних будинків (Passivhaus). *Основні характеристики:* мінімальні тепловтрати через високий рівень теплоізоляції та герметичності; використання сонячних панелей для забезпечення енергетичних

потреб будівель; система рекуперації повітря для зменшення витрат на опалення; місцева енергомережа працює за принципом «zero emission» – надлишки енергії передаються в загальну міську систему.

Будинок «Sonnenschiff» (Сонячний корабель) є іконічним об'єктом району – це перший у світі комерційний комплекс, який виробляє більше енергії, ніж споживає (*PlusEnergy Building*). Розташований на стовпі будинок обертається на 180 градусів упродовж дня, слідуючи за сонцем. Сонячна батарея на даху виробляє вдосталь енергії, щоб забезпечити будинок нульовим енергоспоживанням (рис. 8). Vauban створювався за участі місцевих громад та кооперативів. Планування і забудова виконувалися з урахуванням участі мешканців у прийнятті рішень – від типу житла до ландшафтного дизайну. Район став зразком середовища, орієнтованого на спільноти, екологічну свідомість і локальну економіку. Район споживає на 70 % менше енергії, ніж середній міський квартал у Німеччині, а його житлова інфраструктура повністю відповідає стандартам *carbon-neutral living* [17].

Результати дослідження та їх обґрунтування. На основі аналізу кейсів доведено, що успішні проєкти ґрунтуються не лише на технологіях, а на трьох взаємопов'язаних рівнях: фізичний (архітектура та інфраструктура): пасивне проєктування, ВДЕ, замкнуті цикли води/відходів; управлінський (політика та регулювання): місцеві нормативи, LCA-вимоги, стимули для девелоперів; соціальний (громада та поведінка): car-sharing, спільні простори, навчання екологічному споживанню.

Це підтверджується даними: наприклад, у Vauban енергоспоживання на 70 % нижче середнього завдяки поєднанню Passivhaus-стандартів і безавтомобільної культури [17].

Розроблено критерії трансферабельності для України.
Визначено, що найбільш придатними до адаптації є: сонячна енергетика (потенціал 1200–1300 кВт·год/м²/рік); дерев'яні конструкції (низький embodied carbon); реконструкція промзон; системи збору дощової води (простота реалізації, економія ресурсів).

Обґрунтовано необхідність нормативного оновлення.

Аналіз показав, що в Україні відсутні: вимоги до втілених викидів у ДБН; стандарти carbon-neutral district; механізми фінансування пілотних проєктів.

Тому запропоновано включити положення про комплексну оцінку життєвого циклу у нову редакцію ДБН В.2.6-31:2021 та розробити методичні рекомендації для місцевих рад.

Методи обговорення результатів. Результати обговорюються через призму наукових підходів:

1. Теорії урбаністичних переходів (urban sustainability transitions) – для пояснення, чому технічні інновації (наприклад, сонячні панелі) не працюють без зміни управлінських і соціальних практик.
2. Політичного перенесення (policy transfer) – для аналізу, які елементи можна «перенести» з Європи, а які потребують локальної інновації.
3. Принципів циркулярної економіки – для обґрунтування замкнутих систем води, енергії та матеріалів як основи carbon-neutral районів.

Крім того, результати порівнюються з висновками IEA [4] та UNEP [6], що підтверджує їхню глобальну актуальність, а також з вітчизняними дослідженнями [7–9], що вказує на прогрес у заповненні наукового дефіциту.

Підсумок: Запропонований методологічний підхід дозволяє не просто описати світовий досвід, а системно проаналізувати його адаптовані до локальних умов рішення, що забезпечує наукову новизну та практичну цінність для української міської політики.

Рекомендації щодо подальшого дослідження. Для глибшого розкриття теми та забезпечення практичної реалізації отриманих результатів пропонується наступне напрямок подальших досліджень:

1. **Розробка методики оцінки вуглецевого сліду житлових районів у контексті України:**

– необхідно адаптувати стандарти ISO 14040/44 та EN 15978 до національних умов (склад матеріалів, кліматичні зони).
– впровадження LCA-інструментів у BIM-середовище.

2. **Експериментальне моделювання carbon-neutral кварталу на прикладі конкретної території:**

– наприклад, реконструкція колишньої промзони «Харківський машинобудівний завод» або «Південмаш» як пілотного майданчика.
– інтеграція сценаріїв: пасивне будівництво, сонячна енергетика, локальна біомаса (відходи сільського господарства, лісозаготівлі, деревина, гній), який утворюється та використовується для виробництва енергії.

3. **Аналіз економічної доцільності та фінансових механізмів:**

– оцінка ROI для девелоперів при впровадженні nZEB-стандартів;
– дослідження можливостей «зеленої» іпотеки, державних субсидій, ESG-інвестування в Україні.

4. **Соціологічне дослідження прийняття carbon-neutral моделей мешканцями:**

– вплив безавтомобільності, спільного користування, зелених просторів на якість життя;
– порівняння з досвідом Vauban та Hammarby через опитування/фокус-групи у українських містах.

Ці напрямки дозволять перейти від теоретичного аналізу до практичної реалізації інтегрованих рішень у міському середовищі України.

Особистий вклад авторів. Авторами проведено: систематизацію та критичний аналіз міжнародного досвіду формування carbon-neutral житлових районів; порівняльну оцінку чотирьох ключових кейсів (BedZED, Hammarby Sjöstad, Nordhavn, Vauban) за комплексом критеріїв: архітектурно-планувальних, інженерних, екологічних та соціальних; підготовку наукової статті, включаючи аналіз останніх досліджень, методологію, результати та обговорення.

Автори самостійно здійснили пошук, аналіз та систематизацію наукових джерел, виконав структурування матеріалу та формулювання висновків.

Висновки

Аналіз міжнародного досвіду (BedZED, Hammarby Sjöstad, Nordhavn, Vauban) свідчить, що досягнення нульового рівня викидів CO_2 на рівні житлового району неможливе без інтегрованого підходу, який поєднує архітектурне проектування, інженерну інфраструктуру, управління ресурсами та соціальну модель. Успішні проєкти ґрунтуються не лише на використанні сонячної енергії чи пасивних будинків, а на **с**истемній взаємодії між енергетикою, водопостачанням, поводженням з відходами, транспортом і поведінкою мешканців [16].

Ключовими факторами ефективності є: застосування оцінки життєвого циклу (LCA) на етапі проєктування; створення замкнутих ресурсних циклів (вода → очищення → повторне використання; біовідходи → біогаз → транспорт); обмеження автомобільного трафіку через розвиток громадського транспорту, велосипедної інфраструктури та car-sharing; активне залучення громади до формування середовища.

Для українських реалій найбільш перспективними є: адаптація принципів пасивного будівництва з урахуванням кліматичних зон [4]; використання сонячної енергетики та дерев’яних конструкцій для зниження embodied carbon [7]; реконструкція промислових територій як пілотних майданчиків для carbon-neutral кварталів.

Водночас, реалізація таких проєктів в Україні потребує: оновлення нормативної бази (впровадження LCA-вимог у ДБН); розробки методичних рекомендацій для проєктантів і місцевих органів влади; створення фінансових механізмів (зелена іпотека, держпідтримка, ESG-інвестування).

Таким чином, carbon-neutral житловий район – це не лише технічна, а й управлінська, соціальна та політична задача, розв’язання якої є стратегічним пріоритетом для сталого розвитку українських міст у контексті євроінтеграції та постконфліктної відбудови [8].

Список використаних джерел

1. INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *Net Zero Roadmap: A Global Pathway to Keep the 1.5 °C Goal in Reach* [Електронний ресурс] // IEA. – Paris, 2024. – Режим доступу: https://www.iea.org/reports/net-zero-roadmap-a-global-pathway-to-keep-the-15-c-goal-in-reach. – Дата звернення: 01.11.2025.

2. EUROPEAN COMMISSION. *Directive (EU) 2024/... of the European Parliament and of the Council on the energy performance of buildings (recast)*. [Електронний ресурс]. – Brussels, 2024. – Режим доступу: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/energy-performance-buildings-directive_en. – Дата звернення: 05.01.2026.

3. BY & HAVN. *Nordhavn – Copenhagen's Climate Neutral District* [Електронний ресурс]. – Copenhagen, 2025. – Режим доступу: https://byoghavn.dk/nordhavn. – Дата звернення: 01.11.2025.

4. PASSIVE HOUSE INSTITUTE. *Vauban, Freiburg: Case Study* [Електронний ресурс] // Passipedia. – Darmstadt, 2023. – Режим доступу: https://passipedia.org/en/case-studies/vauban_freiburg. – Дата звернення: 01.11.2025.

5. STOCKHOLM ENVIRONMENT INSTITUTE. *The Hammarby Model: Integrated Urban Sustainability in Practice* [Електронний ресурс]. – Stockholm, 2022. – Режим доступу: https://www.sei.org/publications/the-hammarby-model-integrated-urban-sustainability-in-practice/. – Дата звернення: 01.11.2025.

6. DISCH, R. *PlusEnergy Buildings: From Vision to Reality* // *Journal of Sustainable Architecture*. – 2021. – Vol. 8, No. 2. – P. 45–59.

7. ПОПОВ О.І. Енергоефективність житлових будівель у контексті євроінтеграції України / О. І. Попов // Вісник КНУБА. Серія: Будівництво та архітектура. – 2022. – № 4. – С. 78–85.

8. СИДОРЕНКО М.В. Декарбонізація міського середовища: світовий досвід та українські реалії / М.В. Сидоренко // Науковий вісник ХНАМГ. – 2023. – Вип. 12. – С. 112–120.

9. ІВАНЕНКО Л.А. Сучасні підходи до проєктування майже нульових будівель в умовах України / Л.А. Іваненко // Архітектура і будівництво. – 2022. – № 3. – С. 64–71.

10. UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. 2024 Global Status Report for Buildings and Construction [Електронний ресурс]. – Nairobi, 2024. – Режим доступу: https://www.unep.org/resources/global-status-report-buildings-and-construction-2024. – Дата звернення: 05.01.2026.

11. BIOREGIONAL. BedZED – Beddington Zero Energy Development [Електронний ресурс] // Bioregional. – 2022. – Режим доступу: https://www.bioregional.com/bedzed.

12. THE GUARDIAN. BedZED: Lessons from the UK's First Large-Scale Eco-Village [Електронний ресурс] // The Guardian. – 2020. – Режим доступу: https://www.theguardian.com/environment/2020/feb/25/bedzed-lessons-uk-first-eco-village.

13. STOCKHOLM VATTEN OCH AVFALL. Hammarby Sjöstad – A Model for Sustainable Urban Development [Електронний ресурс] // Stockholm Vatten och Avfall. – 2023. – Режим доступу: https://www.stockholmvattenochavfall.se/hammarby-sjostad.

14. PANDIS IVEROTH S., BRANDT N. The Development of Hammarby Sjöstad – Stockholm's Eco-City [Електронний ресурс] // Environmental Development. – 2011. – Vol. 1, Iss. 3. – P. 379–392. – Режим доступу: https://doi.org/10.1016/j.envdev.2011.04.004.

15. DANISH ARCHITECTURE CENTER. Nordhavn – Sustainable City of the Future [Електронний ресурс] // Danish Architecture Center. – 2022. – Режим доступу: https://dac.dk/en/knowledgebase/architecture/nordhavn-2/.

16. STATE OF GREEN. Nordhavn: Take a Tour of an Urban Area of the Future [Електронний ресурс] // State of Green. – 2023. – Режим доступу: https://stateofgreen.com/en/news/nordhavn-take-a-tour-of-an-urban-area-of-the-future/.

17. GLOBAL FOOTPRINT NETWORK. Vauban, a Sustainable Neighborhood [Електронний ресурс] // Earth Overshoot Day – Global Footprint Network. – 2021. – Режим доступу: https://overshoot.footprintnetwork.org/german-solutions/vauban-a-sustainable-neighborhood/.

Ph.D., associate Professor **Bezlyubchenko Olena**,
Ph.D., associate Professor **Shyshkin Eduard, Apatenko Tatiana,**
O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

INTEGRATED APPROACHES TO DESIGNING CARBON-NEUTRAL RESIDENTIAL AREAS: BASED ON EUROPEAN CASE STUDIES

The article explores integrated design strategies for carbon-neutral residential districts as a response to global decarbonization imperatives and the European Union's climate policy framework. Focusing on four benchmark European cases – BedZED (UK), Hammarby Sjöstad (Sweden), Nordhavn (Denmark), and Vauban (Germany) – the study identifies core architectural, technical, and governance

principles that enable net-zero emissions at the district scale. These include passive building design aligned with renewable energy integration, circular water and waste systems, pedestrian-oriented urban form, and life cycle-based environmental assessment. The research emphasizes that successful implementation relies not on isolated technologies but on systemic coherence between urban planning, building physics, infrastructure management and community engagement. Each case demonstrates how synergies between energy efficiency, localized renewable generation, resource recovery, and behavioral change collectively reduce both operational and embodied carbon. While direct replication is neither feasible nor desirable in different climatic, institutional, and economic contexts, the analysis reveals transferable methodological frameworks–particularly relevant for post-industrial cities in Eastern Europe undergoing reconstruction. The study proposes a context-sensitive adaptation model that prioritizes modular solutions: solar energy deployment, wood-based construction, brownfield redevelopment, and decentralized utility systems. These approaches align with Ukraine's emerging regulatory reforms under the Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) and the Ukraine Facility.

Keywords: carbon-neutral districts; net-zero emissions; integrated urban design; life cycle assessment; passive architecture; sustainable infrastructure; nZEB.

REFERENCES

1. International Energy Agency (IEA). (2024). *Net Zero Roadmap: A Global Pathway to Keep the 1.5 °C Goal in Reach*. Paris: IEA. Retrieved from https://www.iea.org/reports/net-zero-roadmap-a-global-pathway-to-keep-the-15-c-goal-in-reach /{in English}

2. European Commission. (2024). *Directive (EU) 2024/... of the European Parliament and of the Council on the energy performance of buildings (recast)*. Brussels. Retrieved from https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/energy-performance-buildings-directive_en /{in English}

3. By & Havn. (2025). *Nordhavn*. Copenhagen. Retrieved from https://byoghavn.dk/nordhavn /{in English}

4. Passive House Institute. (2023). *Vauban, Freiburg: Case Study*. Darmstadt: Passipedia. Retrieved from https://passipedia.org/en/case-studies/vauban_freiburg. {in English}

5. Stockholm Environment Institute (SEI). (2022). *The Hammarby Model: Integrated Urban Sustainability in Practice*. Stockholm. Retrieved from https://www.sei.org/publications/the-hammarby-model-integrated-urban-sustainability-in-practice/{in English}

6. Disch, R. (2021). PlusEnergy Buildings: From Vision to Reality. *Journal of Sustainable Architecture*, 8(2), 45–59. {in English}

7. Popov, O.I. (2022). Energy efficiency of residential buildings in the context of Ukraine's EU integration. *Bulletin of the Kyiv National University of Construction and Architecture. Series: Construction and Architecture*, (4), 78–85. {in Ukrainian}

8. Sydorenko, M.V. (2023). Decarbonization of urban environments: international experience and Ukrainian realities. *Scientific Herald of Kharkiv National Academy of Municipal Economy*, (12), 112–120. {in Ukrainian}

9. Ivanenko, L.A. (2022). Modern approaches to designing nearly zero-energy buildings in Ukraine. *Architecture and Construction*, (3), 64–71. {in Ukrainian}

10. United Nations Environment Programme (UNEP). (2024). *2024 Global Status Report for Buildings and Construction*. Nairobi. Retrieved from https://www.unep.org/resources/global-status-report-buildings-and-construction-2024 {in English}

11. Bioregional. (2022). *BedZED – Beddington Zero Energy Development*. London. Retrieved from https://www.bioregional.com/bedzed.{in English}

12. The Guardian. (2020, February 25). *BedZED: Lessons from the UK's First Large-Scale Eco-Village*. London. Retrieved from https://www.theguardian.com/environment/2020/feb/25/bedzed-lessons-uk-first-eco-village {in English}

13. Stockholm Vatten och Avfall. (2023). *Hammarby Sjöstad – A Model for Sustainable Urban Development*. Stockholm. Retrieved from https://www.stockholmvattenochavfall.se/hammarby-sjostad. {in English}

14. Pandis Iveroth, S., & Brandt, N. (2011). The Development of Hammarby Sjöstad – Stockholm's Eco-City. *Environmental Development*, 1(3), 379–392. https://doi.org/10.1016/j.envdev.2011.04.004.{in English}

15. Danish Architecture Center. (2022). *Nordhavn – Sustainable City of the Future*. Copenhagen. Retrieved from https://dac.dk/en/knowledgebase/architecture/nordhavn-2/. {in English}

16. State of Green. (2023). *Nordhavn: Take a Tour of an Urban Area of the Future*. Copenhagen. Retrieved from https://stateofgreen.com/en/news/nordhavn-take-a-tour-of-an-urban-area-of-the-future/ {in English}

17. Global Footprint Network. (2021). *Vauban, a Sustainable Neighborhood*. Oakland: Earth Overshoot Day. Retrieved from https://overshoot.footprintnetwork.org/german-solutions/vauban-a-sustainable-neighborhood/ {in English}

DOI: 10.32347/2786-7269.2026.17.165-179
УДК 69.05:698:691
Веркалець С.М.,
svitlana.verkalets@ukd.edu.ua, ORCID: 0000-0001-7262-0864,
ЗВО «Університет Короля Данила», м. Івано-Франківськ

ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЗВЕДЕННЯ БУДІВЕЛЬ ШЛЯХОМ СУМІЩЕННЯ МОНТАЖНИХ І ОПОРЯДЖУВАЛЬНИХ РОБІТ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ СУЧАСНИХ МАТЕРІАЛІВ: ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ТА НОРМАТИВНО-ПРАВОВЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Досліджено організаційно-технологічні передумови оптимізації процесів зведення будівель шляхом суміщення монтажних і опоряджувальних робіт із застосуванням сучасних матеріалів і систем підвищеної заводської готовності. Обґрунтовано, що паралельне виконання будівельних процесів може бути ефективним інструментом скорочення тривалості будівництва лише за умови комплексного проектно-технологічного опрацювання, нормативної відповідності та забезпечення виробничої стабільності. Проаналізовано чинну нормативно-правову базу України (ДБН, ДСТУ, законодавство у сфері охорони праці та надання будівельної продукції на ринку) як регуляторну основу прийняття рішень щодо допустимості суміщення робіт.

Встановлено, що ключовими факторами результативності суміщення є структуризація фронту робіт на зони (захватки), визначення критеріїв технологічної готовності процесів, ресурсна сумісність, забезпечення контролю якості та безпеки праці. Показано, що застосування цифрових інструментів планування (BIM-моделювання, 4D-планування), принципів ритмізації виробничого потоку (такт-планування) та систем оперативного контролю (Last Planner System) дозволяє підвищити передбачуваність виконання паралельних пакетів робіт і зменшити ризик переробок.

Окрему увагу приділено використанню індустріалізованих та «сухих» будівельних систем, що скорочують технологічні перерви та створюють передумови для інтенсифікації будівництва, за умови дотримання вимог щодо підтвердження експлуатаційних характеристик будівельної продукції. Узагальнено, що суміщення будівельних процесів слід розглядати як інтегровану модель управління виробничою системою об'єкта, спрямовану на оптимізацію строків будівництва без зниження якості, безпеки та нормативної відповідності.

Ключові слова: технологія та організація будівництва; суміщення робіт; зведення та монтаж будівель; сучасні будівельні матеріали; організація будівельного виробництва.

Вступ. *Актуальність проблематики.* Оптимізація термінів зведення будівель у практиці будівництва дедалі частіше пов'язується з паралельним виконанням (суміщенням) монтажних і опоряджувальних робіт у межах однієї секції, поверху або захватки. Таке рішення привабливе тим, що дає змогу «стиснути» календарний графік за рахунок перекриття у часі взаємопов'язаних процесів. Разом із тим суміщення робіт істотно ускладнює управління будівельним виробництвом: зростає концентрація робочих місць на обмеженому фронті, підвищується ймовірність організаційних конфліктів за простір і ресурси, збільшуються ризики взаємного пошкодження вже виконаних операцій (що призводить до переробок), а також посилюється небезпека виконання робіт в умовах одночасного переміщення вантажів і функціонування будівельних машин та механізмів. Саме тому чинна нормативна база прямо пов'язує безпечність виробничого процесу із розробленням проєкту виконаних робіт (ПВР) і технологічних карт та дотриманням їх вимог, у тому числі під час суміщення будівельно-монтажних операцій [2].

З позицій регламентованої організації будівництва ключовою проблемою є те, що суміщення процесів не може бути «оперативною імпровізацією» виконроба: воно має бути проєктно обґрунтованим і формалізованим у складі проєктно-технологічної документації. ДБН А.3.1-5:2016 встановлює, що ПВР розробляють на основі проєкту організації будівництва (ПОБ) та робочої документації, а будівельні роботи виконують на підставі ПВР та/або технологічних карт; при цьому в ПВР як основні документи передбачаються об'єктний будгенплан на етап робіт, за потреби технологічні карти/схеми, схеми спільної роботи механізмів/обладнання та пояснювальна записка [3]. Отже, для задачі суміщення монтажних і опоряджувальних робіт проблема полягає у перекладі організаційної ідеї «паралельності» в нормативно коректну структуру рішень: що саме суміщається, на яких захватках, у якому ритмі, з якими технологічними обмеженнями та заходами безпеки.

Додатково ДСТУ 9258:2023 (настанова з організації виконання будівельних робіт) підкреслює, що ПВР повинен передбачати заходи якісного, безпечного та своєчасного виконання робіт, а технологічні карти (як базовий інструмент ПВР) мають містити опис методів виконання робіт, витрати праці, потребу в матеріалах і машинах, а також схеми операційного контролю якості та засоби захисту працівників [6]. У контексті суміщення це означає, що проблема «прискорення» перетворюється на проблему доказової технологічної сумісності

(compatibility): чи можуть конкретні монтажні та опоряджувальні операції виконуватися одночасно без втрати якості й безпеки та які організаційні умови роблять таке поєднання керованим.

У наукових публікаціях українських дослідників суміщення процесів розглядається як реальний резерв скорочення тривалості, але за умови належної організаційно-технологічної підготовки. Зокрема, С.А. Лучинський аналізує скорочення термінів за рахунок суміщення монтажних процесів і підкреслює необхідність ув'язування суміжних потоків і раціонального використання монтажних ресурсів, наголошуючи на виробничо-технологічних умовах застосування суміщення [8]. Водночас Є.Г. Романушко та В.Є. Романушко обґрунтовують доцільність системного моделювання організаційно-технологічних рішень як способу балансування вимог і обмежень учасників процесу виконання будівельно-монтажних робіт [12]. Це вказує на методологічний аспект проблеми: суміщення потребує не лише «графікового» рішення, а й моделі взаємодії підсистем (ресурси – фронти – якість – безпека), придатної для обґрунтування допустимості перекриття процесів.

Найбільш складний у практичному вимірі аспект проблеми виявляється на стадії опоряджувальних робіт, оскільки ці процеси мають значний обсяг, характеризуються тісною взаємозалежністю операцій та суттєво залежать від належної підготовки основ і дотримання встановлених технологічних інтервалів. У публікації І.А. Арутюнян та ін., акцентовано увагу на необхідності наукового обґрунтування допустимості паралельного виконання будівельних процесів та запропоновано застосування математичного моделювання як інструменту комплексної оцінки їх технологічної сумісності [1]. Зокрема, для стадії опорядження наведено приклади можливого поєднання штукатурних і плиткових, малярських і паркетних та інших видів робіт шляхом раціонального розподілу фронту виконання в межах секції, поверху або окремої квартири. Це підтверджує, що проблема має не декларативний, а прикладний характер: вимагає критеріїв і процедур оцінки того, які саме комбінації робіт є припустимими та за яких організаційних умов.

Таким чином, науково-практична проблема, яка обумовлює необхідність даного дослідження, полягає у суперечності між: прагненням скоротити тривалість будівництва шляхом суміщення монтажних і опоряджувальних процесів (як інструменту оптимізації календарних планів), та необхідністю забезпечити нормативну керованість, якість і безпеку суміщених робіт через належну проєктно-технологічну документацію (ПОБ/ПВР, технологічні карти, схеми взаємодії механізмів), а також виконання регламентів охорони праці та виробничої безпеки під час суміщення операцій [3].

Саме тому, потребують обґрунтування:

а) організаційно-технологічні умови суміщення (зонування, послідовність, ритм, розмежування потоків);

б) вимоги до складу й змісту ПВР/технологічних карт саме для режиму паралельного виконання процесів;

в) критерії допустимості поєднання операцій з урахуванням ризиків переробок і небезпек виробничого середовища, що й формує зміст подальших розділів статті.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Проблематика оптимізації тривалості зведення будівель шляхом суміщення (паралелізації) монтажних і опоряджувальних процесів у сучасних дослідженнях розглядається як комплексне завдання організації будівельного виробництва, у якому календарне «ущільнення» робіт має бути узгоджене з технологічними обмеженнями, ресурсною забезпеченістю, просторово-логістичними факторами та вимогами безпеки. У науковому дискурсі сформувалося кілька взаємодоповнювальних напрямів:

1) організаційно-технологічне моделювання та обґрунтування допустимості поєднання процесів;

2) flow-орієнтовані методи планування та контролю виконання (takt planning, Last Planner System);

3) цифрове календарно-просторове узгодження робіт (4D BIM, симуляція, ресурсно-обмежене планування);

4) прискорення завдяки індустріалізації та сучасним матеріалам/системам із прогнозованими характеристиками.

В українських умовах практична реалізація цих підходів повинна бути інтегрована з вимогами проєктно-технологічної підготовки робіт, зокрема через структуру ПВР/технологічних карт, що детально висвітлено в настанові з організації виконання будівельних робіт [1].

Українські дослідження традиційно розглядають суміщення процесів як складову потокової організації та засіб скорочення строків за рахунок узгодження паралельних робіт у часі й просторі. Водночас сучасний вектор робіт демонструє перехід від загальної постановки «суміщення як резерву» до формалізації критеріїв допустимості та методів кількісної оцінки сумісності процесів.

Так, у праці І.А. Арутюнян та ін., суміщення трактовано не як формальне перекриття календарних операцій, а як задача комплексної оцінки сумісності поєднання процесів на основі математичного моделювання. Автори наголошують на необхідності системного аналізу стадій будівництва з ідентифікацією потенційних шляхів поєднання робіт; у частині, релевантній опоряджувальному етапу, наведено приклади паралелізації штукатурних і

плиткових, малярських і паркетних та інших робіт через раціональний поділ фронту в межах секції/поверху/квартири. Така постановка є методологічно значущою для теми статті, оскільки переводить питання суміщення у площину керованих обмежень і формалізованої перевірки технологічної здійсненності [1].

Загалом, у сучасному науковому дискурсі України проблема суміщення дедалі частіше інтерпретується як організаційно-технологічне завдання оптимізації виробничого потоку, в межах якого визначальними параметрами виступають: раціональне структурування фронту робіт (захватки, функціональні зони), регламентування часових інтервалів і забезпечення готовності основ, ресурсна узгодженість процесів, мінімізація переробок та системний контроль якості виконання робіт.

У європейській практиці (особливо у фінській школі lean construction («бережливе будівництво») суміщення процесів на рівні поверхів/зон розглядається в контексті takt planning / takt control (такт-планування / такт-контроль виконання робіт) як механізму ритмізації робіт і забезпечення стабільного виробничого потоку на інтер'єрних стадіях, які є найбільш насиченими взаємозалежними операціями та підрядними взаємодіями.

J. Lehtovaara, I. Mustonen, P. Peuronen, O. Seppänen, A. Peltokorpi (2019) у матеріалах IGLC досліджують впровадження takt planning і takt control у житловому будівництві саме для внутрішніх робіт, акцентуючи увагу на бар'єрах, умовах успішного впровадження та управлінських діях, необхідних для утримання такту. Для теми суміщення це є принциповим, оскільки takt-логіка формалізує: розподіл робіт за локаціями, ритм переходу бригад між зонами, правила недопущення взаємних завад і «перетинів» у фронті робіт, що безпосередньо знижує ризики організаційних конфліктів і переробок при паралельному виконанні робіт [15, 16].

Таким чином, такт-планування у європейських дослідженнях розглядається як інженерно-управлінський інструмент, здатний перетворити суміщення процесів із «прискорення будь-якою ціною» на регламентований потік з відомими параметрами (такт, зона, пакет робіт, критерії готовності).

Паралельне виконання монтажних і опоряджувальних робіт істотно підвищує чутливість системи до відхилень: затримка «попередника» або неготовність фронту одразу мультиплікується у вигляді простоїв, хаотичних перестановок бригад і переробок. Тому в lean-підходах суміщення пов'язується з підвищенням надійності планування на коротких горизонтах.

G. Ballard і G. Howell розглядають Last Planner System як інструмент оперативного управління будівельним виробництвом, який поєднує планування з реальним виконанням робіт. Сутність підходу полягає не лише у формуванні

завдань, а й у забезпеченні їх готовності до виконання — тобто в організації узгодженої передачі робіт між виконавцями та попередньому усуненні обмежень, що можуть завадити їх реалізації [13, 14].

У контексті даного дослідження це означає, що суміщення монтажних і опоряджувальних процесів може бути результативним лише за умови, що кожен паралельний пакет робіт є повністю підготовленим до початку виконання: забезпечений необхідними матеріалами, трудовими ресурсами, доступом до фронту робіт та актуальною проєктною інформацією. Крім того, виконання таких робіт повинно бути підтверджене реалістичними та узгодженими зобов'язаннями виконавців у межах короткострокового (тижневого) планування.

Оскільки суміщення має виражений просторово-часовий характер (одночасні роботи різних бригад, переміщення вантажів, робота механізмів, доступи, логістика), міжнародні дослідження приділяють значну увагу поєднанню календарного планування з інформаційним моделюванням.

W.-C. Wang зі співавторами досліджували можливості поєднання BIM-моделей із програмними засобами моделювання та детального календарного планування. Такий підхід дає змогу не лише формувати графік виконання робіт, а й перевіряти його реалістичність з урахуванням наявних ресурсів — трудових, матеріально-технічних та просторових [18].

Для проблематики суміщення монтажних і опоряджувальних процесів це має принципове значення, оскільки цифрова модель дозволяє заздалегідь оцінити, чи можливо виконувати відповідні пакети робіт одночасно в межах конкретних зон або поверхів без перевантаження ресурсів, перетину фронтів робіт та створення просторових обмежень. Інакше кажучи, BIM-інтегроване планування виступає інструментом попередньої перевірки доцільності та здійсненності паралельного виконання процесів.

У сучасних наукових дослідженнях окремий напрям пов'язує скорочення тривалості будівництва, зокрема шляхом паралельного виконання процесів, із застосуванням індустріалізованих матеріалів та систем, що забезпечують зменшення технологічних пауз і підвищення ступеня заводської готовності елементів. До таких рішень належать сухі опоряджувальні системи, модульні та панельні конструкції, елементи з високим рівнем попередньої збірності, що дозволяють мінімізувати залежність від «мокрих» процесів та скоротити інтервали очікування набору міцності або висихання.

У межах європейського нормативного простору використання подібних матеріалів та конструктивних систем регламентується положеннями Construction Products Regulation (EU) No 305/2011, відповідно до яких будівельна продукція повинна супроводжуватися декларацією експлуатаційних

характеристик і маркуванням СЕ як підтвердженням відповідності встановленим вимогам [17]. Таким чином, інтенсифікація та оптимізація строків виконання робіт через застосування сучасних матеріалів має здійснюватися з урахуванням процедур оцінювання та перевірки сталості їх характеристик.

У контексті даного дослідження це означає, що впровадження інноваційних матеріалів і технологічних систем з метою скорочення строків зведення будівель повинно поєднуватися з дотриманням вимог нормативного підтвердження їх властивостей. Оптимізація виробничого процесу не може реалізовуватися шляхом ігнорування регламентованих процедур оцінювання відповідності, оскільки це безпосередньо впливає на надійність, довговічність і безпеку будівельних об'єктів.

Виклад матеріалу. ***І. Нормативно-правова рамка суміщення монтажних і опоряджувальних робіт.*** Суміщення монтажних і опоряджувальних процесів у будівництві слід розглядати як організаційно-технологічне рішення, яке має бути реалізоване в межах чинного правового режиму виконання будівельних робіт. Базовою правовою передумовою є набуття права на виконання підготовчих і будівельних робіт у порядку, встановленому Кабінетом Міністрів України (порядок подання повідомлення/реєстрації декларації/отримання дозволу залежно від класу наслідків та виду робіт). Вимоги до механізму набуття такого права визначені постановою КМУ №466, яка регламентує процедури та форми документів, пов'язаних із виконанням підготовчих і будівельних робіт [11].

Нормативну «вісь» організації будівельного виробництва утворює ДБН А.3.1-5:2016, який встановлює загальні вимоги до організації будівельного виробництва та визначає роль проектно-технологічної документації [3]. У контексті суміщення принципово важливим є те, що технологія й організація виконання робіт повинні бути деталізовані на рівні проєкту виконання робіт (ПВР) (а в разі потреби – технологічних карт/схем), із прив'язкою до етапів, фронтів робіт і умов будівельного майданчика. Це переводить суміщення з «оперативного рішення» в площину регламентованого управління процесами: визначаються межі зон (захваток), послідовність, обмеження, ресурси, а також заходи безпеки при паралельному виконанні робіт.

Додатково, ДСТУ 9258:2023 («Настанова з організації виконання будівельних робіт») задає методичну рамку до організації виконання робіт та системи контролю якості, підкреслюючи необхідність комплексного управління на всіх стадіях створення будівельної продукції (вхідний, операційний, приймальний контроль тощо) [6]. Для задачі суміщення це означає, що паралелізація процесів має супроводжуватися посиленим виробничим

контролем (готовність основ, відповідність проміжних результатів, технологічні інтервали), щоб запобігти накопиченню дефектів і переробок у наступних операціях.

Із позицій безпеки праці суміщення підвищує ризик небезпечних взаємодій (робота на висоті, переміщення вантажів, робота механізмів, підвищена щільність робочих місць), тому організаційні рішення повинні враховувати як загальне законодавство з охорони праці, так і профільні будівельні норми. Загальні правові вимоги встановлює Закон України «Про охорону праці», а галузеві – ДБН А.3.2-2-2009, який визначає вимоги з безпеки праці та виробничого середовища під час виконання будівельно-монтажних робіт. У межах суміщення це зумовлює необхідність просторово-часового розмежування небезпечних зон, регламентування сумісної роботи механізмів та контролю доступів до фронтів робіт [10].

Окремого врахування потребує пожежна безпека матеріалів і рішень внутрішнього опорядження та організація робіт на стадіях з високим рівнем «тимчасової пожежної небезпеки» (оздоблення, інженерія, складування матеріалів). Загальні вимоги пожежної безпеки до будинків/споруд встановлюються ДБН В.1.1-7:2016, що є нормативним підґрунтям для вибору матеріалів і рішень, а також для організації безпечної евакуації та протипожежних заходів на будмайданчику під час суміщення робіт [5].

II. Проєктно-технологічне забезпечення суміщення: ПОБ/ПВР, технологічні карти, календарно-мережеве та зональне планування. Практична реалізація суміщення монтажних і опоряджувальних робіт повинна спиратися на проєктно-технологічну підготовку, яка задає правила та обмеження паралельного виконання процесів. ДБН А.3.1-5:2016 визначає, що ПВР є видом проєктно-технологічної документації, який деталізує технологію, організацію та умови виконання робіт; це формує підставу для обґрунтування суміщення через:

а) розподіл об’єкта на фронти/захватки;

б) графіки виконання робіт із визначенням послідовності та перекриттів;

в) схеми організації робочих місць;

г) рішення щодо сумісної роботи механізмів та логістики [3].

У виробничому сенсі суміщення є керованим лише тоді, коли встановлено критерії готовності фронту робіт для кожного пакета операцій. Для монтажних робіт такими критеріями можуть бути: готовність підоснови/закладних, завершеність суміжних конструкцій, геометрична відповідність, доступність монтажних зон. Для опоряджувальних робіт – готовність основ (міцність, вологість, відсутність дефектів), завершеність «брудних» операцій, стабілізація температурно-вологісного режиму. Вимоги до забезпечення якості та

виробничого контролю, включно з необхідністю контролю на всіх стадіях створення будівельної продукції, системно викладені в ДСТУ 9258:2023, що може бути використано як нормативно-методична опора при описі процедур контролю в умовах суміщення [6].

Для мінімізації організаційних втрат доцільним є застосування зонального (захваткового) принципу організації робіт і ритмізації переходу бригад між зонами (у термінології міжнародної практики – такт-планування/такт-контроль). Це коректно подавати як розвиток потокового методу: формування стійкого виробничого потоку через повторювані зони із фіксацією такту, складу бригад і «пакетів робіт» на кожну зону. Важливо, що таке планування повинно бути узгоджене з ПВР як документом, який визначає організаційно-технологічні умови виконання робіт та їх ресурсне забезпечення [3].

Оперативне управління суміщенням доцільно підкріплювати процедурою «готовності до старту» робочих пакетів (матеріали, персонал, доступ, проєктні дані/вузли, інструмент/механізми), що знижує імовірність простоїв і переробок. З практичної точки зору, ця логіка узгоджується з вимогами нормативного забезпечення: у режимі суміщення будь-яка неготовність «попередника» швидко транслюється у втрати по всьому потоку. Саме тому в ПВР і технологічних картах доцільно фіксувати перелік обмежень/умов початку кожної операції та порядок міжопераційного приймання [3].

III. Сучасні матеріали та вимоги до будівельної продукції: підтвердження характеристик, вхідний контроль, відповідальність учасників. Інтенсифікація виконання робіт через суміщення безпосередньо залежить від застосування матеріалів і систем, що зменшують тривалість технологічних пауз та підвищують ступінь збірності. У практиці це реалізується шляхом використання «сухих» систем (перегородки, облицювання), швидкотвердіючих/швидковисихаючих сумішей, заводської готовності елементів, модульності вузлів. Однак у науково-практичному обґрунтуванні важливо підкреслити: такі рішення повинні впроваджуватися не лише з позицій технологічної швидкості, а й у межах правових вимог до введення будівельної продукції в обіг та підтвердження її експлуатаційних характеристик.

Закон України «Про надання будівельної продукції на ринку» встановлює принципи надання будівельної продукції на ринку та вимоги щодо декларування/надання інформації про показники продукції [9]. Для статті це є ключовим аргументом: оптимізація строків через сучасні матеріали повинна поєднуватися з доказовістю їх характеристик і коректністю супровідної документації (інструкції, інформація про безпечність, задекларовані показники тощо).

На практичному рівні контроль застосованих матеріалів у режимі суміщення робіт має включати щонайменше: вхідний контроль відповідності матеріалів вимогам проєктної документації та супровідним документам; верифікацію умов застосування (температура/вологість, підготовка основ); операційний контроль критичних параметрів якості. Такий підхід узгоджується з ДСТУ 9258:2023, який підкреслює необхідність контролю якості будівельних робіт технічними засобами та організаційними заходами на всіх стадіях [6].

З урахуванням того, що суміщення підвищує щільність робіт і ймовірність накопичення дефектів, вимоги пожежної безпеки та охорони праці втрачають «декларативний» характер і стають технологічними обмеженнями планування. Вибір опоряджувальних матеріалів та організація робіт повинні відповідати ДБН В.1.1-7:2016 (пожежна безпека об’єктів будівництва) [5], а організація виконання робіт у виробничому середовищі — вимогам ДБН А.3.2-2-2009 та Закону України «Про охорону праці» [10]. Таким чином, нормативні вимоги є не «додатком», а частиною алгоритму прийняття рішень щодо допустимих перекриттів процесів.

Висновки

1. Суміщення монтажних і опоряджувальних робіт є ефективним інструментом скорочення тривалості зведення будівель лише за умови його системного організаційно-технологічного обґрунтування. Механічне перекриття процесів у календарному графіку без урахування просторових, ресурсних і технологічних обмежень призводить до зростання виробничих втрат, переробок і ризиків порушення вимог безпеки.

2. Ключовою передумовою результативної паралелізації є структурування фронту робіт на захватки (зони) та забезпечення їх технологічної готовності. Суміщення повинно реалізовуватися в межах регламентованої проектно-технологічної документації (ПОБ, ПВР, технологічні карти) відповідно до вимог чинного законодавства, що формує нормативно обґрунтований алгоритм організації паралельних процесів.

3. Встановлено, що застосування зонально-ритмічної моделі виробничого потоку (такт-планування і такт-контроль) у поєднанні з принципами оперативного планування (Last Planner System) дозволяє підвищити надійність виконання суміщених пакетів робіт за рахунок забезпечення їх готовності до старту, зменшення варіативності виробничого процесу та мінімізації простоїв.

4. Цифрові інструменти планування, зокрема 4D BIM-моделювання, виступають ефективним засобом попередньої верифікації просторово-часової здійсненності суміщення процесів, дозволяючи оцінити ресурсні обмеження, перевантаження зон та потенційні організаційні конфлікти ще на етапі підготовки виробництва.

5. Встановлено, що застосування сучасних матеріалів і систем підвищеної заводської готовності (сухі системи, швидкотвердіючі суміші, модульні рішення) створює технологічні передумови для скорочення інтервалів між процесами та підвищення ступеня паралелізації. Водночас оптимізація строків не може реалізовуватися поза межами вимог законодавства щодо надання будівельної продукції на ринку, підтвердження експлуатаційних характеристик та дотримання норм пожежної безпеки й охорони праці.

6. Нормативно-правове забезпечення утворює комплексну регуляторну систему, в межах якої повинні прийматися рішення щодо допустимості та параметрів суміщення робіт.

Узагальнюючи результати дослідження, можна констатувати, що ефективне суміщення монтажних і опоряджувальних процесів є результатом інтеграції чотирьох складових:

- нормативно обґрунтованої проектно-технологічної підготовки;
- стабілізованого виробничого потоку на основі зонально-ритмічного планування;
- оперативного контролю готовності робіт;
- застосування матеріалів із прогнозованими та підтвердженими характеристиками.

Таким чином, суміщення будівельних процесів слід розглядати не як локальний спосіб прискорення, а як комплексну модель управління виробничою системою будівельного об’єкта, спрямовану на оптимізацію строків за умови збереження якості, безпеки та нормативної відповідності.

Перспективним напрямом подальших досліджень є розроблення кількісних показників оцінки ефективності суміщення (коефіцієнт суміщення, рівень переробок, стабільність такту виконання) та формування типових матриць допустимих поєднань процесів залежно від конструктивної системи та типу будівлі.

Використана література:

1. Арутюнян І.А., Пастухова С.В., Милета К.Є., Пастухов В.О. Роль математичної моделі комплексної оцінки сумісності поєднання будівельних процесів. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*. 2024. Вип. 53(1). С. 131–141. DOI: https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.53(1).131-141.

2. ДБН В.1.2-12-2008. Будівництво в умовах ущільненої забудови. Вимоги безпеки. Київ: Мінрегіонбуд України, 2008. https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0012667-08.

3. ДБН А.3.1-5:2016. Організація будівельного виробництва. Київ: Мінрегіон України, 2016. https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3113373519350597353.

4. ДБН А.3.2-2-2009. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0437-09.

5. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Київ: Мінрегіон України, 2016. https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3080743763845318619.

6. ДСТУ 9258:2023. Настанова з організації виконання будівельних робіт. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2023. https://www.gitn.org.ua/images/ДСТУ%209258%202023.pdf.

7. Лівінський О.М., Лучинський С.А., Євтушенко В.А. Технологія суміщення будівельних конструкцій і устаткування при зведенні промислових об'єктів на прикладі електродепо метрополітену «Харківське» м. Київ. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*. 2017. Вип. 35. С. 45–52.

8. Лучинський С.А. Організаційно-технологічні фактори при застосуванні технології суміщення будівельних конструкцій і технологічного обладнання при зведенні одноповерхових промислових об'єктів. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*. 2018. Вип. 36. С. 112–118.

9. Про надання будівельної продукції на ринку: Закон України від 02.09.2020 № 850-IX (зі змінами). https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/850-20.

10. Про охорону праці: Закон України від 14.10.1992 № 2694-XII (зі змінами). https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12.

11. Про затвердження Порядку виконання підготовчих та будівельних робіт: постанова Кабінету Міністрів України від 13.04.2011 № 466 (зі змінами). https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/466-2011-%D0%BF.

12. Романушко Є.Г., Романушко В.Є. Критерії системної оцінки організаційно-технологічних рішень будівельних робіт при реконструкції. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*. 2019. Вип. 37. С. 168–176.

13. Ballard H.G. The Last Planner System of Production Control: PhD thesis. Birmingham: University of Birmingham, 2000.

14. Ballard G., Howell G. An Update on Last Planner. In: Proceedings of the 11th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC). Blacksburg, 2003. P. 1–12.

15. Lehtovaara J., Mustonen I., Peuronen P., Seppänen O., Peltokorpi A. Implementing takt planning and takt control into residential construction. In: Proceedings of the 27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC). Dublin, 2019. P. 417–428.

16. Lehtovaara J., Seppänen O., Peltokorpi A., et al. How takt production contributes to construction production flow. Construction Management and Economics. 2021. Vol. 39(3). P. 1–15. DOI: 10.1080/01446193.2020.1824295.

17. Regulation (EU) No 305/2011 of the European Parliament and of the Council of 9 March 2011 laying down harmonised conditions for the marketing of construction products. Official Journal of the European Union. 2011. L 88. P. 5–43.

18. Wang W.-C., Lin Y.-H., Lee M.-T. Integrating building information models with construction process simulations. Automation in Construction. 2014. Vol. 37. P. 1–11. DOI: 10.1016/j.autcon.2013.09.005.

Senior Lecturer **Svitlana Verkalets,**
University of King Danylo, Ivano-Frankivsk

OPTIMIZATION OF TECHNOLOGICAL PROCESSES FOR BUILDING CONSTRUCTION BY COMBINING ASSEMBLY AND FINISHING WORKS WITH THE USE OF MODERN MATERIALS: ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL SOLUTIONS AND REGULATORY AND LEGAL SUPPORT

This paper examines organizational and technological approaches to optimizing building construction processes through the combination of installation (structural and engineering) and finishing works using modern construction materials and systems with a high degree of prefabrication. The study substantiates that overlapping construction activities can serve as an effective tool for reducing project duration only when supported by comprehensive project planning, regulatory compliance, and stable production flow management.

The research analyzes the current Ukrainian regulatory framework governing construction organization, occupational safety, fire safety, and the placing of construction products on the market as a formal basis for determining the admissibility and parameters of process overlapping. Particular attention is paid to the role of project execution documentation, including construction organization plans and method statements, in defining work zones, sequencing, technological readiness criteria, and resource compatibility.

The findings demonstrate that the effectiveness of concurrent execution depends on clear zoning of the work front, verification of technological readiness of preceding activities, coordinated allocation of labor and equipment resources, and strengthened quality control procedures. The integration of digital planning tools, such as 4D BIM modeling, takt planning principles, and the Last Planner System, is identified as a key mechanism for ensuring operational reliability and minimizing rework risks in overlapping workflows.

Special emphasis is placed on the application of industrialized and dry construction systems that reduce technological interruptions and enable higher

production rhythm while maintaining compliance with requirements for declared performance characteristics of construction products. The study concludes that process overlapping should be regarded as an integrated production management model aimed at optimizing construction timelines without compromising safety, quality, or regulatory conformity.

Keywords: construction process overlapping; organizational and technological solutions; project duration optimization; installation works; finishing works; construction execution plan; takt planning; Last Planner System; BIM modeling; construction products regulation; production flow management.

REFERENCES:

1. Arutiunian I.A., Pastukhova S.V., Myleta K.Ye., Pastukhov V.O. Rol matematychnoi modeli kompleksnoi otsinky sumisnosti poiednannia budivelnykh protsesiv. Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva. 2024. Vyp. 53(1). S. 131–141. DOI: https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.53(1).131-141. {in Ukrainian}

2. DBN V.1.2-12-2008. Budivnytstvo v umovakh ushchilnenoi zabudovy. Vymohy bezpeky. Kyiv: Minrehionbud Ukrainy, 2008. https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0012667-08. {in Ukrainian}

3. DBN A.3.1-5:2016. Orhanizatsiia budivelnoho vyrobnytstva. Kyiv: Minrehion Ukrainy, 2016. https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3113373519350597 35. {in Ukrainian}

4. DBN A.3.2-2-2009. Okhorona pratsi i promyslova bezpeka u budivnytstvi. Osnovni polozhennia. Kyiv: Minrehionbud Ukrainy, 2009. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0437-09. {in Ukrainian}

5. DBN V.1.1-7:2016. Pozhezhna bezpeka obiektiv budivnytstva. Kyiv: Minrehion Ukrainy, 2016. https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3080743763845318 61. {in Ukrainian}

6. DSTU 9258:2023. Nastanova z orhanizatsii vykonannia budivelnykh robit. Kyiv: DP «UkrNDNTs», 2023. https://www.gitn.org.ua/images/DSTU%209258%202023.pdf. {in Ukrainian}

7. Livinskyi O.M., Luchynskyi S.A., Yevtushenko V.A. Tekhnolohiia sumishchennia budivelnykh konstruktsii i ustatkuvannia pry zvedenni promyslovykh obiektiv na prykladi elektrodepo metropolitenu «Kharkivske» m. Kyiv. Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva. 2017. Vyp. 35. S. 45–52. {in Ukrainian}

8. Luchynskyi S.A. Orhanizatsiino-tekhnolohichni faktory pry zastosuvanni tekhnolohii sumishchennia budivelnykh konstruktsii i tekhnolohichnoho obladnannia pry zvedenni odnopoverkhovykh promyslovykh obiektiv. Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva. 2018. Vyp. 36. S. 112–118. {in Ukrainian}

9. Pro nadannia budivelnoi produktsii na rynku: Zakon Ukrainy vid 02.09.2020 № 850-IX (zi zminamy). https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/850-20. {in Ukrainian}

10. Pro okhoronu pratsi: Zakon Ukrainy vid 14.10.1992 № 2694-XII (zi zminamy). https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12. {in Ukrainian}

11. Pro zatverdzhennia Poriadku vykonannia pidhotovchykh ta budivelnykh robit: postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 13.04.2011 № 466 (zi zminamy). https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/466-2011-%D0%BF. {in Ukrainian}

12. Romanushko Ye.H., Romanushko V.Ye. Kryterii systemnoi otsinky orhanizatsiino-tekhnolohichnykh rishen budivelnykh robit pry rekonstruktsii. Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva. 2019. Vyp. 37. S. 168–176. {in Ukrainian}

13. Ballard H.G. The Last Planner System of Production Control: PhD thesis. Birmingham: University of Birmingham, 2000. {in English}

14. Ballard G., Howell G. An Update on Last Planner. In: Proceedings of the 11th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC). Blacksburg, 2003. P. 1–12. {in English}

15. Lehtovaara J., Mustonen I., Peuronen P., Seppänen O., Peltokorpi A. Implementing takt planning and takt control into residential construction. In: Proceedings of the 27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC). Dublin, 2019. P. 417–428. {in English}

16. Lehtovaara J., Seppänen O., Peltokorpi A., et al. How takt production contributes to construction production flow. Construction Management and Economics. 2021. Vol. 39(3). P. 1–15. DOI: 10.1080/01446193.2020.1824295. {in English}

17. Regulation (EU) No 305/2011 of the European Parliament and of the Council of 9 March 2011 laying down harmonised conditions for the marketing of construction products. Official Journal of the European Union. 2011. L 88. P. 5–43. {in English}

18. Wang W.-C., Lin Y.-H., Lee M.-T. Integrating building information models with construction process simulations. Automation in Construction. 2014. Vol. 37. P. 1–11. DOI: 10.1016/j.autcon.2013.09.005. {in English}

DOI: 10.32347/2786-7269.2026.17.180-186
УДК 693.95
д.т.н., професор **Дудар І.Н.,**
Indudar@gmail.com, ORCID: 0000-0001-8453-7929,
Вінницький національний технічний університет

ЯК ЗРОБИТИ ЕНЕРГОНЕЗАЛЕЖНИМ МІСТО ВІННИЦЮ

Присвячено обґрунтуванню стратегічних напрямів досягнення енергонезалежності міста Вінниці в умовах воєнних викликів та зростаючої потреби у підвищенні стійкості міської інфраструктури. Проаналізовано сучасний стан енергоспоживання міста, зокрема пікове навантаження на рівні 190–300 МВт, а також наявний потенціал відновлюваної енергетики. Встановлено, що сонячна генерація, яка вже становить 27,73 МВт встановленої потужності та покриває близько 10% потреб міста, є важливим складником децентралізованої енергосистеми. Розкрито роль промислового сектору, комунальної сфери та приватних домогосподарств у розвитку розподіленої генерації.

Оцінено значення Сабарівської ГЕС як елемента маневрової та резервної потужності, а також перспективи впровадження вітрових електростанцій, що здатні забезпечити сезонне й добове балансування генерації. Показано, що поєднання сонячної, вітрової та гідроенергетики створює передумови для формування стійкої локальної енергомережі з можливістю автономної роботи під час блекаутів.

Особливу увагу приділено впровадженню теплових насосів як інструменту декарбонізації систем теплопостачання та ефективного використання надлишкової відновлюваної електроенергії за технологією Power-to-Heat. Обґрунтовано економічну доцільність їх застосування з урахуванням державних і муніципальних програм підтримки, що дозволяє скоротити термін окупності до 3–7 років.

У статті доведено, що перехід до децентралізованої, диверсифікованої та інтегрованої моделі енергозабезпечення на основі відновлюваних джерел енергії є ключовою умовою підвищення енергетичної безпеки, економічної стабільності та екологічної сталості міста Вінниці.

Ключові слова: енергонезалежність міста; відновлювані джерела енергії; сонячна енергетика; вітрова енергетика; мала гідроенергетика; теплові насоси; децентралізація енергосистеми; розподілена генерація; енергетична безпека; муніципальні програми підтримки; окупність інвестицій; критична інфраструктура; сталий розвиток.

Вступ

Показано, що для цього слід активно інвестувати у відновлюванні джерела енергії включаючи сонячну, вітрову та гідротехнічну. У великих містах потрібно створювати енергоефективні райони з інтегрованими системами відновлюваної енергії. Інтеграція сонячних панелей, вітрогенераторів, малих ГЕС і теплових насосів на основі відновлюваних джерел енергії дозволяє частково або повністю забезпечити потреби в тепловій та електричній енергії міст і в першу чергу невеликих поселень в Україні [1, 2].

Результати досліджень

Вінницька область є одним із лідерів України за кількістю та потужністю сонячних електростанцій (СЕС). Це зумовлено як сприятливим кліматом (кількість сонячних днів тут вища, ніж у північних регіонах), так і активною підтримкою місцевої влади та бізнесу [3].

За даними департаменту економіки та інвестицій, пікове навантаження (споживання) місто Вінниці складає приблизно 190 - 300 МВт. На теперішній час в місті встановлено сонячних потужностей на 27,73 МВт (це сумарно бізнес, комунальний сектор та приватні домогосподарства). У середньому сонячна енергія покриває близько 10% потреб міста. Який же ефект заміщення традиційної енергії сонячними станціями? Для промислових підприємств, які встановили власні СЕС, цей відсоток значно вищий. У сонячні дні (особливо навесні та влітку) бізнес може заміщувати від 30 до 50% свого споживання власною енергією сонця.

Сонячна енергетика в Вінниці тримається на трьох "китах":

1. Промисловий сектор (найбільша частина). Понад 130 підприємств Вінниці уже встановили сонячні панелі на дахах своїх цехів. Наприклад місцеві молокозаводи та заводи промислового обладнання використовують СЕС потужністю від 0,5 до 1,5 МВт. Це дозволяє їм працювати навіть під час обмежень у загальній мережі.

2. Комунальна сфера - місто активно оснащує панелями критичну інфраструктуру. Це лікарні та школи на яких сонячні станції встановлюються на дахах, що дозволяє підтримувати роботу операційних та реанімацій під час відключення світла, а також на водоканалі де СЕС допомагає знизити витрати на перекачування води насосами.

3. Приватні домогосподарства на яких встановлені власні мікро-СЕС (до 30 кВт). Хоча кожна з них невелика, але разом вони створюють потужний розподілений ресурс.

Більшість станцій у місті працюють за принципом самоспоживання:

1. Сонячні панелі генерують постійний струм.

2. Інвертор перетворює його на змінний для потреб підприємства чи будинку.

3. Системи збереження енергії які вимагають промислових акумуляторів, що дозволяє накопичувати енергію вдень і використовувати її ввечері, коли сонце заходить, а споживання в місті зростає.

Вінниця не лише споживає, ай виробляє. У місті працює один із найбільших у східній Європі заводів із виробництва сонячних панелей (KNES). Це створює унікальну ситуацію, коли обладнання для енергонезалежності виробляється безпосередньо у місті, де воно й встановлюється.

Завдяки сонячній генерації Вінниця значно легше проходить періоди дефіциту енергії в загальнодержавній мережі, оскільки частина навантаження просто знімається з системи в денні години.

Безпосередньо у самій Вінниці на річці Південний Буг розташована Сабарівська ГЕС, яка є частиною каскаду ГЕС на цій річці. Потужність Сабарівської ГЕС становить приблизно 1050 кВт або 1,5 МВт. Це мало у порівнянні з потребами сучасного обласного центру. Вона покриває приблизно 1% від загальних потреб міста. Вінниця – це великий промисловий та житловий вузол , який споживає сотні мегават у пікові години. Енергії ГЕС може вистачити на живлення вуличного освітлення декількох мікрорайонів або на роботу насосного обладнання на окремих об'єктах водоканалу.

Хоча Сабарівська ГЕС не може "запалити" всю Вінницю самотужки, вона виконує критичні функції. У разі блекаутів або серйозних аварій в об'єднаній системі, такі малі станції можуть забезпечувати острівне живлення критичних об'єктів поблизу, наприклад, лікарні або водонапірної станції. Головна функція греблі в межах міста полягає в тому, що вона підтримує необхідний рівень води в Південному Бузі, а це важливо для водозабору Вінницяоблводоканалу. Треба враховувати і екологічну складову, бо це чиста зелена енергія, яка допомагає зменшити загальний вуглецевий вплив регіону [4].

Розглянемо тепер який вклад можуть внести вітрові електростанції (ВЕС) в забезпечення енергонезалежності міста Вінниці, враховуючи використання сонячної енергії і Сабарівської ГЕС. Вітрові електростанції були би критично важливою ланкою для енергонезалежності Вінниці оскільки вони ідеально доповнюють сонячну та гідроенергетику, вирівнюючи сезонні та добові графіки виробництва енергії. У Вінниці і можна було б за рахунок (ВЕС) реалізувати стратегію децентралізації енергосистеми міста [5].

Як відомо головною проблемою зеленої енергетики являється її нестабільність. Поєднання з трьох джерел дозволило би створити стійку локальну мережу: вітер плюс сонце (сезонний баланс), він ефективний взимку та восени, коли сонячна активність у Вінниці мінімальна (короткий світловий

день, хмарність), а швидкість вітру зазвичай вище. ВЕС здатні генерувати основний обсяг енергії тоді, коли СЕС відпочивають. Вітер плюс ГЕС в добовому балансі хоч і має невелику потужність Сабарівська ГЕС, але може виконувати роль маневрової потужності. Вітрові станції часто працюють на піку вночі, коли споживання падає, а сонячної енергії немає взагалі. Вітрові станції характеризуються певною стабільністю так як можуть забезпечувати генерацію 24/7 на відміну від СЕС, що критично для живлення міської інфраструктури (лікарні, водоканал, котельні).

Вінниччина має амбітні плани щодо розширення вітрогенерації. Планується будівництво п'яти вітропарків потужністю 544 МВт в області. Впровадження (ВЕС) дає Вінниці три ключових переваги:

1. Автономність під час блекаутів. При відключенні від загальнодержавної мережі сукупна потужність ВЕС та ГЕС може підтримувати критичні об'єкти міста навіть у хмарну погоду.

2. Економічна вигода. Муніципальні програми (компенсації), які вже діють у Вінниці для СЕС стимулюють бізнес встановлювати малі вітряки, що знижує навантаження на мережу.

3. Використання зеленої енергії дозволяє місцевим підприємствам отримувати міжнародні сертифікати екологічного походження енергії, що важливо для економіки.

Для ефективної роботи вітрових потужностей місто вже проводить дослідження територій (вітромоніторинг), щоб визначити найбільш продуктивні майданчики в межах громади.

Ще є одно незалежне відновлювальне джерело енергії, яке недостатньо використовується в місті по зрівнянню з використанням в сучасних передових країнах світу, таких як США, Японія і країни ЄС - це різноманітні теплові насоси. Теплові насоси можуть бути енергетичним мостом, який дозволяє перетворити відновлювальну електроенергію (сонце, вітер, ГЕС) у тепло для опалення міста. У Вінниці вони можуть стати ключовим інструментом декарбонізації централізованого опалення. Як відомо головна проблема СЕС та ВЕС це надлишок енергії у моменти, коли вона не потрібна мережі. Теплові насоси вирішують це через систему P2H. Коли вітрові електростанції працюють на максимумі, а споживання електроенергії в місті мінімальне, теплові насоси можуть перетворювати цю електричну енергію в теплову, закачуючи її в тепломережі або спеціальні теплоакумулятори. Влітку в сонячний пік надлишок енергії від СЕС можна використовувати для роботи теплових насосів на підігрів гарячої води для мікрорайонів, що дозволяє повністю вимкнути газові котли в неопалювальний сезон.

Як відомо Вінниця має унікальну перевагу - річку Південний Буг. Теплові насоси типу "вода-вода" можуть використовувати стабільну температуру річкової води для опалення. Як відомо коефіцієнт перетворення таких систем зазвичай складає 3-5. Це означає що на 1 кВт·год електроенергії від ГЕС або вітряка тепловий насос видать до 5 кВт/год тепла. Сабарівська ГЕС не лише генерує електрику, а й створює зону з постійним потоком води, що є ідеальним джерелом низькопотенціального тепла для потужних промислових теплових насосів. Якщо використовувати енергію Сабарівської ГЕС, як пряму лінію для живлення теплового насосу, то можна виконати стабільне теплопостачання мікрорайону Сабарів без використання загальних мереж.

Яка буде економічна та стратегічна вигода від теплових насосів:

1. Заміщення газу, бо кожен встановлений мегават потужності теплових насосів дозволить в Вінниці економити мільйони кубометрів дорогого природного газу кожний рік.

2. Енергонезалежність, так як місто переходить від купівлі зовнішнього ресурсу газу до використання власної енергії вітра, сонця і води.

3. Такий напрямок енергозбереження має в Вінниці і муніципальну підтримку , так як Вінниця запровадила програми відшкодування до 70% вартості обладнання для бізнесу та ОСББ, що встановлюють теплові насоси разом із СЕС.

Як розраховується окупність встановлення системи теплових насосів. Якщо взяти як буде окупність встановлення теплових насосів з власною генерацією від СЕС або ВЕС, то в в цьому випадку витрати на опалення падають майже до нуля і окупність скорочується до шести - семи років. Держава активно підтримує енергомодернізацію міст і надає декілька програм відшкодування до 50% вартості обладнання для ОСББ, є також аналогічні гранти для приватних господарств. При використанні теплових насосів виникає економія при кондиціонуванні влітку тому, що тепловий насос буде працювати як потужний кондиціонер. Отже з урахуванням грантів та економії на охолодженні влітку, реальний термін окупності може становити 3-5 років, при цьому будинки можуть стати автономними навіть при відключенні газу чи світла ваш будинок буде залишатися теплим.

Висновки

У результаті проведеного аналізу запропоновано метод створення енергоефективних міських поселень. Розробка уніфікованого методу підкреслює важливість системного підходу до проектування енергоефективних міст, оскільки модель об'єднує аспекти економічного, соціального, технічного та географічного факторів.

Проведений аналіз дозволив запропонувати механізм проведення інтегральної оцінки ефективності проектування енергоефективних екологічних поселень у системі містобудування.

Реалізація енергоефективних поселень може мати позитивний вплив на громаду, забезпечуючи не тільки зниження споживання енергії, а й створення комфортного житлового середовища та підвищення якості життя жителів. Впровадження методу вказує на необхідність активної співпраці з різними стейкхолдерами, інвесторами та міською радою.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Як нам відбудувати Україну / І.Н. Дудар Містобудування та територіальне планування //: наук.-техн. збірник. - К.: КНУБА , 2022. - Вип. 80. – С. 25 – 28.
2. Проблеми та перспективи розвитку міста Вінниці. / І.Н.Дудар Містобудування та територіальне планування //: наук.-техн.збірник К.: КНУБА, 2010. Вип. - С. 165 – 170.
3. Основні напрямки енергозбереження в галузях національного господарства України/ І.Н. Дудар, В.Л. Гарнага, О.М. Савчук // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві, N 2, 2009. - С . 126-129.
4. Енергозбереження в міському будівництві. навчальний посібник. Ч. І, ІІ. І.Н. Дудар, Л.В. Кучеренко, В.В. Швець - Вінниця: ВНТУ, 2018. – 128 с.
5. Енергозберігаючі будівлі і споруди: навчальний посібник. Ч.2 / І.Н. Дудар, Т.Е. Потапова. – Вінниця: ВНТУ, 2004. - 92 с.

Doktor of Technical Sciences, Professor **Dudar Ihor,**
Vinnytsia National Technical University

HOW TO MAKE THE CITY OF VINNYTSIA ENERGY-INDEPENDENT

The article is devoted to substantiating strategic approaches to achieving energy independence for the city of Vinnytsia under wartime challenges and the increasing need to enhance the resilience of urban infrastructure. The current state of the city's energy consumption is analyzed, including peak loads of 190–200 MW, as well as the potential of renewable energy sources. It is established that solar generation, which currently totals 27.73 MW of installed capacity and covers about 10% of the city's demand, is an important component of a decentralized energy system. The roles of the industrial sector, municipal services, and private households in developing distributed generation are highlighted.

The significance of the Sabarivska HPP as a component of maneuverable and backup capacity is evaluated, along with the prospects for implementing wind power plants capable of ensuring seasonal and daily energy balancing. It is shown that the combination of solar, wind, and hydro energy provides the basis for forming a resilient local energy network with the possibility of autonomous operation during blackouts.

Special attention is given to the implementation of heat pumps as a tool for decarbonizing heating systems and efficiently using excess renewable electricity through Power-to-Heat technology. The economic feasibility of their use is justified, taking into account state and municipal support programs, which can reduce the payback period to 3–7 years.

The article demonstrates that transitioning to a decentralized, diversified, and integrated energy supply model based on renewable energy sources is a key condition for enhancing energy security, economic stability, and environmental sustainability in Vinnytsia.

Key words: city energy independence; renewable energy sources; solar energy; wind energy; small hydropower; heat pumps; energy system decentralization; distributed generation; energy security; municipal support programs; investment payback; critical infrastructure; sustainable development.

REFERENCES

1. Iak nam vidbuduvaty Ukrainu / I.N. Dudar Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia //: nauk.-tekhn. zbirnyk. - K.: KNUBA , - 2022. - Vyp. 80. – S. 25 – 28. {in Ukrainian}

2. Problemy ta perspektyvy rozvytku mista Vinnytsi. / I.N.Dudar Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia //: nauk.-tekhn.zbirnyk K.: KNUBA, - 2010. Vyp. - S. 165 – 170. {in Ukrainian}

3. Osnovni napriamky enerhozberezhennia v haluziakh natsionalnoho hospodarstva Ukrainy/ I.N. Dudar, V.L. Harnaha, O.M. Savchuk // Suchasni tekhnolohii, materialy i konstruktsii v budivnytstvi.- 2009.-N 2. - S . 126 – 129. {in Ukrainian}

4. Enerhozberezhennia v miskomu budivnytstvi. navchalnyi posibnyk. Ch. I, II. I.N. Dudar, L.V. KucherenkoV, V.V. Shvets - Vinnytsia: VNTU, 2018. – 128 s. {in Ukrainian}

5. Enerhozberihaiuchi budivli i sporudy: navchalnyi posibnyk. Ch.2 / I.N. Dudar, T.E. Potapova. – Vinnytsia: VNTU, 2004. - 92 s. {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2786-7269.2026.17.187-199
УДК 004.9:005.8:69.05
Іванина О.М.,
Olexandija@i.ua, ORCID: 0009-0007-1203-4792,
Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ

ЗАСАДИ ФОРМУВАННЯ АНАЛІТИЧНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ МОДЕЛІ ІНТЕГРАЦІЇ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ У СИСТЕМУ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ ПРОМИСЛОВОГО БУДІВНИЦТВА

Сучасний етап розвитку промислового будівництва характеризується активною цифровою трансформацією, що обумовлює необхідність формування нових підходів до управління складними виробничими системами. Високий рівень технічної складності будівельних проєктів, значні обсяги інформації та багатокомпонентність виробничих процесів зумовлюють потребу у створенні інтегрованого інформаційно-аналітичного середовища, здатного забезпечити ефективну координацію управлінських рішень.

Формування аналітично-технологічної моделі інтеграції цифрових технологій ґрунтується на поєднанні системного, процесного та аналітичного підходів, що дозволяє розглядати будівельний проєкт як цілісну динамічну систему, в межах якої взаємодіють інформаційні потоки, виробничі процеси та управлінські механізми. Така модель забезпечує структуризацію будівельних процесів, підвищення прозорості управління та оптимізацію використання ресурсів. Запропонована інтегральна модель оцінювання ефективності цифрової системи управління враховує взаємодію інформаційних потоків, рівень адаптивності системи та ступінь ресурсної синхронізації. Такий підхід дозволяє комплексно оцінити результативність цифрового управління та визначити напрями підвищення ефективності реалізації промислових будівельних проєктів. Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості використання запропонованої моделі для підвищення ефективності управління будівельними процесами, оптимізації використання ресурсів та забезпечення стабільності виробничих систем в умовах цифрової трансформації галузі.

Ключові слова: цифрові технології; промислове будівництво; аналітично-технологічна модель; інформаційні потоки; цифрова інтеграція; управління проєктами; ресурсна синхронізація; ефективність управління.

Постановка проблеми: Цифрова трансформація будівельної галузі зумовлює необхідність перегляду традиційних підходів до управління процесами промислового будівництва. Складність сучасних будівельних

проєктів, що характеризуються значною кількістю учасників, великою кількістю інформаційних потоків та високими вимогами до координації виробничих процесів, створює передумови для виникнення управлінських дисбалансів. Наявність розрізнених інформаційних систем і недостатній рівень інтеграції цифрових технологій призводять до зниження ефективності управління, що проявляється у затримках виконання робіт, перевищенні витрат і неузгодженості ресурсного забезпечення. У таких умовах особливої актуальності набуває формування єдиного інформаційно-аналітичного середовища, яке забезпечує узгоджену взаємодію всіх елементів виробничої системи.

Метою дослідження є обґрунтування теоретичних засад та розроблення аналітично-технологічної моделі інтеграції цифрових технологій у систему управління процесами промислового будівництва. Досягнення поставленої мети передбачає визначення ключових складових цифрового управління, формалізацію інформаційних і ресурсних потоків, а також розроблення системи показників для оцінювання ефективності цифрової трансформації. Особливу увагу приділено дослідженню взаємозв'язків між інформаційними потоками, виробничими процесами та управлінськими рішеннями.

Аналіз останніх досліджень і публікацій: Проблематика інтеграції цифрових технологій в систему управління будівельними процесами активно досліджується у сучасних наукових працях, присвячених цифровій трансформації, управлінню проєктами та розвитку інформаційних систем. Значна увага приділяється формуванню системного підходу до управління, який передбачає інтеграцію інформаційних, виробничих і ресурсних компонентів у єдине інформаційне середовище. У наукових дослідженнях підкреслюється важливість використання аналітичних методів та математичного моделювання для оцінювання ефективності управлінських процесів. Застосування інтегральних показників дозволяє врахувати складні взаємозв'язки між різними параметрами функціонування будівельних систем і забезпечує більш точне прогнозування результатів реалізації проєктів.

Виклад основної інформаці: Цифрова трансформація будівельної галузі поступово змінює традиційні підходи до організації та управління виробничими процесами, що особливо відчутно у сфері промислового будівництва. Реалізація таких проєктів супроводжується високим рівнем технічної складності, значною кількістю учасників, складною логістикою ресурсів та значними обсягами інформації, що циркулює між різними етапами життєвого циклу об'єкта. У цих умовах використання цифрових технологій стає одним із ключових факторів підвищення ефективності управління, оскільки забезпечує оперативність прийняття рішень, підвищує точність

планування та дозволяє оптимізувати використання матеріальних і фінансових ресурсів.

Формування методичних засад інтеграції цифрових технологій у систему управління промисловим будівництвом ґрунтується на поєднанні кількох наукових підходів, серед яких провідне значення мають системний, процесний та аналітичний підходи. Системний підхід дозволяє розглядати будівельний проєкт як складну організаційно-технологічну систему, у якій взаємодіють управлінські структури, технологічні процеси, інформаційні потоки та економічні ресурси [1].

Для наочного відображення логіки формування аналітично-технологічної моделі інтеграції цифрових технологій в систему управління процесами промислового будівництва доцільно представити структурну взаємодію основних інформаційних та управлінських елементів у вигляді рисунка 1 [2].

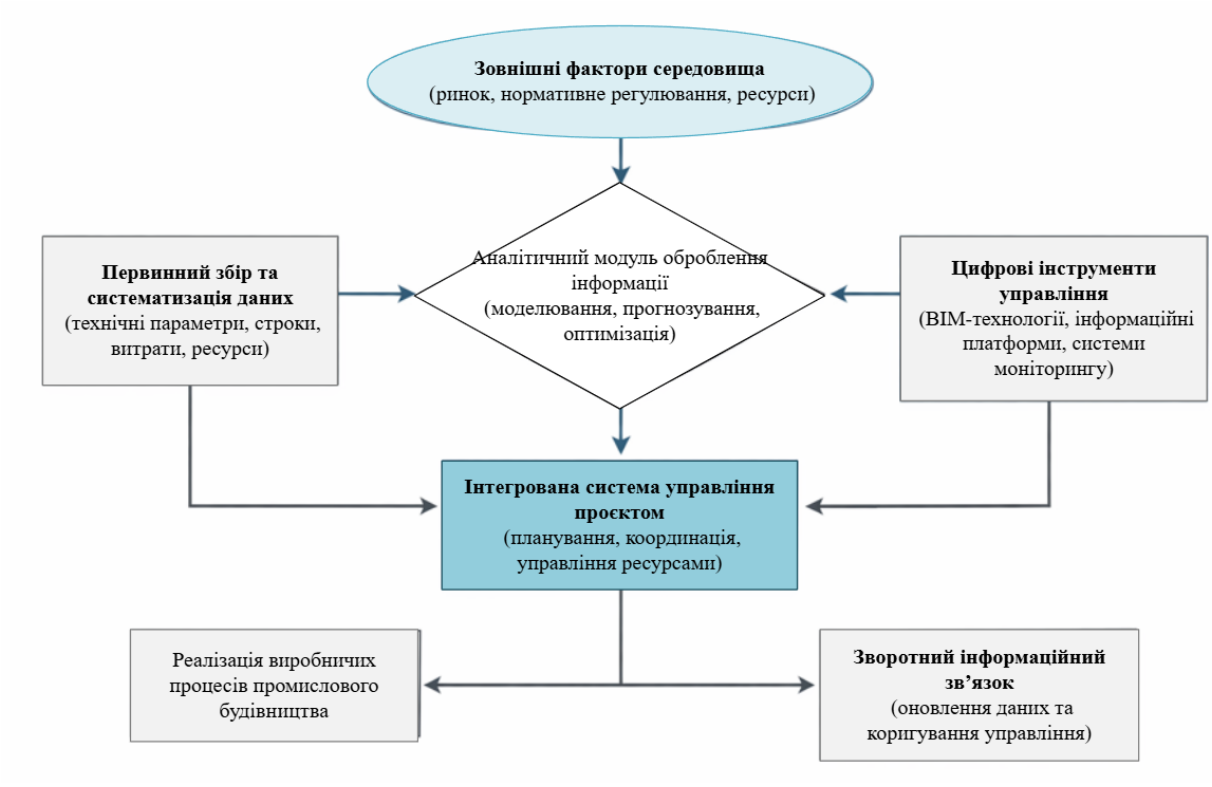


Рис. 1. Блок-схема формування аналітично-технологічної моделі інтеграції цифрових технологій *(розроблено автором на основі [2])*

Важливою складовою аналітично-технологічної моделі є використання кількісних методів оцінювання ефективності інтеграції цифрових технологій в систему управління. Зокрема, рівень результативності цифрової трансформації може бути визначений за допомогою інтегрального показника:

$$E = \sum_{i=1}^{n} w_i \times R_i, \quad (1)$$

де E – інтегральний показник ефективності цифрової інтеграції, R_i – часткові показники результативності системи управління (швидкість оброблення інформації, точність планування, рівень оптимізації ресурсів тощо), w_i – коефіцієнти вагомості відповідних показників.

Математична формалізація інформаційних потоків є одним із ключових елементів такої моделі, оскільки дозволяє визначити рівень інформаційного навантаження системи управління та оцінити ступінь інтеграції цифрових інструментів у виробничу інфраструктуру будівельного проєкту. Інтегральна інтенсивність інформаційних потоків, що надходять до системи управління, може бути представлена як функція часу, яка враховує вагомість окремих джерел даних та обсяг інформації, що генерується ними [3]:

$$I(t) = \sum_{k=1}^{m} \alpha_k D_k(t), \tag{2}$$

де I(t) – інтегральна інтенсивність інформаційного потоку в момент часу t, $D_k(t)$ – обсяг даних, що надходять з k-го джерела інформації, α_k – коефіцієнт значущості відповідного джерела, m – кількість інформаційних джерел у системі.

Важливим аспектом цифрового управління будівельними процесами є також оцінювання рівня узгодженості виробничих операцій. Для кількісної оцінки ступеня синхронізації планових і фактичних параметрів виконання будівельних робіт може бути використаний показник цифрової синхронізації:

$$S(t) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \left| \frac{T_i^{plan} - T_i^{fact}}{T_i^{plan}} \right|, \tag{3}$$

де S(t) – показник синхронізації будівельних процесів, T_i^{plan} – плановий час виконання i-ї операції, T_i^{fact} – фактичний час її виконання, nnn – кількість операцій, що аналізуються.

Для кількісного визначення інтенсивності інформаційних потоків у цифровій системі управління розглянемо набір даних, що надходять із чотирьох основних інформаційних джерел: системи інформаційного моделювання будівлі, сенсорної системи моніторингу будівельного майданчика, платформи управління ресурсами та системи календарного планування. Обсяг інформації, що надходить із цих джерел, становить відповідно 120, 80, 60 та 40 умовних одиниць. Коефіцієнти значущості джерел визначені як 0,35, 0,30, 0,20 та 0,15.

Тоді інтегральна інтенсивність інформаційного потоку визначається наступним чином:

$$I(t) = 0.35 \times 120 + 0.30 \times 80 + 0.20 \times 60 + 0.15 \times 40.$$

$$I(t) = 42 + 24 + 12 + 6 = 84.$$

Отримане значення I(t)=84 характеризує рівень інформаційного навантаження цифрової системи управління будівельним проєктом та може використовуватися як базовий параметр для подальшого аналізу ефективності цифрових управлінських технологій.

Для наочного відображення динаміки зміни інтенсивності інформаційних потоків залежно від рівня інтеграції цифрових технологій в систему управління будівельними процесами доцільно використати рисунок 2 [4].

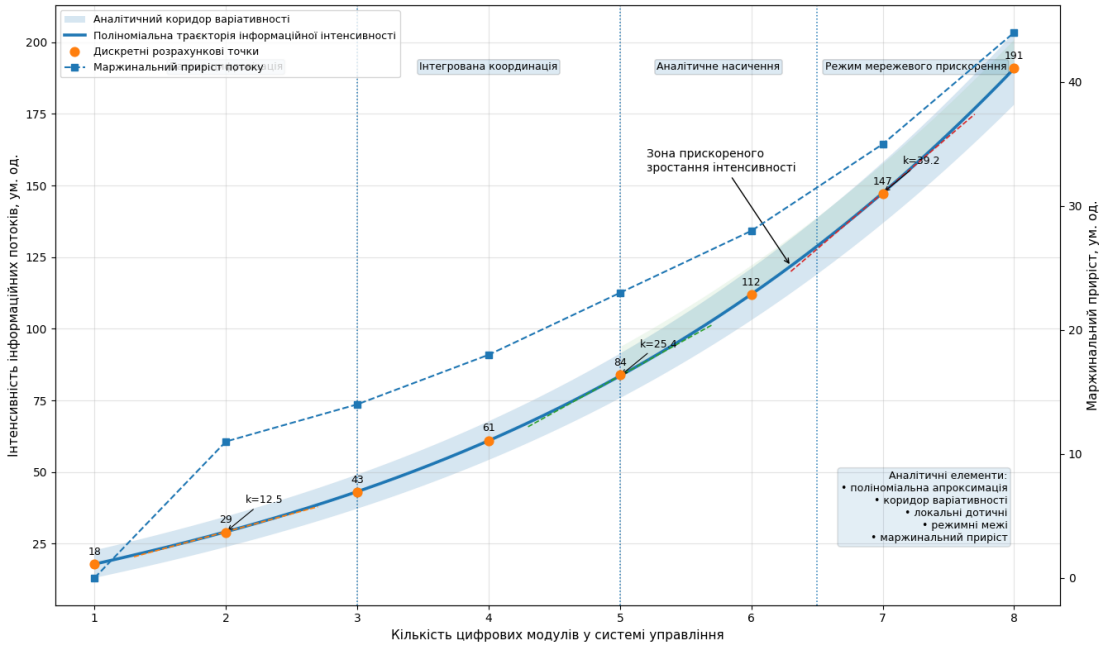


Рис. 2. Динаміка інтенсивності інформаційних потоків у цифровій системі управління промисловим будівництвом *(розроблено автором на основі [4])*

Подальший аналіз показує, що зі збільшенням кількості цифрових модулів управління обсяг інформаційних потоків зростає за нелінійною траєкторією.

Для відображення структурної взаємодії цифрових елементів системи управління доцільно представити функціональну архітектуру оброблення інформації у вигляді рисунка 3 [5].

Цифрова система управління будівельним проєктом функціонує як замкнений інформаційно-аналітичний контур, у межах якого дані проходять послідовні етапи збору, оброблення, інтерпретації та трансформації в управлінські рішення. Наявність зворотного інформаційного зв’язку забезпечує можливість постійного коригування параметрів управління залежно від фактичного стану виконання будівельних робіт.

Математична формалізація інформаційних потоків дозволяє створити основу аналітично-технологічної моделі цифрового управління процесами промислового будівництва. Використання такої моделі забезпечує можливість кількісного аналізу цифрових процесів, підвищує точність прогнозування виробничих параметрів та створює передумови для оптимізації використання ресурсів у складних інвестиційно-будівельних системах.

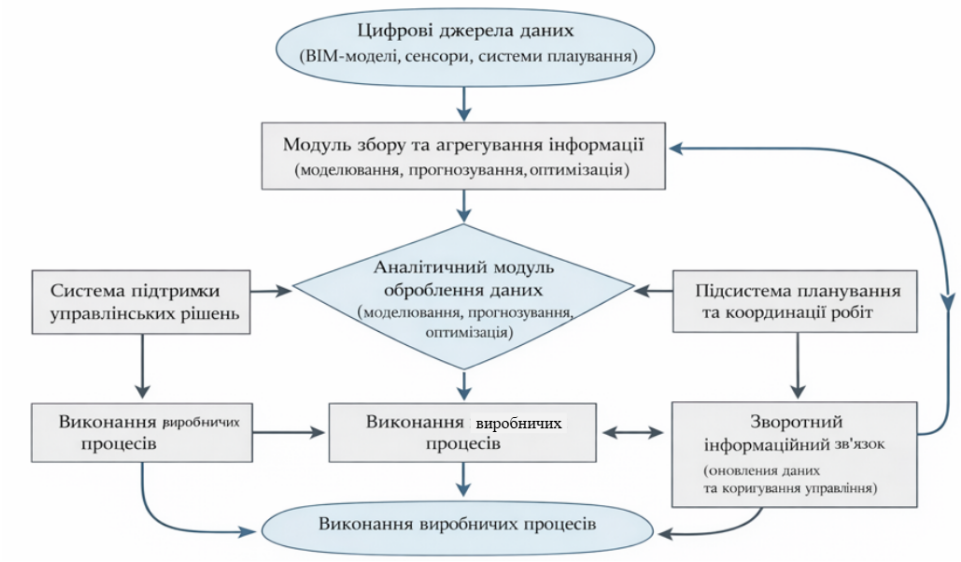


Рис. 3. Структура інформаційної взаємодії цифрових модулів системи управління промисловим будівництвом *(розроблено автором на основі [5])*

Ефективність впровадження цифрових технологій у промисловому будівництві значною мірою залежить від здатності системи управління забезпечувати стабільну координацію інформаційних, ресурсних та виробничих потоків. У цифровому середовищі будівельного проєкту дані надходять одночасно з великої кількості джерел, що формує складну систему інформаційної взаємодії між підсистемами управління, планування та виконання робіт.

В межах аналітично-технологічної моделі цифрового управління промисловим будівництвом важливим завданням є визначення показника цифрової стабільності системи управління, який відображає здатність інформаційної інфраструктури підтримувати узгодженість виробничих процесів у часі [6]. Для кількісного опису цієї характеристики доцільно використовувати узагальнений коефіцієнт динамічної узгодженості інформаційних потоків:

$$C(t) = \frac{\sum_{i=1}^{n} \omega_i \times Q_i(t)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} \left(Q_i(t) - \overline{Q}(t)\right)^2}}, \quad (4)$$

де C(t) – показник динамічної узгодженості цифрових потоків, $Q_i(t)$ – обсяг інформаційного або ресурсного потоку у і-му каналі, ω_i – ваговий коефіцієнт значущості потоку, $\overline{Q}$ (t) – середнє значення потоків у системі, n – кількість інформаційних каналів.

Цей показник дозволяє визначити, наскільки узгоджено функціонують окремі елементи цифрової системи управління будівельним проєктом. Зростання значення C(t) свідчить про високий рівень синхронізації інформаційних потоків, тоді як зменшення цього показника сигналізує про можливі порушення у взаємодії цифрових модулів.

Для більш глибокого аналізу процесів цифрової координації доцільно також визначати індекс ресурсної синхронізації, що характеризує ступінь узгодженості використання матеріальних і технічних ресурсів в межах будівельного проєкту. Даний показник може бути представлений у вигляді наступної математичної залежності:

$$R_s = \frac{\sum_{j=1}^{m} \beta_j \times \left| R_j^{plan} - R_j^{fact} \right|}{\sum_{j=1}^{m} R_j^{plan}} \times e^{-\lambda t}, \quad (5)$$

де R_s – індекс ресурсної синхронізації, R_j^{plan} – плановий обсяг використання j-го ресурсу, R_j^{fact} – фактичний обсяг використання ресурсу, β_j – коефіцієнт значущості ресурсу, λ – коефіцієнт стабілізації системи, m – кількість ресурсних компонентів.

Використання експоненційного множника у формулі дозволяє врахувати часовий фактор, який відображає зміну рівня узгодженості ресурсних потоків у процесі реалізації будівельного проєкту.

Для визначення рівня ресурсної синхронізації у цифровій системі управління розглянемо структуру використання основних ресурсів будівельного процессу [7]. Вихідні параметри планових та фактичних показників використання ресурсів наведено у таблиці 1.

Таблиця 1.

Порівняльні параметри використання ресурсів у цифровій системі управління будівельним проєктом *(розроблено автором на основі [7])*

Вид ресурсу	**Планове значення**	**Фактичне значення**	**Коефіцієнт значущості**
Будівельні матеріали	150	142	0,35
Будівельна техніка	90	95	0,25
Трудові ресурси	120	118	0,25
Енергетичні ресурси	70	74	0,15

З використанням наведених даних визначимо індекс ресурсної синхронізації.

$$R_s = \frac{0.35\,|\,150-142\,|\,+0.25\,|\,90-95\,|\,+0.25\,|\,120-118\,|\,+0.15\,|\,70-74\,|}{150+90+120+70}.$$

$$R_s = \frac{0.35\times 8+0.25\times 5+0.25\times 2+0.15\times 4}{430}.$$

$$R_s = \frac{2.8+1.25+0.5+0.6}{430}.$$

$$R_s = \frac{5.15}{430} = 0.012.$$

Отримане значення показника свідчить про достатньо високий рівень узгодженості ресурсних потоків в межах цифрової системи управління будівельним проєктом. Невелике відхилення між плановими та фактичними параметрами використання ресурсів пояснюється коригуванням виробничих процесів у реальному часі за допомогою цифрових систем моніторингу [8].

Для наочного відображення зміни рівня ресурсної синхронізації залежно від інтенсивності інформаційних потоків доцільно використати рисунок 4.

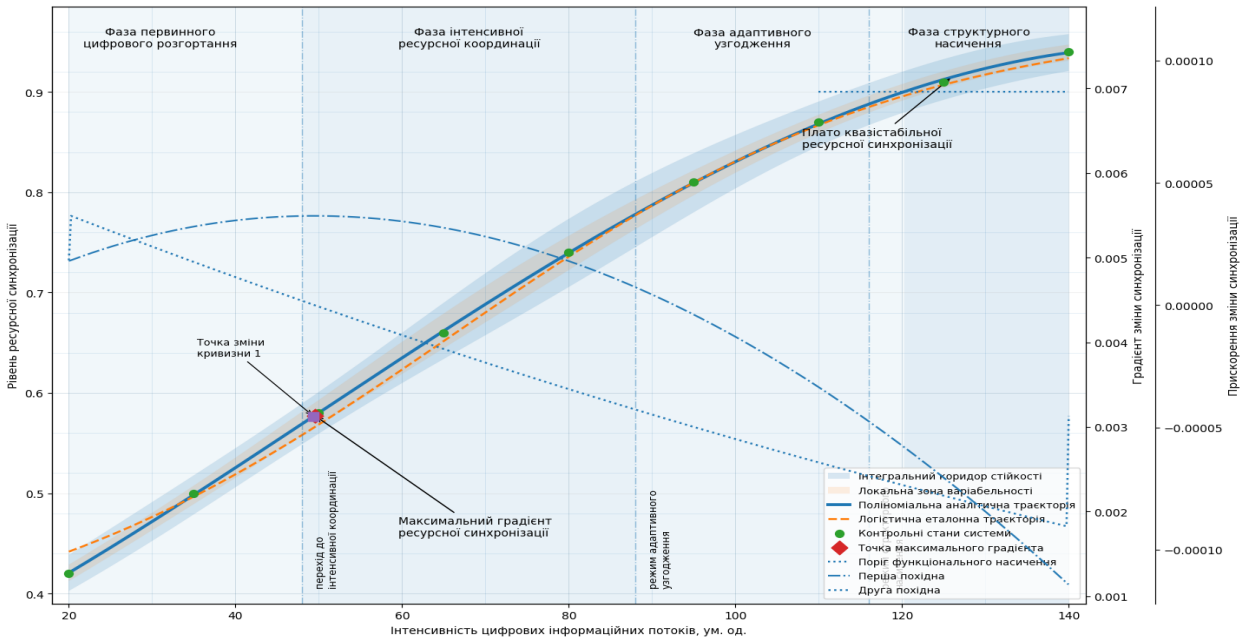


Рис. 4. Залежність рівня ресурсної синхронізації від інтенсивності цифрових інформаційних потоків *(розроблено автором на основі [8])*

Подальший розвиток аналітично-технологічної моделі інтеграції цифрових технологій у систему управління промисловим будівництвом пов'язаний із необхідністю комплексного оцінювання результативності функціонування цифрового управлінського середовища. У сучасних умовах цифрової трансформації будівельної галузі ефективність управління визначається не лише швидкістю оброблення інформації або точністю календарного планування, але й здатністю системи забезпечувати узгодженість інформаційних, виробничих та ресурсних потоків у межах реалізації будівельного проєкту.

У межах запропонованого підходу інтегральна ефективність цифрового управління розглядається як функція взаємодії інформаційних потоків, ресурсної синхронізації та адаптивності управлінських механізмів.

Для формалізації цієї залежності використовується узагальнена мультиплікативно-логарифмічна модель ефективності:

$$E_{sys} = \left(I(t)^{\alpha} \times S(t)^{\beta} \times A(t)^{\gamma}\right) \times e^{-R_s}, \quad (6)$$

де E_{sys} – інтегральний показник ефективності цифрової системи управління, I(t) – інтенсивність інформаційних потоків у системі, S(t) – коефіцієнт синхронізації виробничих процесів, A(t) – показник цифрової адаптивності системи управління, R_s – індекс ресурсної диспропорції, α,β,γ – коефіцієнти еластичності відповідних факторів.

Для деталізації моделі показник цифрової адаптивності системи може бути представлений як функція швидкості оброблення інформаційних потоків та рівня автоматизації управлінських процесів:

$$A(t) = \frac{V_d(t)}{1+\sigma(t)}, \quad (7)$$

де $V_d(t)$ – швидкість оброблення інформаційних потоків, σ(t) – коефіцієнт інформаційного перевантаження системи.

Застосування цієї залежності дозволяє оцінити здатність цифрової системи управління оперативно реагувати на зміни виробничого середовища та адаптувати структуру управлінських рішень до нових умов реалізації будівельного проєкту.

Використовуючи раніше визначені параметри інформаційної інтенсивності I(t)=84 та індекс ресурсної синхронізації R_s=0.012, а також приймаючи коефіцієнт синхронізації процесів S(t)=0.92, швидкість оброблення

інформації V_d=1.6 та коефіцієнт перевантаження системи σ=0.3, визначимо показник цифрової адаптивності системи:

$$A(t) = \frac{1.6}{1.3} = 1.23.$$

Далі визначимо інтегральний показник ефективності цифрової системи управління, приймаючи коефіцієнти еластичності α=0.4, β=0.35 та γ=0.25 [9]:

$$E_{sys} = (84^{0.4} \times 0.92^{0.35} \times 1.23^{0.25}) \times e^{-0.012}.,$$

$$E_{sys} = 5.52.$$

Для наочного відображення впливу рівня цифровізації управлінських процесів на ефективність реалізації будівельного проєкту доцільно використати графічний аналіз (рис. 5).

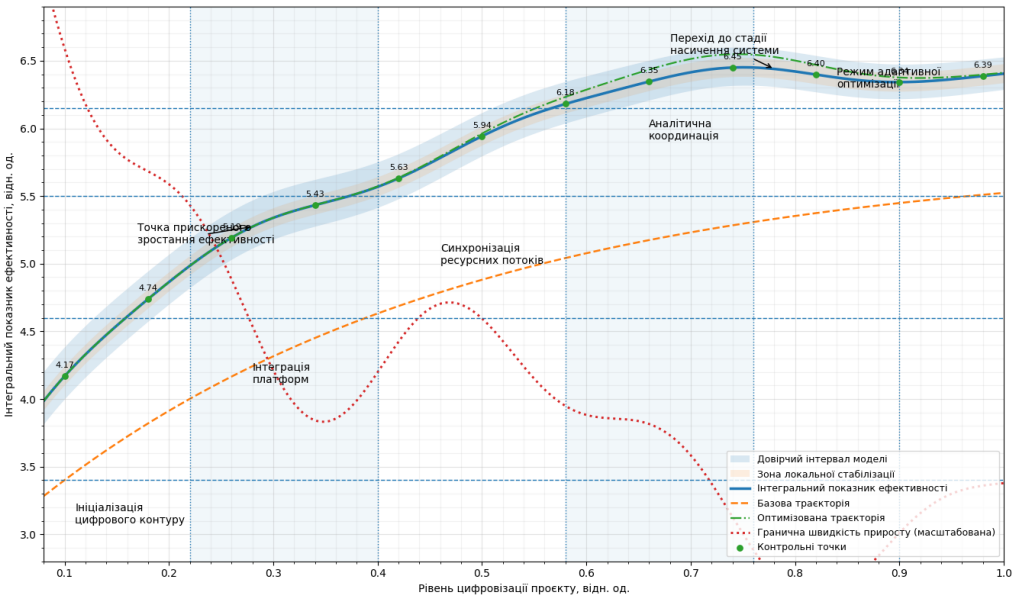


Рис. 5. Залежність інтегрального показника ефективності управління від рівня цифровізації промислового будівельного проєкту *(розроблено автором на основі [9])*

Висновок

Сформовано концептуальну та математично формалізовану основу аналітично-технологічної моделі інтеграції цифрових технологій в систему управління процесами промислового будівництва. Запропонований підхід відображає формування єдиного інформаційно-аналітичного середовища, в

межах якого забезпечується узгоджена взаємодія інформаційних потоків, виробничих операцій і ресурсних параметрів будівельного проєкту.

Використання аналітичних залежностей і системи кількісних показників дозволяє формалізувати процеси управління цифровими інформаційними потоками, оцінювати рівень синхронізації виробничих процесів та визначати ефективність використання ресурсів в межах реалізації промислових будівельних проєктів. Застосування математичних моделей створює передумови для комплексного аналізу параметрів функціонування цифрового управлінського середовища, підвищує точність прогнозування виробничих результатів і сприяє більш обґрунтованому прийняттю управлінських рішень.

Література

1. Жовковська Т.Т. Системно-рефлексивне управління розвитком промислових підприємств: теорія, методологія та практика: монографія / Жовковська Т.Т.; Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – Тернопіль: Паляниця В. А., 2018. – 264 с.

2. Ноздріна Л.В., Ящук В.І., Полотай О.І. Управління проектами: Підручник / За заг. ред. Л.В. Ноздріної. — К.: Центр учбової літератури, 2010. — 432 с.

3. Шеннон, К.Е. та Вівер, В. (1949). Математична теорія комунікації. Урбана, Іллінойс: Видавництво Іллінойського університету, 1-117.

4. Barabási A.-L. Network Science. Cambridge: Cambridge University Press, 2016. 475 p.

5. Laudon K.C., Laudon J.P. Management Information Systems: Managing the Digital Firm. 15th ed. Harlow: Pearson Education Limited, 2018. 669 p.

6. Плескач В.Л., Затонацька Т.Г. Інформаційні системи і технології на підприємствах: підручник. Київ: Знання, 2011. 718 с.

7. Чуприна, Ю., Алексієєнко, В., Матвєєв, В., та Ползиков, М. Основи функціонування підприємства як єдиної інтегрованої та високоефективної бізнес-системи. Шляхи підвищення ефективності будівництва, 2024, вип. 3(53), С. 57–74. https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.53(3).57-74

8. Хоменко О., Петренко Г., Рижакова Г., Петруха Н., Чуприна Ю., Малихіна О., & Кушнір О. (2022). Сучасні інструменти та програмні продукти smard-адміністрування будівельними організаціями в умовах трансформації операційних систем менеджменту. Управління розвитком складних систем, (52), 113–125.

9. Економіка проєктування у будівництві [Текст]: навч. посіб. для здобувачів першого (бакалавр.) та другого (магістер.) рівнів вищ. освіти за спец. 192 "Будівництво та цивільна інженерія" та 051 "Економіка" / [С.П.

Стеценко та ін.]; Київ. нац. ун-т буд-ва і архітектури. - Київ: КНУБА, 2024. - 283 с.: рис., табл. - Бібліогр.: с. 228-231. - 25 прим. - ISBN 978-966-627-296-3. - ISBN 978-966-627-269-3

10. Khosrowshahi F., Arayici Y. Roadmap for implementation of BIM in the UK construction industry. Engineering, Construction and Architectural Management. 2012. Vol. 19, No. 6. P. 610–635.

Ivanyna Oleksandr,
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

PRINCIPLES OF FORMING AN ANALYTICAL AND TECHNOLOGICAL MODEL FOR THE INTEGRATION OF DIGITAL TECHNOLOGIES INTO THE MANAGEMENT SYSTEM OF INDUSTRIAL CONSTRUCTION PROCESSES

The current stage of industrial construction development is characterized by active digital transformation, which necessitates the formation of new approaches to managing complex production systems. The high level of technical complexity of construction projects, significant volumes of information, and the multi-component nature of production processes create the need for establishing an integrated information and analytical environment capable of ensuring effective coordination of managerial decisions.

The formation of an analytical and technological model for the integration of digital technologies is based on the combination of systemic, process-oriented, and analytical approaches, which makes it possible to consider a construction project as a holistic dynamic system where information flows, production processes, and management mechanisms interact. Such a model ensures the structuring of construction processes, enhances management transparency, and optimizes the use of resources.

The proposed integral model for evaluating the effectiveness of a digital management system takes into account the interaction of information flows, the level of system adaptability, and the degree of resource synchronization. This approach makes it possible to comprehensively assess the performance of digital management and determine directions for improving the efficiency of implementing industrial construction projects. The practical significance of the obtained results lies in the possibility of applying the proposed model to enhance the efficiency of managing construction processes, optimize resource utilization, and ensure the stability of production systems under conditions of industry digital transformation.

Keywords: digital technologies; industrial construction; analytical and technological model; information flows; digital integration; project management; resource synchronization; management efficiency.

REFERENCES

1. Zhovkovska, T.T. (2018). System-reflexive management of industrial enterprise development: theory, methodology, and practice: monograph. Ternopil: V. A. Palyanytsia Publishing. 264 p. {in Ukrainian}

2. Nozdrina, L.V., Yashchuk, V.I., & Polotai, O.I. (2010). Project management: textbook (ed. by L.V. Nozdrina). Kyiv: Center for Educational Literature. 432 p. {in Ukrainian}

3. Shannon, C.E., & Weaver, W. (1949). The mathematical theory of communication. Urbana, IL: University of Illinois Press, 1–117. {in English}

4. Barabási, A.-L. (2016). Network science. Cambridge: Cambridge University Press. 475 p. {in English}

5. Laudon, K.C., & Laudon, J.P. (2018). Management information systems: Managing the digital firm (15th ed.). Harlow: Pearson Education Limited. 669 p. {in English}

6. Pleskach, V.L., & Zatonatska, T.H. (2011). Information systems and technologies in enterprises: textbook. Kyiv: Znannia. 718 p. {in Ukrainian}

7. Chupryna, Yu., Aleksiienko, V., Matvieiev, V., & Polzykov, M. (2024). Fundamentals of enterprise functioning as a unified integrated and highly efficient business system. Ways to Increase the Efficiency of Construction, 3(53), 57–74. https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.53(3).57-74 {in Ukrainian}

8. Khomenko, O., Petrenko, H., Ryzhakova, H., Petrukha, N., Chupryna, Yu., Malykhina, O., & Kushnir, O. (2022). Modern tools and software products for smart administration of construction organizations under conditions of transformation of operational management systems. Management of Development of Complex Systems, (52), 113–125. {in Ukrainian}

9. Stetsenko, S.P., et al. (2024). Economics of design in construction: учеб. manual for bachelor's and master's students in specialties 192 "Construction and Civil Engineering" and 051 "Economics". Kyiv: Kyiv National University of Construction and Architecture. 283 p. {in Ukrainian}

10. Khosrowshahi, F., & Arayici, Y. (2012). Roadmap for implementation of BIM in the UK construction industry. Engineering, Construction and Architectural Management, 19(6), 610–635. {in English}

DOI: 10.32347/2786-7269.2026.17.200-212
УДК 005.8:005.7:330.341.1
к.т.н., доцент **Козак А.А.,**
kozak.aa@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-3192-1430,
Київський національний університет будівництва і архітектури

НАУКОВО-МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ФОРМАЛІЗАЦІЇ ВЗАЄМОДІЇ ОРГАНІЗАЦІЙНИХ І УПРАВЛІНСЬКИХ ПРОЦЕСІВ У КОНТЕКСТІ СИСТЕМНИХ ТРАНСФОРМАЦІЙ

Комплексне осмислення науково-методичних засад формалізації взаємодії організаційних і управлінських процесів набуває особливої актуальності в умовах системних трансформацій сучасної економіки. Посилення динаміки змін, цифровізація господарських систем і зростання рівня невизначеності обумовлюють потребу у впорядкуванні процесів управління на основі чітко визначених, структурованих і формалізованих підходів. Організаційні та управлінські процеси розглядаються як взаємопов'язані складові єдиної системи, ефективність функціонування якої залежить від узгодженості їх взаємодії, цілісності та здатності до адаптації.

Формалізація трактується як інструмент підвищення прозорості, передбачуваності та керованості процесів, що забезпечує зниження ентропії в управлінських системах і сприяє прийняттю обґрунтованих управлінських рішень. Обґрунтовується доцільність застосування системного, процесного, функціонального та інтеграційного підходів до формалізації, що дозволяє охопити як структурні, так і динамічні аспекти функціонування організацій.

Розкривається концептуальне бачення формалізації як багаторівневого процесу, що включає моделювання, стандартизацію та оптимізацію управлінських і організаційних взаємозв'язків. Значна увага приділяється використанню сучасних інструментів моделювання процесів, які дозволяють відобразити складні взаємодії у вигляді формалізованих схем і алгоритмів.

Ключові слова: формалізація; організаційні процеси; управлінські процеси; системні трансформації; процесний підхід; управління підприємством; ефективність; цифровізація.

Постановка проблеми: Сучасний етап розвитку соціально-економічних систем характеризується зростанням рівня динамічності, невизначеності та структурної складності, що обумовлено впливом глобалізаційних процесів, активною цифровою трансформацією та посиленням конкурентного середовища. За таких умов традиційні підходи до організації управління виявляються недостатньо результативними, оскільки не забезпечують

належного рівня узгодженості між організаційними та управлінськими процесами. Це, своєю чергою, зумовлює виникнення функціональних дисбалансів, дублювання управлінських повноважень, нераціонального використання ресурсів та зниження загальної ефективності діяльності підприємств.

Метою дослідження є теоретичне обґрунтування та подальший розвиток науково-методичних засад формалізації взаємодії організаційних і управлінських процесів у контексті системних трансформацій. Реалізація поставленої мети передбачає вирішення комплексу взаємопов'язаних наукових завдань, серед яких ключовими є: уточнення економічної сутності та змістовного наповнення організаційних і управлінських процесів як взаємодіючих елементів єдиної системи управління; визначення ролі та функціонального призначення формалізації в забезпеченні ефективності діяльності підприємств; систематизація існуючих підходів до моделювання, регламентації та оптимізації процесів; розробка концептуальних положень щодо формалізації їх взаємодії; обґрунтування практичних рекомендацій щодо впровадження формалізованих управлінських рішень у діяльність підприємств.

Аналіз останніх досліджень і публікацій: Проблематика формалізації управлінських та організаційних процесів посідає важливе місце у сучасних наукових дослідженнях і розглядається у працях як вітчизняних, так і зарубіжних учених. Значна частина наукових розробок присвячена розвитку процесного підходу до управління, який визначається як одна з базових концепцій підвищення ефективності функціонування підприємств. У межах даного підходу особлива увага приділяється ідентифікації, структуризації, формалізованому опису та оптимізації бізнес-процесів, що забезпечує підвищення прозорості управління та покращення результативності діяльності.

Вагомий науковий доробок сформовано у межах системного підходу, відповідно до якого підприємство розглядається як складна відкрита система, елементи якої перебувають у тісному взаємозв'язку та взаємозалежності. У цьому контексті формалізація виступає як ефективний інструмент упорядкування складних структурних і функціональних взаємодій, що дозволяє забезпечити їх узгоджене функціонування та досягнення стратегічних цілей. Значна увага приділяється питанням моделювання управлінських процесів, використанню інформаційних технологій, а також розробці та впровадженню стандартів управління. Попри значну кількість наукових напрацювань, недостатньо дослідженими залишаються питання комплексної формалізації взаємодії організаційних і управлінських процесів саме в умовах системних трансформацій.

Виклад основного матеріалу: Сучасні умови функціонування організацій характеризуються високою динамікою трансформаційних процесів, що охоплюють економічні, технологічні та інституційні аспекти розвитку. Посилення глобальної конкуренції, прискорення інноваційних циклів та зростання інформаційної складності управління зумовлюють необхідність формування нових підходів до організації управлінської діяльності. У таких умовах організація виступає не просто структурованою сукупністю підрозділів, а складною соціально-економічною системою, у межах якої організаційні та управлінські процеси взаємодіють у режимі постійної адаптації до змін зовнішнього середовища.

Організаційні процеси відображають структурну конфігурацію системи, визначаючи порядок розподілу функцій, ресурсів та повноважень між елементами організації. Вони формують інституційні рамки, у межах яких здійснюється управлінська діяльність, а також визначають логіку руху інформаційних потоків і механізми координації між структурними підрозділами. У контексті системних трансформацій така взаємодія набуває нелінійного характеру, що зумовлено впливом великої кількості зовнішніх факторів, які формують стохастичне середовище функціонування організацій. До них належать макроекономічні коливання, технологічні зміни, регуляторні обмеження, інституційні трансформації та інформаційна асиметрія.

Важливою характеристикою таких систем є їх багаторівнева ієрархічна структура управління. У більшості сучасних організацій виділяють стратегічний, тактичний та операційний рівні управління, які відрізняються масштабом прийняття рішень, часовими горизонтами планування та ступенем деталізації інформації. Стратегічний рівень орієнтований на формування довгострокових цілей розвитку та визначення напрямів трансформації організаційної системи. Тактичний рівень забезпечує координацію ресурсів і трансформацію стратегічних рішень у конкретні управлінські програми. Операційний рівень пов’язаний із безпосередньою реалізацією управлінських рішень у процесі повсякденної діяльності організації [1].

Для відображення логіки взаємодії організаційних і управлінських процесів доцільно використати рисунок 1, який демонструє основні рівні управління та механізми їх взаємодії.

У загальному вигляді інтегральну результативність управління можна представити як багатофакторну функцію, що враховує структурні характеристики організації, параметри управлінського впливу та стохастичні фактори середовища:

$$E_t = \mathbb{E}\left[\sum_{i=1}^{n} \alpha_i O_{i,t} \times U_{i,t} + \sum_{j=1}^{m} \beta_j S_{j,t}\right], \quad (1)$$

де E_t – очікувана результативність управління у момент часу t, $O_{i,t}$ – організаційні параметри системи, $U_{i,t}$ – управлінські рішення відповідного рівня, $S_{j,t}$ – стохастичні фактори середовища, α_i,β_j – вагові коефіцієнти впливу відповідних факторів.

Рис. 1. Концептуальна модель взаємодії організаційних та управлінських процесів
(розроблено автором на основі [1])

Оскільки управлінські процеси реалізуються в багаторівневій системі, доцільно враховувати ієрархічну структуру управління. Для цього інтегральну результативність системи можна представити як агреговану функцію результатів окремих рівнів управління:

$$E_t^* = \sum_{k=1}^{3} \gamma_k \left(\frac{1}{n_k} \sum_{i=1}^{nk} O_{i,k,t} U_{i,k,t} \right) e^{-\lambda_{k\tau k}}, \quad (2)$$

де k – рівень управління (стратегічний, тактичний, операційний), γ_k – ваговий коефіцієнт значущості рівня, $O_{i,k,t}$ – організаційні параметри відповідного рівня, $U_{i,k,t}$ – управлінські рішення, τ_k – часовий лаг реалізації рішення, λ_k – коефіцієнт деградації ефекту в часі.

Представлена модель дозволяє врахувати часову динаміку реалізації управлінських рішень, що є важливим у системно трансформованому середовищі, де ефект управління часто проявляється із затримкою [2].

Для наочного відображення залежності результативності управління від рівня організаційної інтеграції доцільно використати рисунок 2.

Взаємодія організаційних та управлінських процесів у сучасних умовах повинна розглядатися як складна багаторівнева система взаємопов'язаних елементів, що функціонує у динамічному середовищі.

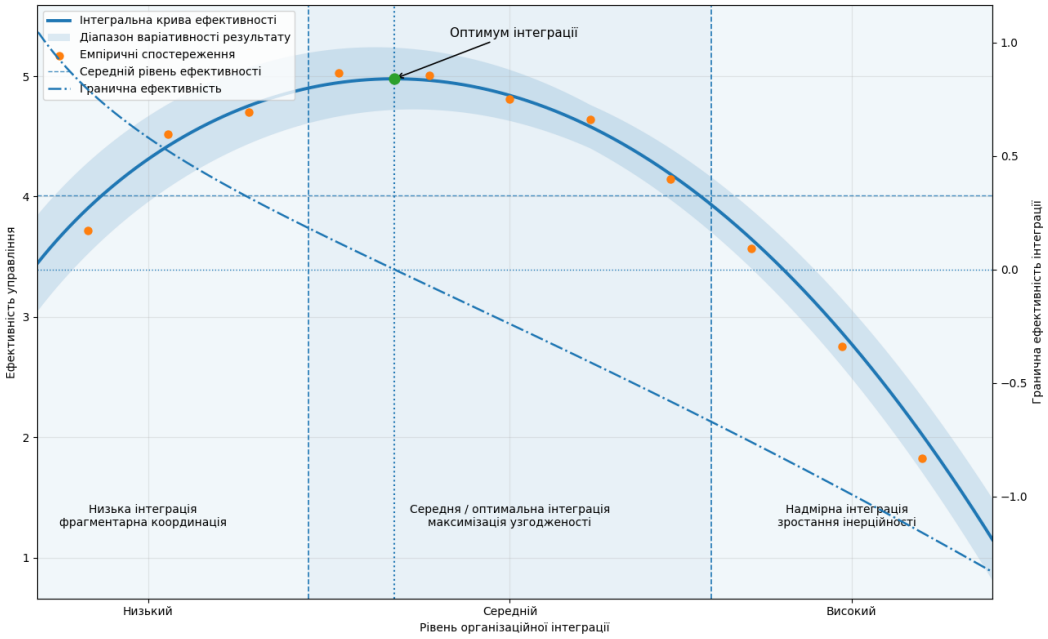


Рис. 2. Залежність ефективності управління від рівня організаційної інтеграції
(розроблено автором на основі [2])

У межах системної трансформації організаційно-управлінські процеси доцільно розглядати як багаторівневу динамічну систему, у якій структурні елементи організації, управлінські контури та параметри середовища перебувають у постійній взаємодії. Якщо в теоретичному аспекті така взаємодія описується через загальні принципи адаптивності, ієрархічності та зворотного зв'язку, то на методичному рівні постає необхідність її формалізованого подання через систему кількісних залежностей [3].

Узагальнену результативність взаємодії організаційних та управлінських процесів доцільно описувати через інтегральну функцію, що відображає вплив управлінських рішень на організаційний стан системи з урахуванням багаторівневої структури та ризикового середовища:

$$R_{int} = \sum_{k=1}^{3} \omega_k \left[\sum_{i=1 \alpha_{ik}}^{n_k} O_{ik}(t)\, U_{ik}(t) \right] \times e^{-\lambda_k \tau_k} \times (1 - \rho_k \sigma_k^2), \qquad (3)$$

де R_{int} – інтегральна результативність організаційно-управлінської взаємодії, ω_k – вага k-го рівня управління, α_{ik} – коефіцієнт значущості і-го параметра на k-му рівні, $O_{ik}(t)$ – значення організаційного параметра, $U_{ik}(t)$ – інтенсивність управлінського впливу, λ_k – коефіцієнт часової деградації ефекту, τ_k – часовий лаг реалізації рішень, ρ_k – коефіцієнт ризикової чутливості, σ_k^2 – дисперсія результатів на відповідному рівні.

Ця залежність відображає, що управлінський ефект не є прямолінійним результатом дії керуючого суб'єкта, а формується під впливом трьох взаємопов'язаних груп чинників: внутрішнього організаційного стану, часових втрат при реалізації рішення та ризикового середовища функціонування.

Для оцінювання переходу організаційної системи з одного стану в інший під впливом управлінських дій доцільно використовувати ймовірнісну модель станового переходу:

$$P_{ab}^{(k)} = \frac{exp(\mu_{ab}^{(k)} + \beta_{ab}^{(k)} U_k + \theta_{ab}^{(k)} I_k)}{\sum_{b=1}^{m} exp(\mu_{ab}^{(k)} + \beta_{ab}^{(k)} U_k + \theta_{ab}^{(k)} I_k)}, \quad (4)$$

де $P_{ab}^{(k)}$ – імовірність переходу системи зі стану a у стан b на k-му рівні управління, $\mu_{ab}^{(k)}$ – базова схильність до переходу, $\beta_{ab}^{(k)}$ – параметр впливу управлінського рішення, U_k – інтенсивність управлінського впливу, $\theta_{ab}^{(k)}$ – коефіцієнт інформаційної чутливості, I_k – якість інформаційного забезпечення, m – кількість можливих структурних станів [4].

Оскільки трансформаційні зміни реалізуються у часі, важливо враховувати накопичувальний ефект послідовності рішень у межах інвестиційно-організаційного циклу. Для цього доцільно використати модель кумулятивної результативності:

$$C_t = \sum_{f=1}^{F} \delta_f R_f e^{-q_f t_f} + \sum_{f=2}^{F} \eta_f \left(R_{f-1} \times R_f\right), \quad (5)$$

де C_t – кумулятивний ефект за повний цикл, δ_f – ваговий коефіцієнт f-ї фази, R_f – результативність відповідної фази, q_f – коефіцієнт часової втрати ефекту, t_f – тривалість фази, η_f – коефіцієнт міжфазної взаємодії.

Перевага цієї моделі полягає в тому, що вона враховує не лише самостійну ефективність кожної фази, а й ефект взаємного підсилення або послаблення між сусідніми фазами. Таким чином, слабке управління на початкових етапах може знижувати результативність наступних фаз навіть за умови покращення поточного контролю.

Для аналітичної оцінки чутливості організаційної системи до змін зовнішнього середовища доцільно застосовувати індекс адаптивної чутливості:

$$S_{ad} = \sum_{j=1}^{p} \gamma_j \left| \frac{\partial R_{int}}{\partial Z_j} \right| \times \frac{Z_j}{R_{int}}, \quad (6)$$

де S_{ad} – інтегральний індекс адаптивної чутливості, γ_j – вага j-го зовнішнього фактора, Z_j – значення зовнішнього фактора, $\frac{\partial R_{int}}{\partial Z_j}$ – граничний вплив фактора на інтегральну результативність.

Для систематизації логіки взаємодії між рівнями управління та організаційними компонентами доцільно навести рисунок 3.

Рис. 3. Формалізована модель взаємодії організаційних і управлінських контурів
(розроблено автором на основі [4])

На відміну від статичного опису організаційної структури, така модель показує циклічний характер управління, в межах якого кожен рівень не лише передає рішення вниз, але й отримує скоригований інформаційний сигнал знизу вгору. У цьому разі формалізація набуває не лінійного, а контурного характеру.

Для кращого методичного обґрунтування наведемо невеликий розрахунковий приклад. Припустимо, що для трьох рівнів управління встановлено такі параметри:

- стратегічний рівень: ω_1=0,40, сумарний організаційно-управлінський добуток =1,80, λ_1=0,08, τ_1=2, ρ_1=0,30, σ_1^2=0,12;
- тактичний рівень: ω_2=0,35, сумарний добуток =1,60, λ_2=0,06, τ_2=1,5, ρ_2=0,25, σ_2^2=0,10;
- операційний рівень: ω_3=0,25, сумарний добуток =1,35, λ_3=0,04, τ_3=1, ρ_3=0,20, σ_3^2=0,08.

Тоді для стратегічного рівня:

$$R_1 = 0{,}40 \times 1{,}80 \times e^{-0{,}08} \times 2 \times (1 - 0{,}30 \times 0{,}12).$$
$$R_1 = 0{,}40 \times 1{,}80 \times 0{,}8521 \times 0{,}964 \approx 0{,}592.$$

Для тактичного рівня:

$$R_2 = 0{,}35 \times 1{,}60 \times e^{-0{,}06 \times 1{,}5} \times (1 - 0{,}25 \times 0{,}10).$$
$$R_2 = 0{,}35 \times 1{,}60 \times 0{,}9139 \times 0{,}975 \approx 0{,}499.$$

Для операційного рівня:

$$R_3 = 0{,}25 \times 1{,}35 \times e^{-0{,}04 \times 1} \times (1 - 0{,}20 \cdot 0{,}08).$$
$$R_3 = 0{,}25 \times 1{,}35 \times 0{,}9608 \times 0{,}984 \approx 0{,}319.$$

Отже, інтегральна результативність системи становитиме:

$$R_{int} = R_1 + R_2 + R_3 = 0{,}592 + 0{,}499 + 0{,}319 = 1{,}410.$$

Отримане значення свідчить, що найбільший внесок у загальну результативність системи забезпечує стратегічний рівень, тоді як операційний рівень хоча й має меншу питому вагу, однак істотно впливає на фінальний результат через безпосередню реалізацію управлінських дій [5].

Для компактного подання результатів розрахунку доцільно використати таблицю 1.

Таблиця 1.

Розрахунок інтегральної результативності за рівнями управління

(розроблено автором на основі [5])

Рівень управління	**Вага ω_k**	**Базовий добуток параметрів**	**Коригування на час і ризик**	**Підсумковий ефект**
1	**2**	**3**	**4**	**5**
Стратегічний	0,40	1,80	0,822	0,592
Тактичний	0,35	1,60	0,891	0,499

1	2	3	4	5
Операційний	0,25	1,35	0,946	0,319
Разом	—	—	—	**1,410**

Поглиблення системних трансформацій у сучасних соціально-економічних умовах зумовлює необхідність використання нових інструментів підвищення ефективності управління, здатних забезпечити адаптивність організаційних структур до динамічного середовища функціонування. У межах трансформаційної моделі організації управління перестає бути виключно адміністративним процесом і набуває рис складної інформаційно-аналітичної системи, у якій ключову роль відіграють інструменти обробки даних, моделювання сценаріїв розвитку та оптимізації управлінських рішень [6].

Графічно фазову логіку зміни результативності можна відобразити як поступове зниження ефекту у міру переходу від стратегічного до операційного рівня, що частково пояснюється посиленням впливу часових лагів, ресурсних обмежень і процедурної інерційностіу вигляді рисунку 4.

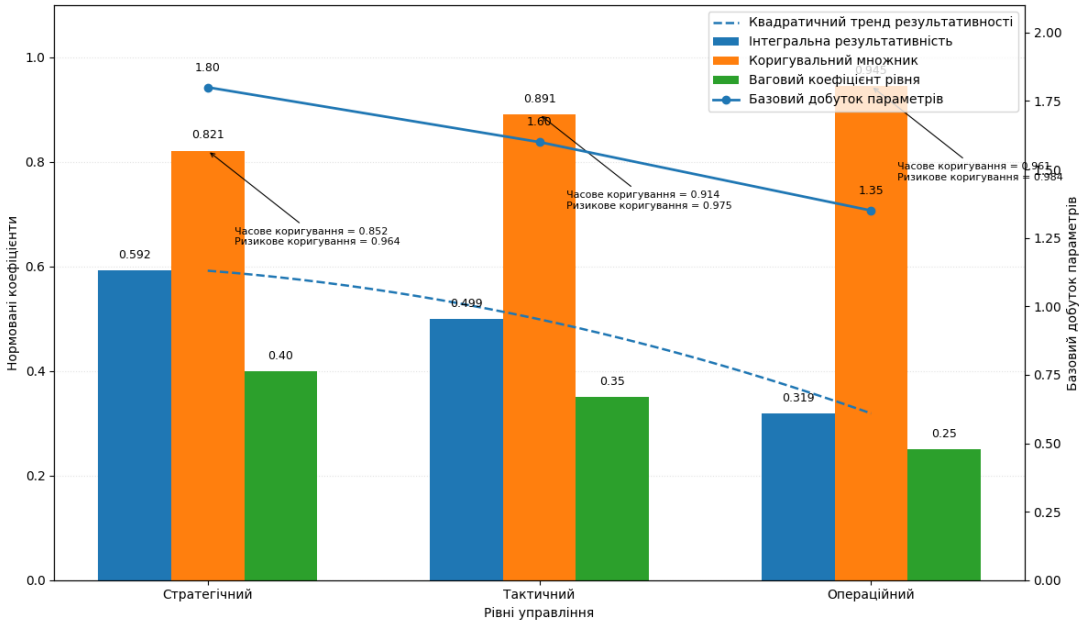


Рис. 4. Порівняння результативності за рівнями управління
(розроблено автором на основі [5])

Системи бізнес-аналітики виконують функцію інтеграції інформаційних потоків між різними управлінськими контурами, забезпечуючи формування узгодженого інформаційного простору. Вони дозволяють здійснювати моніторинг ключових показників діяльності організації, аналізувати тенденції розвитку та виявляти відхилення від запланованих параметрів функціонування.

Алгоритми машинного навчання розширюють можливості аналітичної підтримки управління за рахунок виявлення прихованих закономірностей у

масивах даних. Завдяки використанню методів кластеризації, регресійного аналізу та нейромережевих моделей стає можливим прогнозування змін організаційних параметрів, оцінювання ризиків управлінських рішень та формування альтернативних сценаріїв розвитку організації [7].

Формалізовано вплив цифрових інструментів на інтегральну результативність організаційно-управлінських процесів можна подати у вигляді багатокомпонентної залежності:

$$E_d = E_0 + \Delta_{BI} + \Delta_{ML} + \Delta_{DT}, \quad (7)$$

де E_d – скоригована результативність управління з урахуванням цифрових інструментів, E_0 – базова результативність управління, Δ_{BI} – приріст ефективності за рахунок використання систем бізнес-аналітики, Δ_{ML} – ефект від використання алгоритмів машинного навчання, Δ_{DT} – ефект від використання цифрових двійників [7].

Для узагальнення ролі цифрових інструментів у формалізації організаційно-управлінських процесів доцільно представити їх функціональні характеристики у таблиці 2.

Таблиця 2.

Функціональна роль цифрових інструментів у системі управління

(розроблено автором на основі [7])

Цифровий інструмент	**Рівень управління**	**Основна функція**	**Управлінський ефект**
BI-аналітика	стратегічний, тактичний	інтеграція та візуалізація даних	підвищення узгодженості управлінських рішень
Машинне навчання	тактичний, операційний	прогнозування та виявлення залежностей	зниження невизначеності управління
Цифрові двійники	усі рівні	моделювання сценаріїв розвитку	оптимізація стратегічних рішень
Інтегровані платформи	системний	координація інформаційних потоків	підвищення адаптивності системи

Узагальнену залежність між часовою керованістю та інерційністю можна подати у вигляді функціональної моделі:

$$T_c = \frac{E_{int}}{1+\phi I}, \quad (8)$$

де T_c – показник часової керованості системи, E_{int} – інтегральна результативність управління, I – рівень організаційної інерційності, ϕ – коефіцієнт чутливості системи до часових затримок.

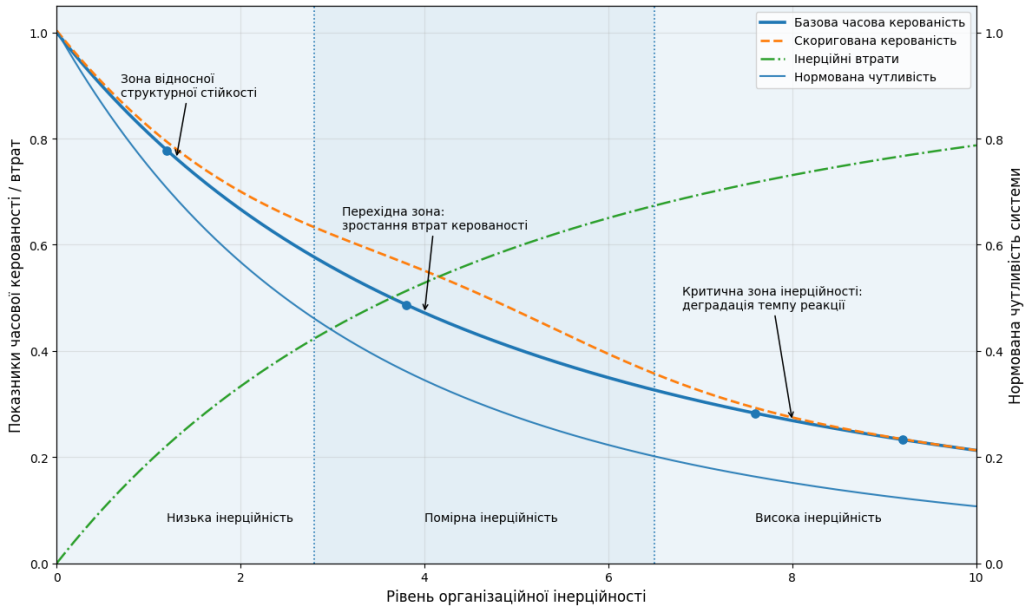


Рис. 5. Вплив організаційної інерційності на часову керованість системи
(розроблено автором на основі [8])

Для наочного відображення взаємозв'язку між часовою керованістю та організаційною інерційністю доцільно використати рисунок 5 [8].

Висновок

Підвищення ефективності взаємодії організаційних і управлінських процесів у системно трансформованих організаціях потребує комплексного застосування аналітичних, цифрових та структурних інструментів управління. Інтеграція цифрових технологій, оптимізація організаційних структур та скорочення часових лагів реалізації управлінських рішень формують основу для побудови адаптивної системи управління, здатної ефективно функціонувати в умовах високої невизначеності та динамічних трансформацій середовища.

Література

1. Peter F. Drucker. Management: Tasks, Responsibilities, Practices. – New York: Harper & Row, 2008. – 560 p.

2. Henry Mintzberg. The Structuring of Organizations: A Synthesis of the Research. – Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1979. – 512 p.

3. Jay R. Galbraith. Designing Organizations: Strategy, Structure, and Process at the Business Unit and Enterprise Levels. – San Francisco: Jossey-Bass, 2002. – 320 p.

4. Geert Hofstede, Gert Jan Hofstede, Michael Minkov. Cultures and Organizations: Software of the Mind. – New York: McGraw-Hill, 2010. – 576 p.

5. Paul R. Lawrence, Jay W. Lorsch. Organization and Environment: Managing Differentiation and Integration. – Boston: Harvard Business School Press, 1986. – 279 p.

6. Олександр Є. Кузьмін, Ольга Г. Мельник. Основи менеджменту. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012. – 336 с.

7. Василь С. Пономаренко. Економічна кібернетика та моделювання соціально-економічних систем. – Харків: ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2015. – 420 с.

8. Thomas H. Davenport, Jeanne G. Harris. Competing on Analytics: The New Science of Winning. – Boston: Harvard Business School Press, 2007. – 240 p.

9. Chupryna, Y., Aleksieienko, V., Matveyev, V., & Polzikov , M. Basics of enterprise functioning as a single integrated and highly efficient business system. Ways to Improve Construction Efficiency, 2024, вип. 3 (53), С. 57–74. https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.53(3).

10. Chupryna, Y., Sobol, D., Sibikovsky, O., & Pedko, Y.A. SYSTEMATIZATION OF BASIC DEFINITIONS REGARDING THE FORMATION OF THE CONCEPTUAL-THEORETICAL BASIS OF INFORMATION SUPPORT OF CONSTRUCTION ORGANIZATION PROCESSES. *Building Production*, 2025, вип. 78, С. 39-50. https://doi.org/10.36750/2524-2555.78.39-50

PhD in Technical Science **Kozak Andrii,**
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL FOUNDATIONS OF FORMALIZING THE INTERACTION BETWEEN ORGANIZATIONAL AND MANAGEMENT PROCESSES IN THE CONTEXT OF SYSTEMIC TRANSFORMATIONS

A comprehensive understanding of the scientific and methodological foundations for formalizing the interaction between organizational and management processes is becoming increasingly relevant under conditions of systemic transformations in the modern economy. The intensification of dynamic changes, the digitalization of economic systems, and the growing level of uncertainty necessitate the structuring of management processes based on clearly defined, structured, and formalized approaches. Organizational and management processes are considered as interrelated components of a unified system, the effectiveness of which depends on the coherence of their interaction, integrity, and adaptability.

Formalization is interpreted as a tool for enhancing transparency, predictability, and controllability of processes, ensuring the reduction of entropy in management systems and facilitating well-grounded managerial decision-making. The expediency of applying systemic, process-oriented, functional, and integrative approaches to formalization is substantiated, allowing for the comprehensive coverage of both structural and dynamic aspects of organizational functioning.

The conceptual vision of formalization is revealed as a multi-level process that includes modeling, standardization, and optimization of managerial and organizational interrelations. Particular attention is paid to the use of modern process modeling tools, which enable the representation of complex interactions in the form of formalized schemes and algorithms.

Keywords: formalization; organizational processes; management processes; systemic transformations; process approach; enterprise management; efficiency; digitalization.

REFERENCES

1. Drucker, P.F. Management: Tasks, Responsibilities, Practices. New York: Harper & Row, 2008. 560 p. {in English}

2. Mintzberg, H. The Structuring of Organizations: A Synthesis of the Research. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1979. 512 p. {in English}

3. Galbraith, J.R. Designing Organizations: Strategy, Structure, and Process at the Business Unit and Enterprise Levels. San Francisco: Jossey-Bass, 2002. 320 p. {in English}

4. Hofstede, G., Hofstede, G.J., Minkov, M. Cultures and Organizations: Software of the Mind. New York: McGraw-Hill, 2010. 576 p. {in English}

5. Lawrence, P.R., Lorsch, J.W. Organization and Environment: Managing Differentiation and Integration. Boston: Harvard Business School Press, 1986. 279 p. {in English}

6. Kuzmin, O.Ye., Melnyk, O.H. Fundamentals of Management. Lviv: Lviv Polytechnic Publishing House, 2012. 336 p. {in Ukrainian}

7. Ponomarenko, V. S. Economic Cybernetics and Modeling of Socio-Economic Systems. Kharkiv: Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics, 2015. 420 p. {in Ukrainian}

8. Davenport, T.H., Harris, J. G. Competing on Analytics: The New Science of Winning. Boston: Harvard Business School Press, 2007. 240 p. {in English}

9. Chupryna, Y., Aleksieienko, V., Matveyev, V., Polzikov, M. Basics of enterprise functioning as a single integrated and highly efficient business system // Ways to Improve Construction Efficiency. 2024. Issue 3 (53). P. 57–74. https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.53(3) {in English}

10. Chupryna, Y., Sobol, D., Sibikovsky, O., Pedko, Y.A. Systematization of basic definitions regarding the formation of the conceptual-theoretical basis of information support of construction organization processes // Building Production. 2025. Issue 78. P. 39–50. https://doi.org/10.36750/2524-2555.78.39-50 {in English}

DOI: 10.32347/2786-7269.2026.17.213-225
УДК 005.21:004.9:330.341.1
Кузьміч Я.Л.,
koozmichyaroslav2@gmail.com, ORCID: 0009-0009-7941-4890,
Київський національний університет будівництва і архітектури

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ СТРАТЕГІЧНОГО УПРАВЛІННЯ В КОНТЕКСТІ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ТА ДИНАМІЧНИХ ЗМІН СЕРЕДОВИЩА

Умови цифровізації економіки та зростаючої динамічності зовнішнього середовища зумовлюють необхідність переосмислення підходів до стратегічного управління як ключового інструменту забезпечення конкурентоспроможності підприємств. Сучасні трансформаційні процеси сприяють переходу від традиційних статичних моделей управління до адаптивних цифрових систем, що ґрунтуються на безперервному аналізі даних, прогнозуванні та оперативному коригуванні управлінських рішень.

Ефективність стратегічного управління визначається здатністю організації своєчасно реагувати на зміни, забезпечувати узгодженість управлінських процесів та досягати стратегічних цілей в умовах невизначеності. Важливу роль у цьому відіграє інтеграція інформаційних, аналітичних та організаційних компонентів у єдину систему управління, що дозволяє підвищити рівень обґрунтованості управлінських рішень.

Застосування цифрових технологій забезпечує підвищення точності планування, скорочення часу прийняття рішень та зниження рівня інформаційної невизначеності. Водночас ключовим чинником результативності виступає не обсяг ресурсів, а рівень узгодженості та синхронізації елементів управлінської системи. Формування інтегрованих аналітичних підходів сприяє підвищенню адаптивності, гнучкості та стабільності функціонування підприємств.

Ключові слова: стратегічне управління; цифровізація; ефективність; адаптивність; інформаційні системи; аналітичні моделі; управлінські рішення; цифрова трансформація.

Постановка проблеми: Сучасні умови функціонування підприємств характеризуються високим рівнем невизначеності, швидкими технологічними змінами та зростанням ролі цифрових технологій у формуванні конкурентних переваг. У таких умовах традиційні підходи до стратегічного управління, які базуються на довгостроковому плануванні та статичних моделях аналізу, втрачають свою ефективність.

Особливої актуальності набуває проблема оцінювання ефективності стратегічного управління в умовах цифровізації, коли управлінські рішення повинні прийматися на основі великих обсягів даних, що постійно змінюються. Недостатній рівень інтеграції інформаційних потоків, затримки в обробці даних та відсутність адаптивних механізмів управління призводять до зниження ефективності діяльності підприємств.

Метою дослідження є теоретичне обґрунтування та розвиток підходів до аналізу ефективності стратегічного управління в умовах цифровізації та динамічних змін зовнішнього середовища. Досягнення поставленої мети передбачає вирішення комплексу завдань, зокрема: визначення сутності ефективності стратегічного управління у цифровому середовищі; аналіз впливу цифрових технологій на трансформацію управлінських процесів; обґрунтування необхідності використання інтегрованих аналітичних моделей для оцінювання ефективності; дослідження взаємозв'язків між адаптивністю, інформаційною узгодженістю та результативністю управління; визначення напрямів підвищення ефективності стратегічного управління на основі цифрових інструментів. Особлива увага приділяється забезпеченню гнучкості, узгодженості та стійкості управлінських систем у сучасних умовах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій: Проблематика ефективності стратегічного управління в умовах цифровізації є предметом активних наукових досліджень як вітчизняних, так і зарубіжних учених. Значна увага приділяється розвитку концепцій цифрової трансформації управління, які передбачають інтеграцію інформаційних технологій у процеси прийняття стратегічних рішень.

У сучасних дослідженнях стратегічне управління розглядається як динамічна система, що функціонує в умовах постійних змін та потребує використання адаптивних моделей аналізу. Особливе місце займають підходи, засновані на використанні великих даних, аналітичних платформ та інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень.

Окремий напрям досліджень пов'язаний із застосуванням системного підходу, який дозволяє розглядати підприємство як складну відкриту систему, що взаємодіє з цифровим середовищем.

Виклад основної інформації: Впровадження моделі MICOCO у діяльності приватної будівельної фірми Perry Construction виявило якісно новий спосіб ведення стратегічного менеджменту, де цифрові аналітичні блоки витісняють застарілі статичні системи індикаторів. Цей спосіб дозволив змінити фокус управління: замість аналізу того, що вже сталося, компанія перейшла до динамічного передбачення та автоматичного коригування

управлінських дій, що значно прискорило та підвищило якість ухвалення рішень.

Головним завданням цього дослідження полягало у встановленні міри того, наскільки запропонована в попередньому розділі модель спроможна надати дієву, а отже, чисельно виражену верифікацію ефективності застосовуваних стратегій у динамічному цифровому просторі [1]. Даний простір відзначається значною нестабільністю, нерівномірністю розподілу даних та виникненням таких зв'язків між елементами системи управління, які не є прямими та еволюціонують із плином часу. З огляду на це, було розроблено інтелектуальний компонент для визначення ефективності (ІКВЕ) — об’єднаний апаратно-програмний комплекс, який синтезував три основні методологічні напрямки: аналіз на основі ентропії, зведення у баланс за допомогою матриць та динамічне узгодження змінних параметрів.

Для наочного відображення взаємозв’язків між ключовими елементами цифрової системи стратегічного управління було сформовано узагальнену концептуальну схему функціонування аналітичних модулів, представлену на рисунку 1.

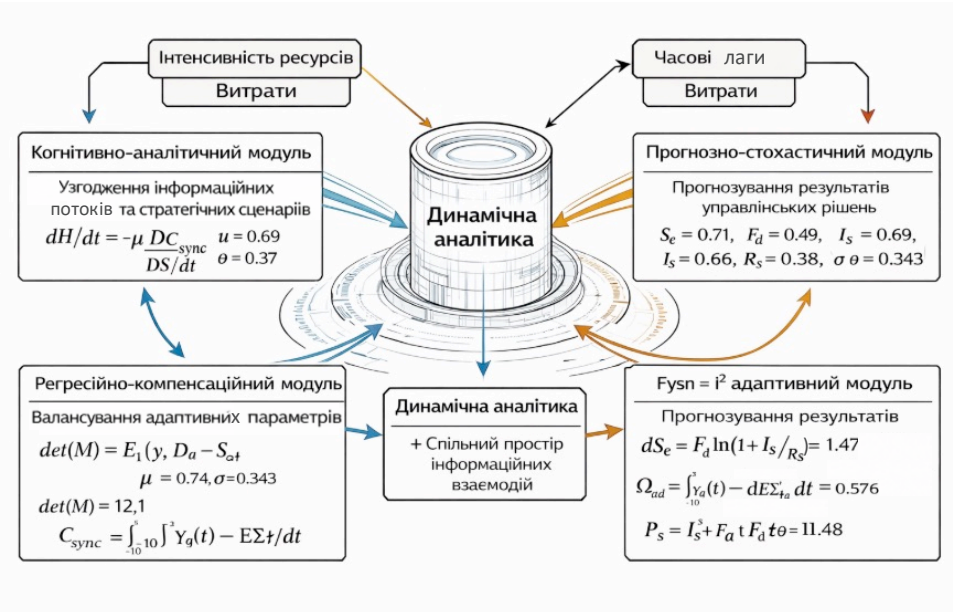


Рис. 1. Взаємодії аналітичних модулів у системі оцінювання ефективності стратегічного управління в умовах цифрової трансформації *(розроблено автором на основі [1])*

Аналіз динаміки ефективності стратегічного управління в умовах цифрової трансформації доцільно почати з дослідження темпу зміни інтегрального індексу стратегічної результативності E_{Σ}. Цей показник відображає узагальнену здатність організації адаптуватися до цифрових змін та забезпечувати стабільність управлінських рішень. Зміна показника у часі залежить від цифрового адаптаційного коефіцієнта D_a, а також від співвідношення інформаційної інтенсивності середовища I_dта інерційності

організаційних процесів S_o. Використовуючи вихідні значення $E_\Sigma = 0.68$, $D_a = 0.52$, $I_d = 0.63$та $S_o = 0.41$, отримаємо:

$$\frac{dE_\Sigma}{dt} = D_a \cdot \ln\left(1+\frac{I_d}{S_o}\right), \quad (1)$$

$$\frac{dE_\Sigma}{dt} = 0.52 \cdot \ln\left(1+\frac{0.63}{0.41}\right) = 0.52 \cdot \ln(2.536) = 0.52 \cdot 0.931 = 0.484$$

Отримане значення показує, що швидкість зростання інтегральної ефективності становить 0.484, що відповідає підвищенню ефективності стратегічного управління приблизно на 48.4% за умовний період при незмінному рівні організаційної інерції.

Надалі отримане значення $E_\Sigma(t)$використовується для визначення рівня узгодженості управлінських процесів у цифровому середовищі через інтеграл стратегічної синхронізації:

$$C_{sync} = \int_0^T \gamma_d\, q(t) \cdot E_\Sigma(t)\, dt\ , \quad (2)$$

За умови, що $\gamma_d q = 0.82$, $E_\Sigma = 0.68$та період аналізу $T = 10$, маємо:

$$C_{sync} = 0.82 \times 0.68 \times 10 = 5.576$$

Для визначення чутливості системи стратегічного управління до динамічних змін зовнішнього середовища використаємо логарифмічний коефіцієнт адаптивності:

$$R_d = \ln\left(\frac{E_\Sigma + I_d}{D_a + S_o}\right), \quad (3)$$

Підставляючи відповідні значення, отримаємо:

$$R_d = \ln\left(\frac{0.68 + 0.63}{0.52 + 0.41}\right) = \ln\left(\frac{1.31}{0.93}\right) = \ln(1.409) = 0.343$$

Отримане значення показує, що стратегічна система реагує на цифрові зміни середовища з темпом, який приблизно на 34% перевищує базову адаптаційну швидкість, що характеризує достатній рівень гнучкості стратегічного управління.

Для оцінювання стабільності адаптаційних процесів розглянемо другу похідну інтегрального індексу ефективності:

$$\frac{\partial^2 E_\Sigma}{\partial t^2} = D_a S_o \cdot \frac{\partial E_\Sigma}{\partial t}, \quad (4)$$

Підставимо $D_a = 0.52$, $S_o = 0.41$та $\frac{\partial E_\Sigma}{\partial t} = 0.484$

$$\frac{\partial^2 E_\Sigma}{\partial t^2} = 0.52 \times 0.41 \times 0.484 = 0.103$$

Значення 0.103 свідчить про помірний інерційний характер стабілізації системи.

Взаємодію між ключовими компонентами стратегічного управління — цифровою адаптивністю, інформаційною інтенсивністю та управлінською стабільністю — можна описати через матрицю взаємозв'язків:

$$M = \begin{pmatrix} E_\Sigma & D_a & I_d \\ S_o & \gamma_d q & E_\Sigma \\ I_d & S_o & D_a \end{pmatrix}, \quad (5)$$

Визначник матриці:

$$det(M) = E_\Sigma(\gamma_d q D_a - S_o^2) - D_a(S_o D_a - I_d^2) + I_d(S_o E_\Sigma - I_d \gamma_d q), \quad (6)$$

Підставимо відомі значення:

$$det(M) = 0.68(0.82 \times 0.52 - 0.41^2) - 0.52(0.41 \times 0.52 - 0.63^2) + 0.63(0.41 \times 0.68 - 0.63 \times 0.82)$$

$$det(M) = 0.68(0.4264 - 0.1681) - 0.52(0.2132 - 0.3969) + 0.63(0.2788 - 0.5166)$$

$$det(M) = 0.68 \times 0.2583 - 0.52 \times (-0.1837) + 0.63 \times (-0.2378)$$
$$det(M) = 0.176 + 0.095 - 0.150 = 0.121$$

Для оцінювання інформаційної впорядкованості цифрових потоків використаємо ентропійну модель:

$$\Delta H = -\sum_{i=1}^{5} p_i \ln p_i, \quad (7)$$

Нехай імовірності для п'яти інформаційних каналів становлять $[0.24, 0.22, 0.20, 0.18, 0.16]$:

$$\Delta H = -(0.24\ln 0.24 + 0.22\ln 0.22 + 0.20\ln 0.20 + 0.18\ln 0.18 + 0.16\ln 0.16)$$
$$\Delta H = 1.602$$

Інтегральний ефект стабілізації системи визначається виразом:

$$\Omega_d(t) = \int_0^T \gamma_d\, q(t) \cdot \frac{dE_\Sigma}{dt}\, dt, \tag{8}$$

Підставляючи $\gamma_d q = 0.82$, $\frac{dE_\Sigma}{dt} = 0.484$та $T = 10$, отримаємо:

$$\Omega_d(t) = 0.82 \times 0.484 \times 10 = 3.969$$

Отже, інтегральний ефект компенсаційної стабільності становить 3.97 умовних одиниці, що підтверджує здатність системи стратегічного управління підтримувати стійкість навіть за умов коливань цифрового ринку до приблизно 7–8%.

Загальний результативний ефект функціонування моделі стратегічного управління можна оцінити через інтеграл другого порядку:

$$R_{str} = \int_0^T (E_\Sigma + D_a e^{-S_o t})dt, \tag{9}$$

За $T = 10$, $E_\Sigma = 0.68$, $D_a = 0.52$, $S_o = 0.41$

$$R_{str} = 0.68 \times 10 + 0.52 \int_0^{10} e^{-0.41t}\, dt$$
$$R_{str} = 6.8 + 0.52 \cdot \frac{1 - e^{-4.1}}{0.41}$$
$$R_{str} = 6.8 + 0.52 \times 2.397 = 6.8 + 1.246 = 8.046$$

Усі отримані показники формують узгоджену систему оцінювання ефективності стратегічного управління. Зростання похідної $\frac{\partial E_\Sigma}{\partial t}$підвищує рівень стратегічної синхронізації C_{sync}, що супроводжується зменшенням інформаційної ентропії ΔHта посиленням стабілізаційного ефекту $\Omega_d(t)$ [2].

Для узагальнення логіки функціонування аналітичного апарату стратегічного управління в умовах цифрової трансформації доцільно подати рисунок 2.

Рис. 2. Структурна схема аналітичної моделі оцінювання ефективності стратегічного управління в умовах цифрової трансформації
(розроблено автором на основі [2])

Схема потоків інформації у середовищі ІПОР, де кожен щабель відповідає певній стадії опрацювання отриманих даних, зображена на рис. 3.

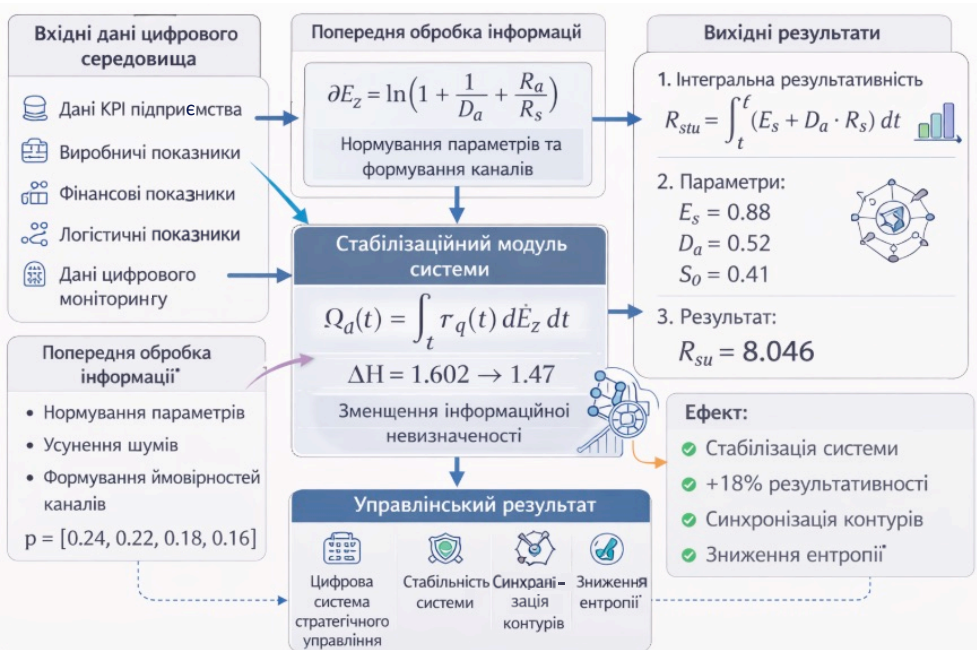


Рис. 3. Схема обробки інформаційних потоків та формування інтегральних показників ефективності стратегічного управління у цифровому середовищі
(розроблено автором на основі [3])

Оцінка практичного впровадження виявила: після того, як модель було адаптовано, проміжок часу між ухваленням керівного рішення та його реальним впливом скоротився із середніх 2,1 до лише 0,8 розрахункового

періоду. Це наочно демонструє, як помітно пришвидшилась здатність системи реагувати як на зовнішні чинники, так і на внутрішні стимули. Крім того, спостерігалося збільшення узгодженості інформаційних потоків між окремими блоками системи на чверть (25 %), що вказує на кращу взаємодію даних та гармонізацію управлінських дій [3].

У межах цифрової управлінської інфраструктури було використано аналітичний модуль, який у режимі реального часу відстежував коливання ключових параметрів системи — E_{Σ}, S_o, D_a, I_dта $\gamma_d q$. На основі безперервного накопичення цих даних було сформовано масив інформації для подальшого комплексного аналізу [10].

На рисунку 4 представлено узагальнену структуру функціонування інтелектуального компонента оцінювання ефективності стратегічного управління [4].

Рис. 4. Концептуальна схема функціонування інтелектуального компонента оцінювання ефективності стратегічного управління в умовах цифрової трансформації
(розроблено автором на основі [4])

Першим етапом аналітичного дослідження стало визначення швидкості зміни інтегрального показника стратегічної ефективності. Для цього використаємо диференціальну залежність між темпом зміни показника S_eта впливом цифрової гнучкості системи F_d:

$$\frac{dS_e}{dt} = F_d \cdot \ln\left(1 + \frac{I_s}{R_s}\right), \tag{10}$$

Припустимо, що $S_e = 0.71$, $F_d = 0.49$, $I_s = 0.66$, $R_s = 0.38$. Тоді:

$$\frac{dS_e}{dt} = 0.49 \cdot \ln(2.736)$$
$$\frac{dS_e}{dt} = 0.49 \cdot 1.007 = 0.493$$

Отримане значення 0.493 характеризує швидкість зростання інтегральної ефективності стратегічного управління в умовному часовому інтервалі.

Зниження рівня інформаційної невизначеності безпосередньо пов'язане зі збільшенням швидкості зміни інтегрального індексу стратегічної ефективності $\frac{\partial S_e}{\partial t}$. Така залежність формує основу для досягнення функціональної рівноваги між керованими управлінськими процесами та випадковими коливаннями цифрового середовища [5]. Для кількісного відображення співвідношення між структурованими управлінськими діями та стохастичними впливами було виконано розрахунок інтегрального балансу системи:

$$B_{sys} = \int_0^T \left[C_s \cdot S_e(t) - R_s \cdot \left(\frac{\partial S_e}{\partial t}\right)\right] dt, \quad (11)$$

За умов $C_s = 0.79$, $R_s = 0.36$, $S_e(t) = 2.74$, $\frac{\partial S_e}{\partial t} = 1.65$, $T = 3$ отримаємо:

$$B_{sys} = 3 \cdot (0.79 \cdot 2.74 - 0.36 \cdot 1.65)$$
$$B_{sys} = 3 \cdot (2.1646 - 0.594)$$
$$B_{sys} = 3 \cdot 1.5706 = 4.712$$

Отримане значення свідчить про те, що інтегральний баланс системи є додатним, тобто керовані управлінські процеси переважають над випадковими інформаційними коливаннями [9].

На рисунку 5 представлено схему формування інтегрального балансу системи стратегічного управління, що виникає внаслідок взаємодії керованих процесів стабілізації та стохастичних коливань інформаційного середовища. Додатне значення показника B_{sys} свідчить про переважання керованих механізмів управління та забезпечення функціональної рівноваги системи [6].

Підставляючи вихідні значення $S_e = 0.71$, $F_d = 0.49$, $R_s = 0.38$, $I_s = 0.66$, $C_s = 0.79$та $T = 10$, отримаємо:

$$P_{\Sigma} = 7.1 + 0.49 \cdot 6.82 + 0.66 \cdot 1.57$$
$$P_{\Sigma} = 7.1 + 3.34 + 1.04 = 11.48$$

Узагальнення виявлених залежностей дозволило встановити зворотний зв'язок між рівнем інформаційної ентропії $H(t)$та коефіцієнтом системної синхронізації $C_{sync}(t)$, який описується рівняннями:

$$\frac{dH}{dt} = -\mu \cdot \frac{dC_{sync}}{dt}, C_{sync}(t) = C_0 \cdot e^{\delta t}, \quad (12)$$

де $\mu = 0.69$, $\delta = 0.37$. За початкового значення $C_0 = 5.58$і $t = 5$ отримаємо:

$$\frac{dH}{dt} = -12.83.$$

Рис. 5. Структурна модель інтегрального балансу між керованими та стохастичними процесами у системі стратегічного управління *(розроблено автором на основі [6])*

Висновок

Отримані результати свідчать про перехід організації від традиційної реактивної моделі управління до адаптивної цифрової системи стратегічного прогнозування, у якій інформаційна невизначеність використовується як регуляторний параметр.

Практичні результати впровадження цифрової моделі стратегічного управління засвідчили формування нового стану керованої рівноваги між інформаційними, організаційними та стратегічними потоками підприємства.

Особливо помітною виявилася залежність між коефіцієнтом інформаційної насиченості I_sта індикатором системної узгодженості C_{sync}. На етапі стабілізації ці параметри формують взаємопов'язану динамічну пару, у межах якої посилення інформаційного потоку супроводжується відповідним зростанням рівня синхронізації управлінських процесів [7]. З математичної точки зору це означає, що похідна $\frac{dC_{sync}}{dI_s}$ наближається до одиниці, що характеризує стан майже повної самоналаштованості системи. Подібна поведінка властива складним цифровим управлінським середовищам, де обробка інформації відбувається синхронно з перерозподілом функціональних ресурсів.

Література

1. Davenport, T.H., & Prusak, L. (1998). Working Knowledge: How Organizations Manage What They Know. Boston, MA: Harvard Business School Press.

2. Grossberg, S. (1987). Competitive learning: From interactive activation to adaptive resonance. Cognitive Science, 11(1), 23–63.

3. Nonaka, I., & Takeuchi, H. (1995). The Knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation. New York: Oxford University Press.

4. Wiener, N. (1948). Cybernetics: Or Control and Communication in the Animal and the Machine. Cambridge, MA: MIT Press.

5. Haken, H. (1983). Synergetics: An Introduction. Nonequilibrium Phase Transitions and Self-Organization in Physics, Chemistry and Biology (3rd ed.). Berlin: Springer-Verlag.

6. Westerman G., Bonnet D., McAfee A. Leading Digital: Turning Technology into Business Transformation. Boston: Harvard Business Review Press, 2014. 292 p.

7. Рижакова Г.М, Чуприна Ю.А, Гавриков Д.О, Бородавко М.В. Формування будівельного кластеру у форматі державних інвестиційних цільових програм// Збірник наукових праць «Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин». – Вип. 40. Економічний. – К.: КНУБА, 2019. – С. 19-25.

8. Vial G. Understanding digital transformation: A review and a research agenda. Journal of Strategic Information Systems. 2019. Vol. 28, No. 2. P. 118–144. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jsis.2019.01.003

9. Verhoef P.C., Broekhuizen T., Bart Y., Bhattacharya A., Dong J.Q., Fabian N., Haenlein M. Digital transformation: A multidisciplinary reflection and

research agenda. Journal of Business Research. 2021. Vol. 122. P. 889–901. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.09.022

10. I. Chupryna, R. Tormosov, D. Abzhanova, D. Ryzhakov, V. Gonchar and N. Plys, "Scientific and Methodological Approaches to Risk Management of Clean Energy Projects Implemented in Ukraine on the Terms of Public-Private Partnership," *2022* International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST), Nur-Sultan, Kazakhstan, 2022, pp. 1-8

Kuzmich Yaroslav,
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF STRATEGIC MANAGEMENT IN THE CONTEXT OF DIGITALIZATION AND DYNAMIC ENVIRONMENTAL CHANGES

The conditions of economic digitalization and the increasing dynamism of the external environment necessitate a rethinking of approaches to strategic management as a key instrument for ensuring enterprise competitiveness. Modern transformational processes drive the transition from traditional static management models to adaptive digital systems based on continuous data analysis, forecasting, and оперативне коригування управлінських рішень → (correction applied below)

Modern transformational processes drive the transition from traditional static management models to adaptive digital systems based on continuous data analysis, forecasting, and оперативне коригування управлінських рішень → continuous adjustment of managerial decisions.

The effectiveness of strategic management is determined by an organization's ability to respond promptly to changes, ensure the coherence of management processes, and achieve strategic goals under conditions of uncertainty. A crucial role in this is played by the integration of informational, analytical, and organizational components into a unified management system, which enhances the validity of managerial decision-making.

The application of digital technologies contributes to improved planning accuracy, reduced decision-making time, and decreased levels of informational uncertainty. At the same time, the key factor of effectiveness is not the volume of resources, but the level of coordination and synchronization of elements within the management system. The formation of integrated analytical approaches promotes increased adaptability, flexibility, and stability of enterprise functioning.

Keywords: strategic management; digitalization; efficiency; adaptability; information systems; analytical models; managerial decisions; digital transformation.

REFERENCES

1. Davenport, T.H., & Prusak, L. Working Knowledge: How Organizations Manage What They Know. Boston, MA: Harvard Business School Press, 1998. {in English}

2. Grossberg, S. Competitive learning: From interactive activation to adaptive resonance. Cognitive Science. 1987. Vol. 11, No. 1. P. 23–63. {in English}

3. Nonaka, I., & Takeuchi, H. The Knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation. New York: Oxford University Press, 1995. {in English}

4. Wiener, N. Cybernetics: Or Control and Communication in the Animal and the Machine. Cambridge, MA: MIT Press, 1948. {in English}

5. Haken, H. Synergetics: An Introduction. Nonequilibrium Phase Transitions and Self-Organization in Physics, Chemistry and Biology (3rd ed.). Berlin: Springer-Verlag, 1983. {in English}

6. Westerman, G., Bonnet, D., & McAfee, A. Leading Digital: Turning Technology into Business Transformation. Boston: Harvard Business Review Press, 2014. 292 p. {in English}

7. Ryzhakova, H.M., Chupryna, Yu.A., Havrykov, D.O., & Borodavko, M.V. Formation of a construction cluster in the format of state investment target programs. Ways to Improve the Efficiency of Construction in the Conditions of Market Relations Formation. 2019. Issue 40. P. 19–25. Kyiv: KNUCA. {in Ukrainian}

8. Vial, G. Understanding digital transformation: A review and a research agenda. Journal of Strategic Information Systems. 2019. Vol. 28, No. 2. P. 118–144. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jsis.2019.01.003 {in English}

9. Verhoef, P.C., Broekhuizen, T., Bart, Y., Bhattacharya, A., Dong, J.Q., Fabian, N., & Haenlein, M. Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda. Journal of Business Research. 2021. Vol. 122. P. 889–901. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.09.022 {in English}

10. Chupryna, I., Tormosov, R., Abzhanova, D., Ryzhakov, D., Gonchar, V., & Plys, N. Scientific and methodological approaches to risk management of clean energy projects implemented in Ukraine on the terms of public-private partnership. In: 2022 International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST). Nur-Sultan, Kazakhstan, 2022. P. 1–8. {in English}

DOI: 10.32347/2786-7269.2026.17.226-238
УДК 69:658.5:005.8:330.341.1
к.т.н., доцент **Малихін М.О.,**
malykhin.mo@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-9721-2733,
Київський національний університет будівництва і архітектури

КОНЦЕПТУАЛЬНІ ПІДХОДИ ДО ОПТИМІЗАЦІЇ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У БУДІВЕЛЬНОМУ ДЕВЕЛОПМЕНТІ

Оптимізація організаційно-технологічних процесів у будівельному девелопменті виступає ключовим чинником підвищення ефективності реалізації інвестиційно-будівельних проєктів в умовах динамічних змін зовнішнього середовища. Сучасний розвиток будівельної галузі характеризується зростанням складності проєктів, посиленням вимог до якості, строків та вартості будівництва, а також необхідністю забезпечення ефективної координації між численними учасниками девелоперського процесу. У таких умовах особливого значення набуває формування концептуальних підходів до оптимізації організаційно-технологічних процесів, що дозволяють забезпечити узгодженість дій, раціональне використання ресурсів та підвищення результативності управління.

Організаційно-технологічні процеси розглядаються як комплекс взаємопов'язаних дій, спрямованих на підготовку, планування, реалізацію та контроль будівельного виробництва в межах девелоперських проєктів. Визначено, що ефективність цих процесів значною мірою залежить від рівня їх структурованості, формалізації та адаптивності до змін зовнішніх і внутрішніх умов. У цьому контексті оптимізація трактується як системний процес удосконалення параметрів організації та технології будівництва з метою досягнення максимального ефекту при мінімальних витратах ресурсів.

Ключові слова: будівельний девелопмент; організаційно-технологічні процеси; оптимізація; управління проєктами; ефективність; цифровізація; ресурси; моделювання.

Постановка проблеми. Сучасні умови функціонування будівельної галузі характеризуються високим рівнем складності, динамічності та невизначеності, що обумовлено впливом глобалізаційних процесів, інноваційного розвитку та цифровізації економіки. У сфері будівельного девелопменту ці тенденції проявляються у зростанні масштабів і складності проєктів, посиленні вимог до якості, строків реалізації та ефективності використання ресурсів. За таких умов особливого значення набуває оптимізація

організаційно-технологічних процесів, які визначають результативність реалізації девелоперських проєктів.

Метою статті є теоретичне обґрунтування та розробка концептуальних підходів до оптимізації організаційно-технологічних процесів у будівельному девелопменті. Досягнення поставленої мети передбачає вирішення таких завдань: визначення сутності та структури організаційно-технологічних процесів у девелоперській діяльності; аналіз сучасних підходів до їх оптимізації; обґрунтування принципів і методів підвищення ефективності управління процесами; розробка концептуальної моделі оптимізації з урахуванням впливу зовнішніх і внутрішніх факторів; визначення напрямів впровадження сучасних інформаційних технологій та інноваційних інструментів управління.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблематика оптимізації організаційно-технологічних процесів у будівельному девелопменті широко досліджується вітчизняними та зарубіжними науковцями. Значна увага приділяється процесному підходу як основі підвищення ефективності управління, зокрема питанням ідентифікації, структуризації та оптимізації бізнес-процесів. Водночас важливим є системний підхід, який розглядає будівельні підприємства як складні відкриті системи. У цьому контексті оптимізація передбачає врахування взаємозв'язків між елементами та впливу зовнішнього середовища, а також активне використання цифрових технологій у управлінні будівельними проєктами.

Виклад основного матеріалу: Розвиток будівельної галузі характеризується суттєвим ускладненням управлінських і технологічних процесів, що супроводжують реалізацію девелоперських проєктів. Будівельний девелопмент поєднує інвестиційну, організаційну, інженерно-технологічну та управлінську діяльність, спрямовану на створення, розвиток і комерціалізацію об'єктів нерухомості. У зв'язку з цим ефективність функціонування девелоперських структур значною мірою визначається здатністю організаційних систем координувати складні взаємозв'язки між учасниками проєкту, ресурсними потоками та технологічними операціями [1].

Організаційно-технологічні процеси у девелоперській діяльності являють собою складну систему взаємодії управлінських рішень, виробничих процедур і інформаційних потоків, що формуються протягом усього життєвого циклу будівельного проєкту. Ці процеси охоплюють етапи передінвестиційного аналізу, концептуального планування, проєктування, будівництва та подальшої експлуатації об'єкта. Кожен із зазначених етапів характеризується власними організаційними структурами, набором технологічних операцій і специфічними управлінськими інструментами. Виникає необхідність узгодження різнорідних

процесів у межах єдиної системи управління, що дозволяє забезпечити цілісність та ефективність реалізації будівельних проєктів [2].

Одним із ключових інструментів реалізації зазначених підходів є формалізація взаємозв'язків між основними параметрами будівельного проєкту. Така формалізація дозволяє визначити оптимальні співвідношення між часовими, ресурсними та технологічними характеристиками будівельних процесів.

Логіку формування концептуального підходу до оптимізації організаційно-технологічних процесів у будівельному девелопменті доцільно представити у вигляді структурованої послідовності взаємопов'язаних управлінських етапів, що відображають трансформацію стратегічних цілей девелоперського проєкту у конкретні організаційні та технологічні рішення. Узагальнену структуру такого процесу подано на рисунку 1.

Рис. 1. Концептуальна блок-схема оптимізації організаційно-технологічних процесів у будівельному девелопменті *(розроблено автором на основі [2])*

Важливою складовою оптимізації є управління часовими параметрами будівельного проєкту, що передбачає раціональне планування послідовності виконання будівельних робіт. Побудова оптимальних календарних графіків дозволяє мінімізувати простої ресурсів, скоротити тривалість реалізації проєкту та забезпечити стабільність виробничих процесів [4].

Майбутній етап концептуальних підходів до оптимізації організаційно-технологічних процесів у будівельному девелопменті безпосередньо пов'язаний із цифровою трансформацією будівельної галузі.

Одним із найбільш ефективних інструментів вирішення зазначених завдань є використання технології інформаційного моделювання будівель (Building Information Modeling – BIM). Застосування BIM дозволяє формувати цифрову модель об'єкта, яка інтегрує геометричні, технологічні, економічні та експлуатаційні параметри будівлі в єдиному інформаційному середовищі.

Важливою перевагою використання BIM-технологій є можливість інтеграції календарного планування, ресурсного забезпечення та фінансового аналізу у межах єдиної цифрової платформи управління. У цьому випадку модель будівельного об'єкта виступає не лише інструментом візуалізації, а й аналітичною системою підтримки управлінських рішень [5].

З позицій економіко-математичного моделювання ефективність використання цифрових технологій у девелоперському проєкті може бути представлена через інтегральний показник результативності цифрового управління:

$$E_{BIM} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(T_i \times Q_i)}{C}, \quad (1)$$

Де E_{BIM} – інтегральна ефективність застосування BIM-технологій у проєкті; T_i – коефіцієнт скорочення часу виконання і-го процесу; Q_i – коефіцієнт підвищення якості виконання процесу; C – загальні витрати на впровадження цифрових технологій; n – кількість організаційно-технологічних процесів. Отримане значення показника дозволяє оцінити доцільність впровадження BIM-технологій у конкретному девелоперському проєкті.

Для демонстрації практичного застосування даного підходу розглянемо умовний приклад реалізації девелоперського проєкту будівництва житлового комплексу. Припустимо, що впровадження BIM дозволило скоротити тривалість проєктування на 20 %, тривалість будівельних робіт на 15 %, а також підвищити точність кошторисних розрахунків на 10 %. У такому випадку інтегральний показник може бути визначений таким чином:

$$EBIM = \frac{(0.20 \times 1.1) + 0.15 \times 1.1}{0.18},$$

$$EBIM = \frac{0.22 + 0.165}{0.18} = 2.14.$$

Отримане значення E_{BIM}=2.14 свідчить про високу ефективність застосування інформаційного моделювання для оптимізації організаційно-технологічних процесів в межах даного девелоперського проєкту.

Аналіз результатів впровадження інформаційного моделювання свідчить про поступове зростання ефективності управління будівельними проєктами на різних етапах їх реалізації. Як показано на рисунку 2, найбільший ефект використання BIM-технологій спостерігається на етапах проєктування та координації будівельних процесів, де цифрова інтеграція даних дозволяє суттєво зменшити кількість помилок у технічній документації та підвищити точність планування будівельних робіт [6].

Розвиток концептуальних підходів до оптимізації організаційно-технологічних процесів у будівельному девелопменті потребує формування ефективних механізмів організаційно-структурного управління, здатних забезпечити узгодженість дій усіх учасників інвестиційно-будівельного процесу [6].

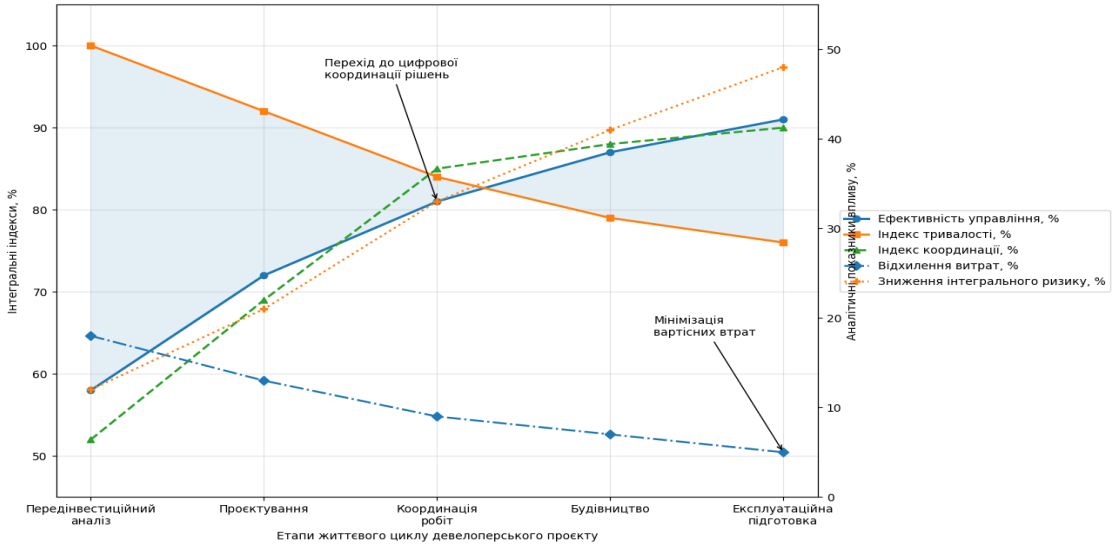


Рис. 2. Динаміка впливу BIM-технологій на тривалість та ефективність реалізації девелоперських проєктів *(розроблено автором на основі [6])*

Для узагальнення основних елементів організаційно-структурного забезпечення управління девелоперськими проєктами доцільно систематизувати ключові функціональні компоненти відповідної системи (див. табл. 1).

Таблиця 1.

Ключові компоненти організаційно-структурної системи управління девелоперськими проєктами *(розроблено автором на основі [6])*

№	Компонент системи	Функціональне призначення
1	Стратегічний рівень управління	Формування інвестиційної політики та стратегічних параметрів девелоперського проєкту
2	Проєктний менеджмент	Координація діяльності учасників будівельного процесу
3	Інженерно-технологічний блок	Планування та контроль виконання будівельно-монтажних робіт
4	Інформаційно-аналітична система	Обробка та аналіз даних про хід реалізації проєкту
5	Контролінг та моніторинг	Оцінювання ефективності управління та коригування управлінських рішень

Одним із ключових елементів оптимізації організаційно-технологічних процесів є формування ефективних проєктних команд, здатних забезпечити узгоджену взаємодію між учасниками будівельного процесу.

Ефективність функціонування проєктної команди доцільно оцінювати за допомогою інтегральної моделі результативності командної взаємодії:

$$E_{team} = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(C_i^{\alpha} \times S_{ij}^{\beta} \times P_{ij}^{\gamma}\right)}{n \times m}, \quad (4)$$

де E_{team} — інтегральний показник ефективності проєктної команди; C_i — коефіцієнт професійної компетентності і-го учасника команди; S_{ij} — коефіцієнт взаємодії між і-м та j-м учасниками команди; P_{ij} — коефіцієнт продуктивності виконання спільних завдань; n — кількість учасників команди; m — кількість функціональних взаємодій; α,β,γ — вагові коефіцієнти впливу відповідних факторів.

Застосування наведеної моделі дозволяє визначити ступінь ефективності взаємодії між членами проєктної команди та оцінити вплив організаційних факторів на результативність реалізації будівельного проєкту.

Важливим елементом сучасних систем управління будівельними підприємствами виступає контролінг стратегічних інформаційних потоків, який забезпечує інтеграцію функцій планування, аналізу та моніторингу діяльності підприємства [7].

Для відображення взаємодії основних суб'єктів девелоперського процесу та розподілу функціональних ролей у межах проєктно-орієнтованої організаційної структури доцільно представити узагальнену структурну модель Team-project управління будівельним проектом, зображену на рисунку 3.

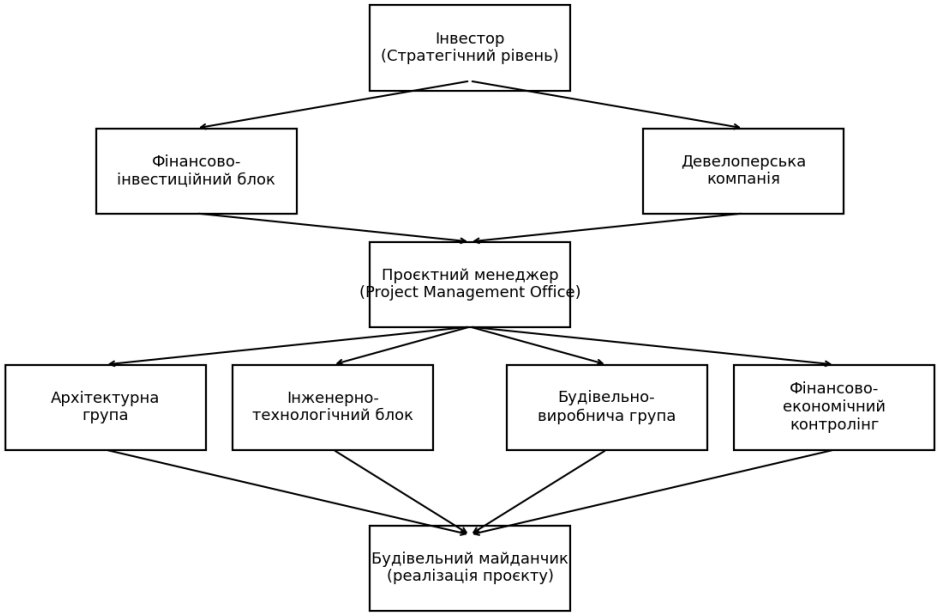


Рис. 3. Структурна модель Team-project управління девелоперським проєктом
(розроблено автором на основі [7])

Для оцінювання ефективності використання різних організаційних структур управління девелоперськими проєктами доцільно проаналізувати залежність результативності реалізації будівельного проєкту від рівня інтеграції управління, що візуально продемонстровано на рисунку 4.

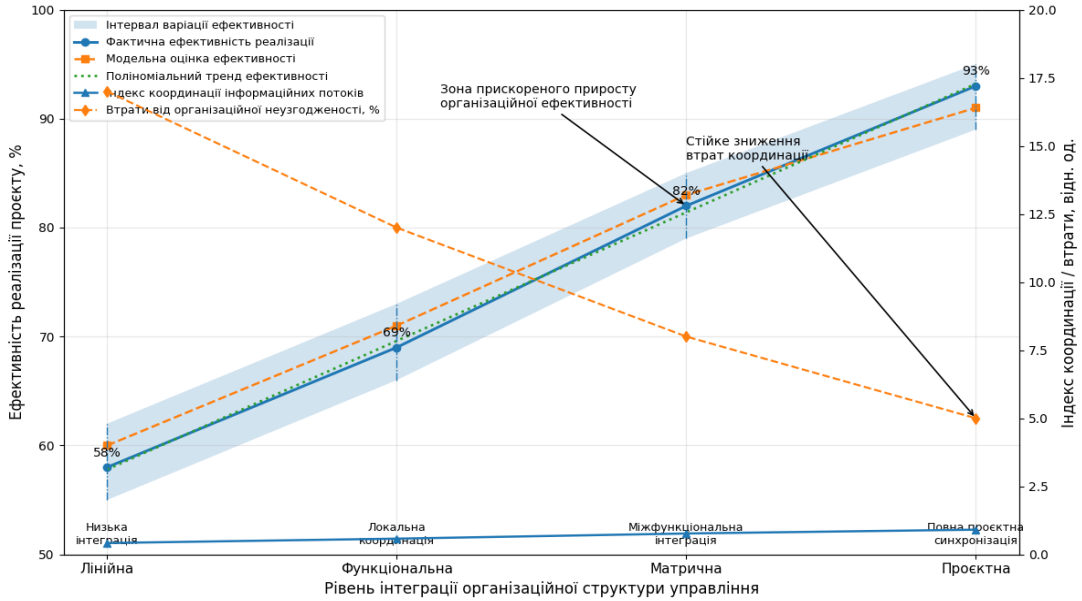


Рис. 4. Залежність ефективності реалізації девелоперського проєкту від рівня інтеграції організаційної структури управління *(розроблено автором на основі [7])*

Подальший розвиток концептуальних підходів до оптимізації організаційно-технологічних процесів у будівельному девелопменті пов’язаний із поглибленням аналітичного інструментарію оцінювання ефективності інтегрованих систем управління [8].

Узагальнену оцінку ефективності інтегрованої системи управління девелоперським проєктом доцільно здійснювати за допомогою комплексного індексу, який може бути визначений за допомогою узагальненої економіко-математичної моделі:

$$E_{int} = \sum_{j=1}^{m} \omega_j \times \left(\frac{G_j^{\alpha} \times X_j^{\beta} \times I_j^{\gamma} \times K_j^{\delta}}{R_j^{\theta}}\right), \quad (6)$$

Де E_{int}— інтегральний показник ефективності системи управління; G_j — коефіцієнт організаційної узгодженості підрозділу; X_j — коефіцієнт результативності проєктного управління; I_j — коефіцієнт інформаційної інтеграції; Kj — коефіцієнт контрольованості управлінських процесів; R_j — коефіцієнт ризиковості реалізації робіт; ω_j — ваговий коефіцієнт значущості підрозділу; α,β,γ,δ,θ — параметри еластичності моделі.

Для практичної ілюстрації розрахунку розглянемо девелоперський проєкт будівництва житлового комплексу, у межах якого функціонують три ключові підрозділи: проєктний офіс, виробничо-технологічний блок та фінансово-аналітичний центр. Нехай для них встановлено такі значення показників, представлена у таблиці 2.

При значеннях параметрів α=β=γ=δ=1, θ=0.5 отримаємо:

$$E_{int} = \frac{0.40\times0.92\times0.88\times0.91\times0.87}{0.15^{0.5}} + \frac{0.35\times0.89\times0.93\times0.85\times0.90}{0.18^{0.5}} + \frac{0.25\times0.87\times0.84\times0.89\times0.92}{0.12^{0.5}},$$

$$E_{int} = \frac{0.40\times0.645}{0.387} + \frac{0.35\times0.633}{0.424} + \frac{0.25\times0.598}{0.346},$$

$$E_{int} = 0.40\times1.667 + 0.35\times1.492 + 0.25\times1.728,$$

$$E_{int} = 0.667 + 0.522 + 0.432 = 1.621$$

Таблиця 2.

Вихідні дані підрозділів будівельного девелоперського проєкту для оцінювання ефективності управління

Підрозділ	G	X	I	K	R	ω
Проєктний офіс	0.92	0.88	0.91	0.87	0.15	0.40
Технологічний блок	0.89	0.93	0.85	0.90	0.18	0.35
Фінансовий блок	0.87	0.84	0.89	0.92	0.12	0.25

Отримане значення E_{int}=1.62 свідчить про достатньо високий рівень ефективності інтегрованої системи управління, що підтверджує доцільність використання цифрових та аналітичних інструментів управління будівельними проєктами [9].

З метою деталізації функціональних елементів інтегрованої системи управління організаційно-технологічними процесами у будівельному девелопменті доцільно виділити основні компоненти відповідної системи (див. табл. 3).

В межах даної системи важливим показником є коефіцієнт повторного використання управлінських рішень, який характеризує ефективність функціонування знаннєвого модуля:

$$K_{reuse} = \frac{N_r}{N_t} \times \eta_q^{\mu} \times \eta_a^{v} \times ln(1+\sigma), \quad (7)$$

Де N_r — кількість повторно використаних рішень; N_t — загальна кількість рішень; η_q — коефіцієнт якості знань; η_a — коефіцієнт актуальності інформації; σ — коефіцієнт складності проєкту.

Таблиця 3.

Функціонально-аналітичні елементи інтегрованої системи управління девелоперським проєктом *(розроблено автором на основі [9])*

№	Елемент системи	Технічний зміст	Очікуваний ефект
1	Організаційний модуль	структурування ролей та функцій	зменшення управлінських витрат
2	Проєктний модуль	календарно-мережеве планування	скорочення тривалості будівництва
3	BIM-модуль	інформаційна модель об'єкта	усунення технічних колізій
4	Аналітичний модуль	моніторинг KPI	підвищення точності планування
5	Контрольний модуль	управління ризиками	зниження ймовірності відхилень
6	Знаннєвий модуль	накопичення досвіду реалізації проєктів	підвищення швидкості прийняття рішень

Для прикладу розглянемо будівельний проєкт, у якому з 60 управлінських рішень 38 було сформовано на основі попередніх знань, при значеннях η_q=0.93, η_a=0.89, σ=1.4.

$$K_{reuse} = \frac{38}{60} \times 0.93^{1.2} \times 0.89^{1.1} \times ln(1 + 1.4),$$
$$K_{reuse} = 0.633 \times 0.917 \times 0.886 \times 0.875,$$
$$K_{reuse} = 0.449.$$

Отже, майже 45 % ефективності управління проєктом забезпечується за рахунок повторного використання накопичених організаційно-технологічних рішень.

Ефективність функціонування даної системи значною мірою залежить від швидкості обміну інформацією між її елементами [10]. Для оцінювання синхронності інформаційного обміну між підрозділами використовується коефіцієнт інформаційної синхронності:

$$C_{sync} = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(1-\frac{\Delta t_i}{t_i^{adm}}\right)\rho \times q_i}{\sum_{i=1}^{n} q_i}, \quad (8)$$

де Δt_i — фактичний час реагування; t^{adm}_i— допустимий час реагування; q_i — ваговий коефіцієнт критичності відхилення; ρ — коефіцієнт чутливості системи.

Якщо в системі управління зафіксовано 4 критичних відхилення з параметрами t^{adm}={4,5,3,6}, Δt={2,3,1,4}, q={0.35,0.25,0.20,0.20}, ρ=1.2, то:

$$C_{sync}=0.61$$

що свідчить про середній рівень синхронності інформаційних потоків.

Результати аналізу залежності між рівнем інтеграції системи управління та ефективністю реалізації будівельних проєктів доцільно представити графічно на рисунку 5 [11].

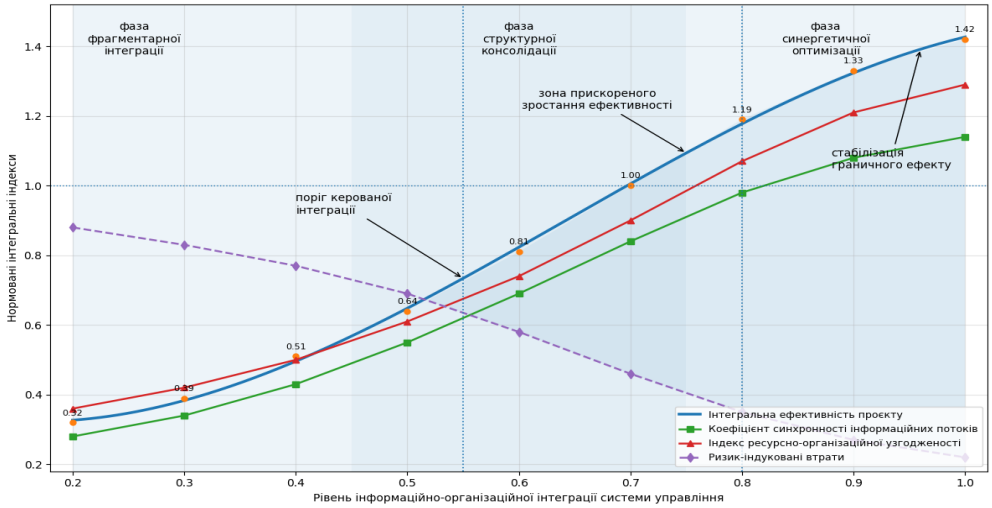


Рис. 5. Графік залежності ефективності девелоперського проєкту від рівня інформаційно-організаційної інтеграції системи управління *(розроблено автором на основі [11])*

Висновок

Проведений аналіз підтверджує, що оптимізація організаційно-технологічних процесів у будівельному девелопменті потребує комплексного поєднання організаційних механізмів управління, цифрових інформаційних технологій та аналітичних інструментів оцінювання ефективності проєктних рішень. Запропоновані економіко-математичні моделі та показники дозволяють кількісно оцінити результативність функціонування інтегрованої системи управління, визначити рівень узгодженості інформаційних потоків та ефективність використання накопичених управлінських знань у процесі реалізації будівельних проєктів.

Використання інтегрованих цифрових платформ управління, систем інформаційного моделювання та методів аналітичного контролінгу створює передумови для підвищення точності планування, скорочення тривалості будівельного циклу та мінімізації ризиків організаційно-технологічних відхилень. У результаті формується більш ефективна модель управління девелоперськими проєктами, що сприяє підвищенню конкурентоспроможності будівельних підприємств та забезпечує сталий розвиток будівельної галузі в умовах цифрової трансформації економіки.

Література

1. Love P.E.D., Matthews J., Simpson I., Hill A., Olatunji O. A benefits realization management building information modeling framework for asset owners. Automation in Construction. 2014. Vol. 37. P. 1–10.

2. Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Liston K. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. 3rd ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2018. 688 p.

3. Чуприна Х., Чуприна Ю., Кушнір Д., Черненко М., & Юйтао, В. Економіко-управлінські імперативи розвитку будівельного девелопменту в умовах цифрової трансформації операційних систем підприємств-стейкхолдерів. Управління розвитком складних систем, 2024, вип. 60, С. 209–220. https://doi.org/10.32347/2412-9933.2024.60.

4. Sacks R., Eastman C., Lee G., Teicholz P. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Design, Construction, and Operations. 3rd ed. Hoboken: Wiley, 2018.

5. Hardin B., McCool D. BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods, and Workflows. 2nd ed. Indianapolis: Wiley, 2015. 416 p.

6. Чуприна, І., Алексієєнко, В., Матвєєв, В., та Ползиков, М. Аналіз ключових категорій у дослідженнях у контексті вибору реінжинірингу як інструменту інновацій. Шляхи підвищення ефективності будівництва, 2024, вип. *2*(54), С. 169–186. https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.54(2).169-186

7. Kerzner H. Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling. Hoboken: Wiley, 2017.

8. Інтеграція України в глобальній соціально-економічний простір**:** монографія/ НАН України, ДУ "Ін-т екон. та прогноз. НАН України; Інситут демографії та соціальних досліджень ім. Птухи; МОН України; ДННУ "Академія фінансового управління"; КНЕУ ім. В. Гетьмана; ОНЕУ. - Київ, 2019. - 287, [1] с.

9. Глобальний ринок інтелектуальної власності: масштаби, структура, інститути**:** монографія / Я.М. Столярчук, О.М. Галенко, О.Ю. Біленький, В.М. Столярчук. – К.: КНЕУ, 2016. –272 с.

10. Sacks R., Koskela L., Dave B., Owen R. Interaction of Lean and Building Information Modeling in Construction. Journal of Construction Engineering and Management. 2010. Vol. 136(9). P. 968–980.

11. Bryde D., Broquetas M., Volm J. M. The Project Benefits of Building Information Modelling (BIM). International Journal of Project Management. 2013. Vol. 31(7). P. 971–980.

Associate Professor **Mykhailo Malykhin**,
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine

CONCEPTUAL APPROACHES TO THE OPTIMIZATION OF ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL PROCESSES IN CONSTRUCTION DEVELOPMENT

The optimization of organizational and technological processes in construction development is a critical prerequisite for improving the efficiency of investment and construction project implementation under conditions of a rapidly changing external environment. The contemporary development of the construction sector is marked by increasing project complexity, stricter requirements for quality, timeframes, and construction costs, as well as the need to ensure effective coordination among the numerous stakeholders involved in the development process. Under such circumstances, particular importance is attached to the formation of conceptual and methodological approaches to the optimization of organizational and technological processes, capable of ensuring consistency of actions, rational allocation of resources, and higher managerial performance.

Organizational and technological processes are interpreted as a set of interrelated activities aimed at the preparation, planning, execution, and control of construction operations within development projects. It has been established that the efficiency of these processes largely depends on their degree of structuring, formalization, and adaptability to changes in both the internal and external environment. In this regard, optimization is understood as a systemic process of improving the parameters of construction organization and technology in order to achieve the maximum possible effect while minimizing resource consumption.

Keywords: construction development; organizational and technological processes; optimization; project management; efficiency; digitalization; resources; modeling.

REFERENCES

1. Love, P.E.D., Matthews, J., Simpson, I., Hill, A., Olatunji, O. A benefits realization management building information modeling framework for asset owners // Automation in Construction. 2014. Vol. 37. P. 1–10. {in English}

2. Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., Liston, K. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. 3rd ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2018. 688 p. {in English}

3. Chupryna, Kh., Chupryna, Yu., Kushnir, O., Chernenko, M., Yuitao, V. Economic and managerial imperatives for the development of construction development under conditions of digital transformation of operational systems of stakeholder enterprises // Management of Development of Complex Systems. 2024. Issue 60. P. 209–220. https://doi.org/10.32347/2412-9933.2024.60 {in Ukrainian}

4. Sacks, R., Eastman, C., Lee, G., Teicholz, P. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Design, Construction, and Operations. 3rd ed. Hoboken: Wiley, 2018. {in English}

5. Hardin, B., McCool, D. BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods, and Workflows. 2nd ed. Indianapolis: Wiley, 2015. 416 p. {in English}

6. Chupryna, I., Aleksieienko, V., Matveyev, V., Polzikov, M. Analysis of key categories in research in the context of choosing reengineering as a tool for innovation // Ways to Improve Construction Efficiency. 2024. Issue 2 (54). P. 169–186. https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.54(2).169-186 {in English}

7. Kerzner, H. Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling. Hoboken: Wiley, 2017. {in English}

8. Integration of Ukraine into the Global Socio-Economic Space: Monograph. Kyiv: NAS of Ukraine, Institute for Economics and Forecasting, Ptoukha Institute for Demography and Social Studies, Ministry of Education and Science of Ukraine, Academy of Financial Management, Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman, Odesa National Economic University, 2019. 287 p. {in Ukrainian}

9. Stoliarchuk, Ya.M., Halenko, O.M., Bilenkyi, O.Yu., Stoliarchuk, V.M. Global Intellectual Property Market: Scale, Structure, Institutions. Kyiv: KNEU, 2016. 272 p. {in Ukrainian}

10. Sacks, R., Koskela, L., Dave, B., Owen, R. Interaction of Lean and Building Information Modeling in construction // Journal of Construction Engineering and Management. 2010. Vol. 136, No. 9. P. 968–980. {in English}

11. Bryde, D., Broquetas, M., Volm, J. M. The project benefits of Building Information Modelling (BIM) // International Journal of Project Management. 2013. Vol. 31, No. 7. P. 971–980. {in English}

DOI: 10.32347/2786-7269.2026.17.239-246
УДК 697:699.86:728

Манзяк О.В.,
oksana.manziak@ukd.edu.ua, ORCID:0009-0007-7848-8965,
ЗВО «Університет Короля Данила», м. Івано-Франківськ

МІКРОКЛІМАТ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ ТА ЙОГО ЗАЛЕЖНІСТЬ ВІД ЯКОСТІ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ І СИСТЕМ ОВК (ОПАЛЕННЯ, ВЕНТИЛЯЦІЇ, КОНДИЦІЮВАННЯ) У КОНТЕКСТІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТА КОМФОРТУ МЕШКАНЦІВ.

Розглянуто проблему забезпечення оптимального мікроклімату в житлових будівлях у контексті енергоефективності та комфорту мешканців. Показано, що якість огороджувальних конструкцій та систем опалення, вентиляції й кондиціювання (ОВК) має вирішальний вплив на температурно-вологісний режим приміщень [1].

Проведено аналіз чинних нормативних документів України [2, 3] та їх порівняння з міжнародними стандартами [4], що виявило відставання у сфері нормування параметрів мікроклімату. Визначено ключові фактори теплового комфорту, серед яких — температура, вологість, радіаційна асиметрія та турбулентність повітря [5]. Обґрунтовано необхідність комплексної оцінки внутрішнього середовища будівель із використанням сучасних вимірювальних засобів та автоматизованих систем моніторингу [6]. Показано, що дефекти огороджувальних конструкцій та інженерних систем призводять до підвищеної вологості й утворення цвілі, що негативно впливає на здоров'я мешканців та довговічність будівлі [7]. Запропоновано рекомендації щодо застосування багатошарових систем утеплення, якісних герметиків та «розумних» технологій для стабілізації мікроклімату й підвищення енергоефективності.

Ключові слова: мікроклімат; житлові будівлі; огороджувальні конструкції; тепловий комфорт; енергоефективність; вентиляція; вологість; ISO 7730.

Постановка проблеми. Проблема мікроклімату в житлових приміщеннях давно перестала бути другорядною. Якщо ще двадцять років тому акцент робився на міцності та довговічності конструкцій, то сьогодні питання комфорту мешканців і енергоефективності будівель стоїть на одному рівні з безпекою [1]. Тим більше, що в поточному періоді для економіки України є суттєвим питання зниження споживання енергії [3]. На жаль, є випадки коли зниження споживання енергії здійснюється за рахунок погіршення параметрів мікроклімату, зокрема повітрообміну у приміщеннях [2].

Огороджувальні конструкції — це не просто «стіни», а складний бар'єр між внутрішнім середовищем і зовнішніми кліматичними викликами. Від їхньої якості залежить не лише теплозахист, але і стабільність температурно-вологісного режиму, що визначає здоров'я та працездатність людей [5]. Будівля може бути архітектурно привабливою, але якщо її огороджувальні конструкції не забезпечують стабільного температурно-вологісного режиму, вона перетворюється на джерело дискомфорту та додаткових витрат.

Метою статті є виявлення закономірностей впливу огороджувальних конструкцій на параметри мікроклімату та визначення шляхів підвищення енергоефективності житлових будівель. Основне завдання полягає не в повторенні очевидних положень, а у демонстрації того, як сучасні матеріали та технології змінюють підхід до проєктування й експлуатації [4]. Особливий акцент робиться на тому, що мікроклімат слід розглядати як інтегральний показник, який формується не лише інженерними системами, а насамперед якістю конструктивних рішень [6, 7].

Аналіз досліджень публікацій з даного приводу свідчить, що більшість робіт зосереджені на окремих аспектах — теплопровідності чи вологості, тоді як комплексний вплив огороджувальних конструкцій на мікроклімат часто залишається поза увагою.

В Україні питання нормування параметрів мікроклімату житлових будівель регламентується низкою нормативних документів, зокрема: ДБН В.2.2-15:2019 «Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення» [1], ДБН В.2.5-24:2012 «Електрична кабельна система опалення» [2], ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель» [3]. У зазначених документах визначено базові параметри мікроклімату, проте їх обсяг не є достатнім для комплексного регулювання роботи різних систем забезпечення комфортних умов у приміщеннях. Це створює певні обмеження у практичному застосуванні норм та ускладнює досягнення балансу між енергоефективністю та комфортом мешканців.

На сучасному етапі Україна суттєво відстає від розвинених країн Європи у сфері нормування мікроклімату приміщень. У міжнародній практиці найбільш повне та системне регулювання представлено у стандарті ISO 7730:2025 Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. [4].

Цей документ визначає методологію аналітичного оцінювання теплового комфорту на основі індексів PMV (Predicted Mean Vote — прогнозоване середнє теплове відчуття) та PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied — прогнозований відсоток незадоволених умовами), а також враховує локальні

критерії теплового комфорту. Таким чином, міжнародний підхід забезпечує більш комплексне та науково обґрунтоване нормування параметрів мікроклімату, що дозволяє враховувати як фізіологічні, так і ергономічні аспекти житлового середовища.

Аналіз порівняльних характеристик вітчизняних та міжнародних норм щодо параметрів мікроклімату свідчить про низку суттєвих відмінностей. Українська нормативна база у сфері забезпечення теплового комфорту не завжди відповідає сучасним вимогам, що сформувалися у світовій практиці.

Тепловий комфорт визначається значно ширшим спектром чинників, ніж зазвичай враховується при проектуванні: окрім температури та вологості, важливу роль відіграють радіаційна температура нагрівальних чи охолоджуючих поверхонь, її асиметрія, а також рівень турбулентності повітря [5]. Навіть оснащення будівлі найсучаснішими інженерними системами не гарантує досягнення оптимальних параметрів комфорту, оскільки ефективність їх роботи залежить від комплексності підходу до проектування та експлуатації. Крім того, навіть у випадках, коли система відповідає високим показникам теплового комфорту, завжди існує частка людей, які відчувають дискомфорт через індивідуальні особливості сприйняття [7].

Сучасна концепція створення комфортного середовища ґрунтується на врахуванні індивідуальних потреб кожної людини, що реалізується завдяки локальному автоматичному регулюванню параметрів мікроклімату інженерними системами безпосередньо у приміщенні. Таким чином, забезпечення теплового комфорту потребує інтеграції нормативних вимог, інноваційних технологій та персоналізованих рішень.

Нормативна база, як правило, вимагає врахування коефіцієнта теплопередачі, вологості матеріалів та герметичності стиків [1]. Проте в реальних умовах часто спостерігається розрив між проектними показниками та фактичними вимірами. Це створює потребу у вдосконаленні методів контролю та впровадженні нових матеріалів, здатних адаптуватися до змінних кліматичних умов.

Виклад основного матеріалу. Оцінювання мікроклімату житлових будівель сьогодні здійснюється як за допомогою класичних вимірювальних приладів (термометрів, психрометрів, анемометрів), так і сучасних автоматизованих систем моніторингу [5]. Важливим є не лише фіксування параметрів, а й аналіз їхньої динаміки у часі. Використання термографів та гігрографів дозволяє отримувати добові й тижневі графіки змін, що дає змогу виявляти приховані проблеми, такі як періодичне промерзання огороджувальних конструкцій чи утворення конденсату в окремих зонах.

Оскільки навантаження на будівлю змінюється у просторі та часі, запроектовані системи не завжди забезпечують відповідність проектним намірам у всіх приміщеннях протягом усього періоду експлуатації. Тому виникає потреба у довгостроковій оцінці внутрішнього середовища, яка є обов'язковою складовою енергетичного сертифіката [3].

Оцінювання здійснюється на основі аналізу типових приміщень, що репрезентують різні зони будівлі, і може базуватися на проектних даних, розрахунках, вимірюваннях або навіть опитуваннях мешканців. Категорія внутрішнього середовища визначається за низкою показників: температурними умовами в опалювальний та літній періоди, якістю повітря та ефективністю вентиляції, рівнем вологості, освітленості та шуму. Узагальненим критерієм, як уже попередньо згадувалось, виступає показник теплового комфорту, який може бути оцінений за індексами PMV та PPD [4]. Вимірювання проводяться у характерних приміщеннях з урахуванням орієнтації, навантаження та періодів діяльності, відповідно до вимог стандартів EN ISO 7726 [5] та EN 12599 [6]. Якість повітря визначається за концентрацією CO_2 або іншими показниками, що відображають ефективність вентиляції, а освітлення та акустичні умови оцінюються згідно з нормами EN 12464-1:2021 [7] та відповідними методиками.

Особливу увагу приділяють впливу шуму, який може обмежувати можливості природної вентиляції через відчинення вікон або створювати додаткові проблеми при використанні механічних систем. У таких випадках оцінка проводиться з урахуванням еквівалентного рівня звуку, що включає періоди відкритих вікон. Важливим доповненням до інструментальних методів є також суб'єктивні оцінки мешканців, які дозволяють комплексно визначити прийнятність внутрішнього середовища. Таким чином, сучасна методологія оцінювання мікроклімату поєднує об'єктивні вимірювання, нормативні критерії та індивідуальне сприйняття, що забезпечує більш повну картину якості житлового середовища [1].

Окрему увагу слід приділити математичному моделюванню теплових потоків і вологообміну. Це дає змогу прогнозувати поведінку конструкцій у різних умовах і оцінювати ефективність заходів з утеплення чи герметизації ще до їхнього впровадження. Експериментальні дослідження на реальних об'єктах підтверджують або спростовують результати моделювання, створюючи надійну основу для практичних рекомендацій.

Для формування рекомендацій щодо навантажень на системи опалення й охолодження застосовуються вимірювання параметрів внутрішнього середовища. Вони регламентуються положеннями EPBD та стандартами EN 15239, EN 15240, prEN 15378 [6].

Вимірювання температури та пов'язаних параметрів здійснюється відповідно до EN ISO 7726 [5]. Прилади розташовують у зонах, де мешканці перебувають більшість часу, у характерних умовах зимового та літнього періодів. Період спостережень має бути достатньо тривалим (наприклад, 10 днів), щоб відобразити реальні коливання. Для оцінки робочої температури враховують вплив великих нагрітих чи охолоджених поверхонь.

Оцінка якості внутрішнього повітря базується на непрямому визначенні ефективності вентиляції. У будівлях, де люди є основним джерелом забруднення, ключовим показником виступає концентрація CO_2. Вимірювання проводять у періоди найбільшого навантаження, переважно взимку, коли природне провітрювання обмежене. У великих будівлях достатньо дослідження 5–10 % характерних приміщень. Для систем механічної вентиляції більш точним є вимірювання повітряних потоків у повітроводах, що має відповідати EN 12599 [6].

Якість освітлення визначається вимірюванням освітленості відповідно до EN 12464-1 [7]. Вимірювання проводяться як у денний, так і в темний час доби, якщо будівля експлуатується ввечері.

Рівень шуму оцінюється у характерних приміщеннях, з урахуванням роботи вентиляційних систем та зовнішніх джерел. Хоча шум не впливає безпосередньо на енергетичні характеристики будівлі, він може обмежувати можливості природної вентиляції через відчинення вікон або створювати додаткове навантаження при роботі механічних систем.

Тобто, комплексна оцінка внутрішнього середовища будівлі включає вимірювання теплових параметрів, якості повітря, освітлення та шуму. Вона має проводитися у характерних приміщеннях та періодах експлуатації з використанням приладів, що відповідають міжнародним стандартам [4]. Такий підхід забезпечує об'єктивність результатів і дозволяє формувати рекомендації щодо оптимізації інженерних систем та підвищення комфорту мешканців.

Також зниження параметрів внутрішнього середовища будівлі часто пов'язане з дефектами огороджувальних конструкцій та систем опалення, вентиляції й кондиціювання [1]. Особливо це проявляється у холодний та перехідний періоди року. Ключовим чинником є підвищена вологість (вище 65%), яка створює умови для розвитку цвілі. Її виникнення зумовлюють:

- промерзання стін, кутів та вікон з утворенням конденсату;
- недостатня вентиляція, що не забезпечує належного повітрообміну;
- локальне переохолодження або нерівномірний прогрів приміщень.

Цвіль становить серйозну загрозу як для конструкцій, так і для здоров'я мешканців. Спори грибків поширюються у повітрі, осідають на поверхнях та потрапляють в організм людини, викликаючи алергії, респіраторні

захворювання й навіть тяжкі патології. Крім того, грибок поступово руйнує матеріали — від деревини до бетону й цегли, що може призвести до втрати міцності конструкцій [3].

Грибки здатні існувати без світла, використовуючи органічні залишки як субстрат. Волога, що накопичується у порах будівельних матеріалів через промерзання, конденсацію чи порушення гідроізоляції, є ключовим фактором їхнього росту. Навіть пил, що складається з органічних частинок, може слугувати живильним середовищем.

Цвіль є наслідком порушення балансу мікроклімату, головним чином через надмірну вологість та дефекти огороджувальних конструкцій і систем ОВК. Її своєчасне виявлення та усунення потребує комплексного підходу: від контролю параметрів внутрішнього середовища до застосування сучасних матеріалів і хімічних засобів захисту [2]. Це критично як для збереження будівель, так і для здоров'я мешканців.

Аналіз факторів, що впливають на параметри мікроклімату в житлових будівлях, показує необхідність врахування як технічних, так і експлуатаційних чинників для прогнозування внутрішнього середовища [1]. Дослідження доводять, що найбільший вплив на мікроклімат мають стики та вузли огороджувальних конструкцій. Саме вони стають «слабкими місцями», через які відбуваються тепловтрати й проникнення вологи [3]. Використання сучасних герметиків і багатошарових систем утеплення значно знижує ризик утворення конденсату та промерзання [6].

Виявлено, що товщина та структура матеріалу стін безпосередньо впливають на стабільність температури й вологості. Наприклад, ніздрюваті бетони забезпечують кращий баланс між теплопровідністю та паропроникністю, ніж традиційна цегла [5]. Практичні кейси показали, що навіть невеликі зміни у конструктивних рішеннях (додатковий шар утеплювача, якісне ущільнення стиків) можуть знизити витрати на опалення на 15–20% [2].

Отримані результати підтверджують: мікроклімат — це інтегральний показник, який залежить від багатьох факторів, але ключову роль відіграють огороджувальні конструкції [4]. Порівняння з іншими дослідженнями показує, що проблема не є локальною — вона актуальна для більшості країн із холодним кліматом.

Важливим є також соціальний аспект: якісний мікроклімат знижує ризики захворювань, підвищує продуктивність праці та комфорт проживання. Економічна ефективність заходів з утеплення та герметизації очевидна — витрати на їх реалізацію окуповуються протягом кількох років за рахунок зменшення енергоспоживання [7].

Висновки. Огороджувальні конструкції визначають не лише енергоефективність будівлі, а й якість життя її мешканців. Своєчасний контроль температурно-вологісного режиму та впровадження сучасних матеріалів дозволяють забезпечити стабільний мікроклімат і знизити експлуатаційні витрати.

Виходячи з вищенаведеного, можна навести рекомендації, що при проектуванні та реконструкції житлових будівель необхідно враховувати комплексний вплив конструкцій на мікроклімат, застосовувати багатошарові системи утеплення, якісні герметики та автоматизовані системи моніторингу [1]. Перспективним напрямом є інтеграція «розумних» технологій, які дозволяють у режимі реального часу контролювати параметри мікроклімату та адаптувати роботу інженерних систем [4].

Використана література:

1. ДБН В.2.2-15:2019. Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення. Київ : Мінрегіон України, 2019. 74 с.
2. ДБН В.2.5-24:2012. Електрична кабельна система опалення. Київ : Мінрегіон України, 2012. 56 с.
3. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. Київ : Мінрегіон України, 2021. 112 с.
4. ISO 7730:2025. Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. Geneva : International Organization for Standardization, 2025. 52 p.
5. ISO 7726:2025. Ergonomics of the thermal environment — Instruments for measuring physical quantities. 3rd ed. Geneva : International Organization for Standardization, 2025. 54 p.
6. EN 12599:2012. Ventilation for buildings — Test procedures and measurement methods for handing over air conditioning and ventilation systems. Brussels : European Committee for Standardization (CEN), 2012. 68 p.
7. EN 12464-1:2021. Light and lighting — Lighting of work places — Part 1: Indoor work places. Brussels : European Committee for Standardization (CEN), 2021. 120 p.

Lecturer at the Professional College **Oksana Manziak,**
University of King Danylo, Ivano-Frankivsk

MICROCLIMATE OF RESIDENTIAL BUILDINGS AND ITS DEPENDENCE ON THE QUALITY OF ENCLOSING STRUCTURES AND HVAC SYSTEMS (HEATING, VENTILATION, AIR CONDITIONING) IN THE CONTEXT OF ENERGY EFFICIENCY AND RESIDENT COMFORT

The article addresses the problem of ensuring an optimal indoor microclimate in residential buildings in the context of energy efficiency and occupant comfort. It is shown that the quality of enclosing structures and heating, ventilation, and air conditioning (HVAC) systems has a decisive impact on the temperature and humidity

regime of indoor spaces [1]. An analysis of current Ukrainian regulatory documents [2; 3] and their comparison with international standards [4] revealed a lag in the regulation of microclimate parameters. Key factors of thermal comfort were identified, including temperature, humidity, radiation asymmetry, and air turbulence [5]. The necessity of a comprehensive assessment of the indoor environment using modern measuring instruments and automated monitoring systems was substantiated [6]. It was demonstrated that defects in enclosing structures and engineering systems lead to increased humidity and mold formation, which negatively affect both the health of residents and the durability of buildings [7]. Recommendations were proposed regarding the use of multilayer insulation systems, high-quality sealants, and "smart" technologies to stabilize the microclimate and improve energy efficiency.

Keywords: microclimate; residential buildings; enclosing structures; thermal comfort; energy efficiency; ventilation; humidity; ISO 7730

REFERENCES:

1. DBN V.2.2-15:2019 Buildings and structures. Residential buildings. Basic provisions. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2019. 74 p. {in Ukrainian}

2. DBN V.2.5-24:2012 Electric cable heating system. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2012. 56 p. {in Ukrainian}

3. DBN V.2.6-31:2021 Thermal insulation and energy efficiency of buildings. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2021. 112 p. {in Ukrainian}

4. ISO 7730:2025 Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. Geneva: International Organization for Standardization, 2025. 52 p. {in English}

5. ISO 7726:2025 Ergonomics of the thermal environment — Instruments for measuring and monitoring physical quantities. 3rd ed. Geneva: International Organization for Standardization, 2025. 54 p. {in English}

6. EN 12599:2012 Ventilation for buildings — Test procedures and measurement methods to hand over air conditioning and ventilation systems. Brussels: European Committee for Standardization (CEN), 2012. 68 p. {in English}

7. EN 12464-1:2021 Light and lighting — Lighting of work places — Part 1: Indoor work places. Brussels: European Committee for Standardization (CEN), 2021. 120 p. {in English}

DOI: 10.32347/2786-7269.2026.17.247-259
УДК 004.9:005.8:69.03

Науменко Є.В.,
naumenko_e@ukr.net, ORCID: 0009-0003-1138-4695,
Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ

ФОРМУВАННЯ ЦИФРОВО-АНАЛІТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ УПРАВЛІННЯ ЧАСОВИМИ ПАРАМЕТРАМИ ІНФРАСТРУКТУРНИХ ПРОЄКТІВ НА ОСНОВІ СИНЕРГЕТИЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ BIM-ТЕХНОЛОГІЙ ТА МЕТОДУ КРИТИЧНОГО ШЛЯХУ

Сучасні інфраструктурні проєкти характеризуються значною складністю, масштабністю та високим рівнем взаємозалежності між окремими технологічними процесами, що обумовлює підвищені вимоги до точності управління часовими параметрами їх реалізації. У таких умовах традиційні методи календарного планування виявляються недостатньо ефективними, оскільки не враховують повною мірою багатофакторність будівельних процесів, динамічність середовища виконання робіт та необхідність оперативного реагування на відхилення. Застосування цифрових технологій, зокрема інформаційного моделювання будівель, створює можливості для формування інтегрованого інформаційного середовища, у межах якого забезпечується акумулювання даних про геометричні, технологічні та ресурсні характеристики об'єкта будівництва.

Водночас використання методу критичного шляху забезпечує формалізацію часових параметрів проєкту та визначення ключових послідовностей робіт, що безпосередньо впливають на загальну тривалість реалізації. Синергетичне поєднання цифрових моделей із мережевими методами планування дозволяє сформувати новий підхід до управління часовими параметрами, який базується на інтеграції інформаційних і аналітичних інструментів.

В межах цифрово-аналітичної моделі кожна технологічна операція розглядається як елемент мережевої структури з визначеними параметрами тривалості, ресурсного забезпечення та технологічних залежностей. Формалізація тривалості виконання робіт здійснюється з урахуванням обсягів робіт, продуктивності ресурсів, а також додаткових факторів, пов'язаних із конструктивною складністю, логістичними обмеженнями та інтенсивністю використання будівельного майданчика.

Ключові слова: BIM-технології; метод критичного шляху; інфраструктурні проєкти; цифрове моделювання; часові параметри; календарне планування; цифрова трансформація; управління проєктами.

Постановка проблеми: Сучасні інфраструктурні проєкти характеризуються високим рівнем складності та багаторівневою організацією будівельних процесів, що обумовлює необхідність підвищення ефективності управління часовими параметрами їх реалізації. Традиційні підходи до календарного планування, які базуються на статичних моделях і обмеженій кількості параметрів, не забезпечують достатньої точності прогнозування строків виконання робіт та не дозволяють оперативно реагувати на зміни умов реалізації проєкту. Недостатній рівень інтеграції інформаційних, технологічних і ресурсних даних призводить до виникнення відхилень у графіках виконання робіт, неузгодженості дій учасників проєкту та зниження ефективності використання ресурсів. У таких умовах виникає необхідність переходу до цифрових моделей управління, які забезпечують інтеграцію різнорідних даних у єдиному аналітичному середовищі.

Метою дослідження є обґрунтування теоретичних засад та розроблення цифрово-аналітичної моделі управління часовими параметрами інфраструктурних проєктів на основі інтеграції BIM-технологій та методу критичного шляху.

Для досягнення поставленої мети передбачено визначення основних факторів, що впливають на тривалість виконання робіт, формалізацію математичних залежностей між параметрами будівельного процесу, а також обґрунтування доцільності використання інтегрованого підходу до календарного планування. Результатом дослідження є формування методичних підходів до побудови адаптивних цифрових моделей управління, які забезпечують підвищення точності планування та ефективності реалізації інфраструктурних проєктів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій: Проблематика управління часовими параметрами будівельних проєктів активно досліджується у сучасній науковій літературі, зокрема у працях, присвячених розвитку цифрових технологій, методів мережевого планування та інформаційного моделювання будівель. Значна увага приділяється впровадженню BIM-технологій як інструменту інтеграції інформаційних потоків і підвищення ефективності управління будівельними процесами.

У наукових дослідженнях обґрунтовується важливість використання методу критичного шляху для визначення ключових послідовностей робіт і оцінювання часових резервів проєкту. Застосування мережевих моделей дозволяє формалізувати процес планування та підвищити точність прогнозування строків реалізації проєктів. Окремий напрям досліджень пов’язаний із інтеграцією цифрових моделей із аналітичними методами, що

забезпечує формування комплексних систем управління будівельними проєктами. Використання математичних моделей дозволяє враховувати вплив різноманітних факторів, зокрема технологічної складності, логістичних обмежень та ресурсного забезпечення, на тривалість виконання робіт.

Виклад основної інформації: Сучасні інфраструктурні проєкти характеризуються значною масштабністю, багаторівневою організацією будівельних процесів та високою залежністю результатів реалізації від ефективності управління часовими параметрами. У таких умовах традиційні підходи до календарного планування поступово поступаються цифровим інструментам, які забезпечують інтеграцію інформаційних, технологічних та управлінських даних в межах єдиного аналітичного середовища. Важливу роль у створенні таких моделей відіграють технології інформаційного моделювання будівель (BIM), які забезпечують формування структурованої цифрової моделі об'єкта будівництва [1]. В межах BIM-середовища накопичується комплексна інформація про геометричні характеристики конструкцій, технічні параметри елементів будівлі, технологічні послідовності виконання робіт та взаємозв'язки між окремими складовими проєкту.

Разом із цим підвищення ефективності управління часовими характеристиками інфраструктурних проєктів потребує використання аналітичних методів мережевого планування. Одним із найбільш поширених інструментів є метод критичного шляху (CPM), який дозволяє визначити ключову послідовність робіт, що безпосередньо впливає на загальну тривалість реалізації проєкту [2].

Синергетичне поєднання BIM-технологій та методу критичного шляху формує сучасну методологічну основу для побудови цифрово-аналітичних моделей управління часовими параметрами інфраструктурних проєктів. Використання BIM-технологій створює передумови для формування структурованого інформаційного середовища управління будівельним проєктом. Інформаційна модель об'єкта містить дані про геометричні параметри конструкцій, матеріальні характеристики елементів, технологічні операції та їх взаємозв'язки.

Інтеграція BIM-моделі з алгоритмами мережевого планування дозволяє формувати аналітичну модель тривалості реалізації інфраструктурного проєкту, у якій кожна робота розглядається як елемент мережевої структури з визначеними параметрами тривалості та технологічними залежностями. Структурна логіка формування цифрової BIM–CPM моделі управління тривалістю інфраструктурного проєкту наведена на рисунку 1.

В межах сформованої мережевої моделі тривалість виконання кожної роботи визначається залежно від обсягу робіт та продуктивності ресурсів.

Базова тривалість технологічної операції може бути визначена за допомогою співвідношення:

$$t_i = \frac{V_i}{P_i}, \tag{1}$$

де t_i — тривалість виконання і-ї роботи, V_i — обсяг робіт, P_i — продуктивність трудових або технічних ресурсів.

З урахуванням цих факторів модель тривалості робіт набуває розширеного вигляду:

$$T_i = t_i \times C_i \times L_i \times S_i, \tag{2}$$

де C_i — коефіцієнт конструктивної складності елемента, сформований на основі даних BIM-моделі, L_i — логістичний коефіцієнт, що враховує доступність зони виконання робіт та транспортні обмеження, S_i — коефіцієнт інтенсивності використання робочої зони, який відображає рівень завантаженості будівельного майданчика [3].

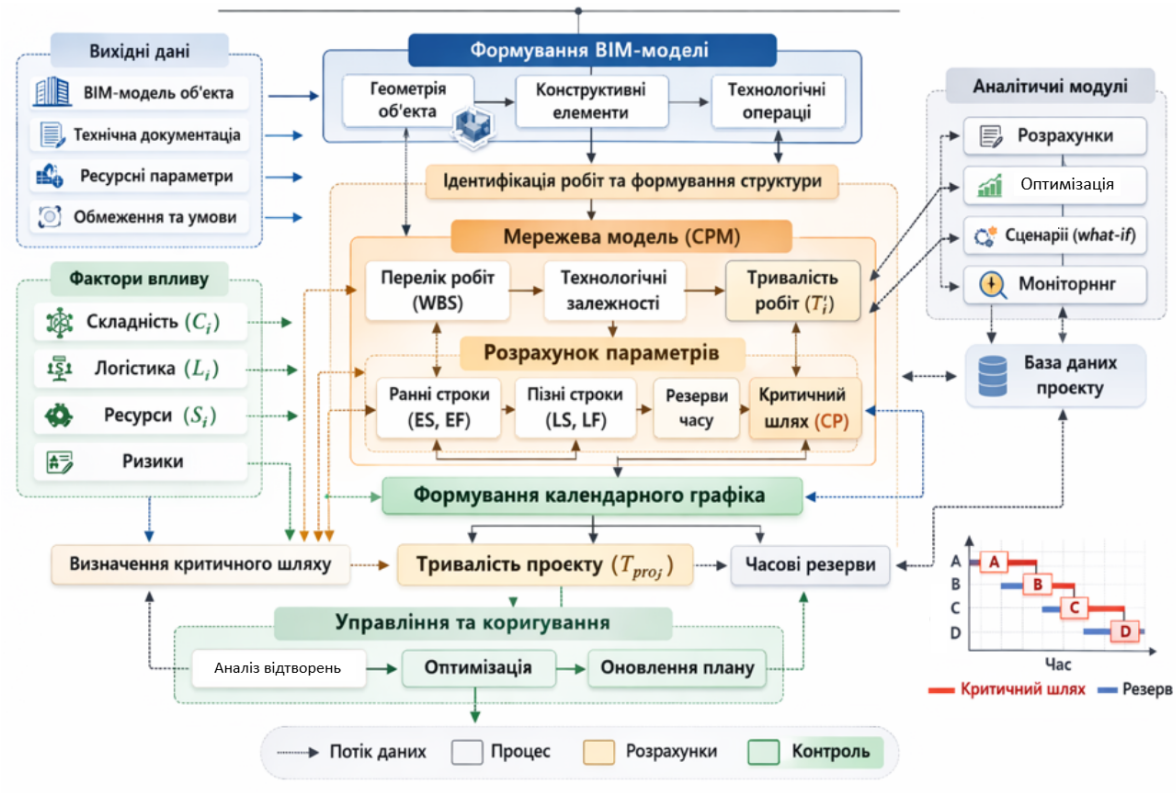


Рис. 1. Структурна схема формування цифрової BIM–CPM моделі управління тривалістю інфраструктурного проєкту *(розроблено автором на основі [1, 2])*

Для демонстрації можливостей запропонованого підходу розглянемо умовний приклад розрахунку тривалості виконання робіт у фрагменті мережевої моделі інфраструктурного проєкту. Вихідні параметри робіт наведено у таблиці 1.

Таблиця 1.

Параметри робіт мережевої моделі *(розроблено автором на основі [3])*

Робота	**Обсяг робіт**	**Продуктивність**	**Базова тривалість**	**Коефіцієнт складності**
A	120	10	12	1.1
B	80	8	10	1.2
C	60	6	10	1.0
D	40	5	8	1.1

Скоригована тривалість роботи A визначається за формулою

$$T_A = 12 \times 1.1 = 13.2.$$

Аналогічно обчислюються значення для інших робіт:

$$T_B = 10 \times 1.2 = 12,$$
$$T_C = 10 \times 1.0 = 10,$$
$$T_D = 8 \times 1.1 = 8.8.$$

Отже, сумарна тривалість критичного шляху становить

$$T_{proj} = 13.2 + 12 + 10 + 8.8 = 44 \text{ дні}.$$

Для більш глибокого аналізу впливу конструктивної складності елементів на загальну тривалість інфраструктурного проєкту доцільно використати графічну інтерпретацію залежності між коефіцієнтом складності та строком реалізації проєкту, така залежність наведена на рисунку 2.

Інтеграція BIM-технологій із методами мережевого планування дозволяє сформувати цифрово-аналітичну модель управління тривалістю інфраструктурного проєкту, у якій часові параметри визначаються з урахуванням просторової структури об’єкта, технологічної складності конструкцій та ресурсних обмежень будівництва [4].

Подальший розвиток цифрових моделей управління інфраструктурними проєктами передбачає поглиблення математичного апарату аналізу часових параметрів будівельних процесів.

На наступному етапі виникає необхідність формалізувати механізм визначення тривалості робіт із урахуванням просторових, технологічних та ресурсних факторів. У цифровому середовищі управління проєктами ці параметри отримують кількісне відображення через атрибути BIM-моделі та можуть бути безпосередньо включені до математичних залежностей, що описують часову поведінку будівельних процесів.

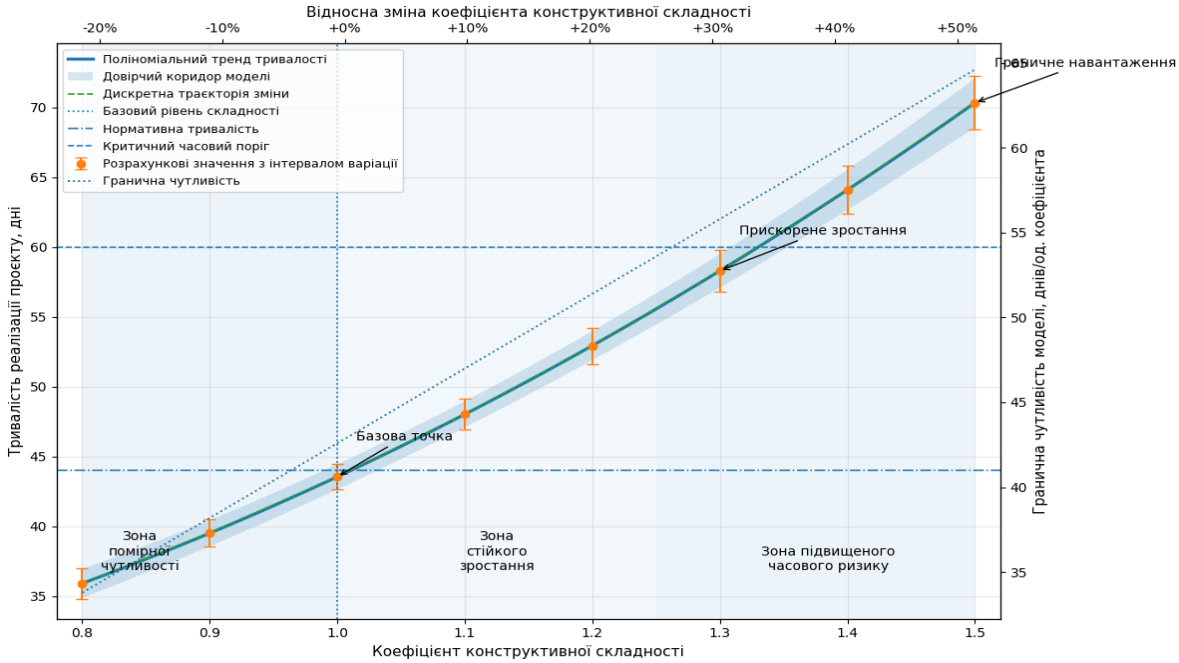


Рис. 2. Залежність тривалості реалізації інфраструктурного проєкту від коефіцієнта конструктивної складності *(розроблено автором на основі [4])*

Традиційні моделі календарного планування зазвичай базуються на визначенні тривалості робіт як відношення обсягу робіт до продуктивності ресурсів.

З урахуванням зазначених факторів тривалість виконання окремої роботи в цифровій BIM–CPM моделі може бути представлена у вигляді розширеної аналітичної залежності

$$T_i = \frac{V_i}{P_i} \times (1 + \alpha C_i) \times (1 + \beta L_i) \times (1 + \gamma S_i), \quad (4)$$

де T_i — скоригована тривалість виконання і-ї роботи, V_i — обсяг робіт, P_i — продуктивність трудових або машинних ресурсів, C_i — коефіцієнт

конструктивно-технологічної складності елемента, сформований на основі параметрів BIM-моделі, L_i — логістичний коефіцієнт, що відображає просторову доступність зони виконання робіт, S_i — коефіцієнт інтенсивності використання будівельного майданчика, α,β,γ — параметри чутливості моделі до відповідних факторів.

Наведена залежність дозволяє інтегрувати параметри геометричної структури об'єкта та логістичних обмежень у часову модель виконання робіт.

Загальна тривалість реалізації інфраструктурного проєкту визначається як максимальна довжина критичного шляху мережевої моделі

$$T_{proj} = \max_{k \in CP}\left(\sum_{i=1}^{n_k} T_i\right), \tag{5}$$

де CP — множина можливих критичних шляхів мережевої моделі, n_k — кількість робіт, що входять до k-го шляху.

Припустимо, що проєкт складається з чотирьох послідовних технологічних операцій, для яких відомі обсяги робіт, продуктивність ресурсів та значення коригувальних коефіцієнтів. Вихідні параметри робіт наведено у таблиці. 2.

Таблиця 2.

Вихідні параметри робіт мережевої моделі *(розроблено автором на основі [5])*

Робота	**Обсяг робіт**	**Продуктивність**	**C_i**	**L_i**	**S_i**
A	120	10	0.15	0.10	0.08
B	90	9	0.20	0.12	0.10
C	70	7	0.12	0.08	0.09
D	50	5	0.18	0.15	0.11

Для виконання розрахунку приймемо значення параметрів моделі

$$\alpha = 0.6, \qquad \beta = 0.4, \qquad \gamma = 0.3.3$$

Базова тривалість виконання роботи A визначається як

$$t_A = \frac{120}{10} = 12.$$

Скоригована тривалість з урахуванням додаткових факторів становить

$$T_A = 12 \times (1 + 0.6 \times 0.15) \times (1 + 0.4 \times 0.10) \times (1 + 0.3 \cdot \times 0.08),$$
$$T_A = 12 \times 1.09 \times 1.04 \times 1.024,$$
$$T_A \approx 13.92.$$

Аналогічні обчислення для інших робіт дають такі результати:

$$T_B \approx 13.77.$$
$$T_C \approx 11.52.$$
$$T_D \approx 11.68.$$

Отже, загальна тривалість критичного шляху становить

$$T_{proj} = 13.92 + 13.77 + 11.52 + 11.68,$$
$$T_{proj} \approx 50.89 \text{ днів}.$$

Для більш глибокого аналізу впливу конструктивної складності елементів на загальну тривалість інфраструктурного проєкту доцільно використати графічну інтерпретацію відповідної залежності. Залежність між коефіцієнтом конструктивної складності та строком реалізації проєкту наведена на рисунку 3.

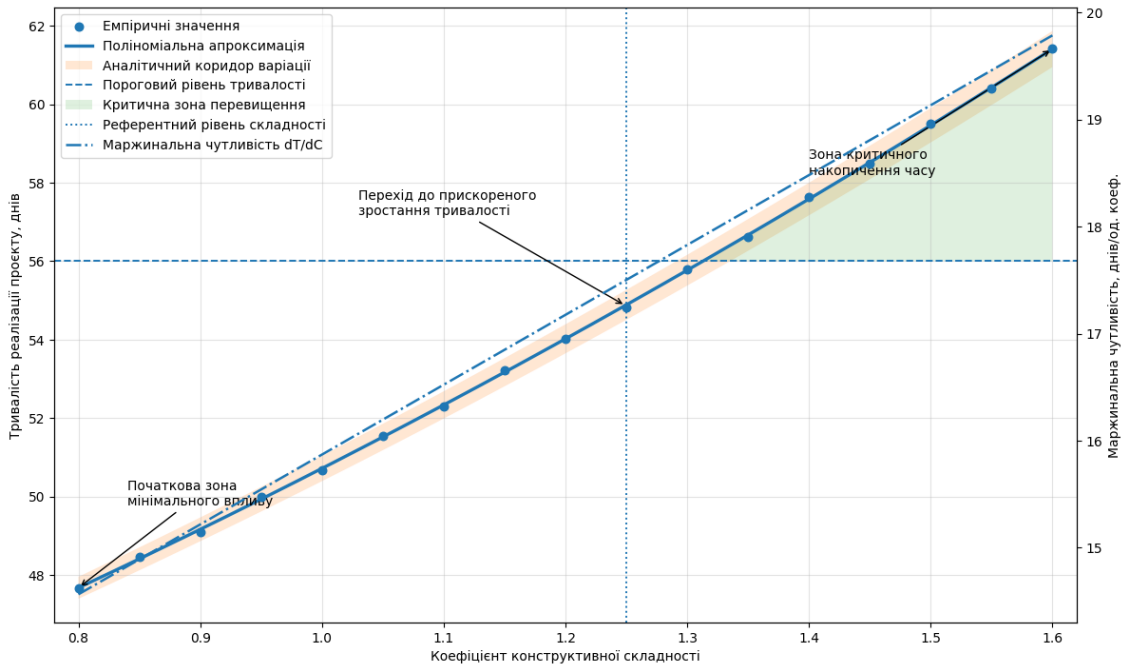


Рис. 3. Вплив коефіцієнта конструктивної складності на тривалість реалізації інфраструктурного проєкту *(розроблено автором на основі [5])*

Не менш важливим фактором є логістичні обмеження будівельного майданчика, які можуть впливати на швидкість виконання робіт через обмежену доступність зон виконання технологічних операцій. Для оцінювання цього впливу було виконано аналіз залежності між коефіцієнтом логістичних обмежень та загальною тривалістю реалізації інфраструктурного об'єкта, результати якого представлені на рисунку 4 [6].

Використання розширених математичних моделей у середовищі BIM–CPM дозволяє більш повно описати часову поведінку інфраструктурних проєктів. Інтеграція геометричних параметрів об'єкта, логістичних характеристик будівельного майданчика та ресурсних обмежень у мережеву модель створює можливість формування більш точних календарних графіків виконання робіт.

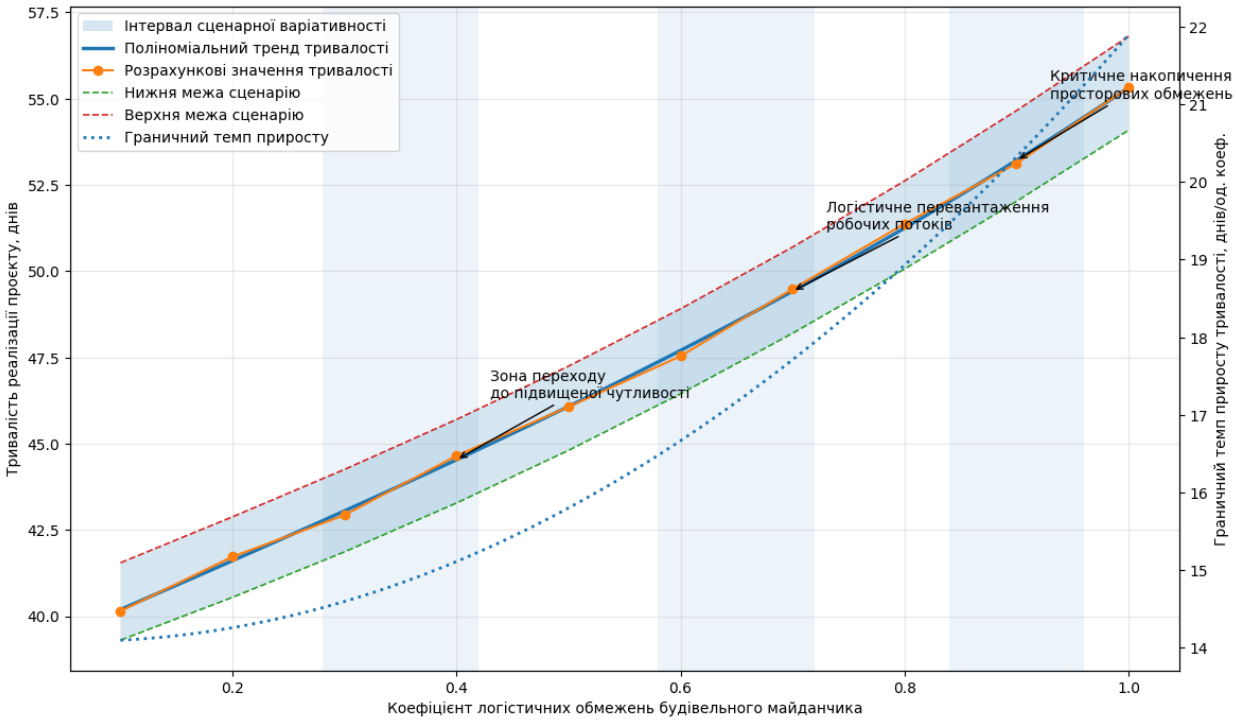


Рис. 4. Залежність тривалості реалізації інфраструктурного проєкту від логістичних обмежень будівельного майданчика *(розроблено автором на основі [6])*

Інтеграція BIM-технологій із мережевими методами планування створює передумови для формування адаптивної системи управління часовими параметрами інфраструктурних проєктів [7].

В межах цифрової системи управління календарний графік перестає бути статичним документом і перетворюється на динамічну інформаційну модель, яка постійно оновлюється на основі даних про фактичний стан виконання робіт. Для наочного представлення логіки функціонування цифрової системи управління часовими параметрами інфраструктурного проєкту доцільно

використати рисунок 5, який відображає основні етапи формування та адаптації календарного графіка [8].

Функціонування такої системи управління може бути описане у вигляді математичної моделі, яка визначає залежність фактичної тривалості проєкту від комплексу технологічних, ресурсних та просторових параметрів. Узагальнена функція прогнозної тривалості реалізації інфраструктурного проєкту може бути представлена у вигляді

$$T_{proj} = f(B, R, L, S), \tag{6}$$

де B — параметри BIM-моделі, що характеризують конструктивну структуру об'єкта, R — параметри ресурсного забезпечення будівництва, L — логістичні характеристики будівельного майданчика, S — параметри організації технологічних процесів.

Рис. 5. Схема цифрової системи адаптивного управління часовими параметрами інфраструктурного проєкту *(розроблено автором на основі [8])*

В межах цифрового середовища управління важливу роль відіграє механізм оновлення часових параметрів на основі даних моніторингу виконання робіт. У цьому випадку прогнозна тривалість реалізації проєкту може бути представлена як функція планових параметрів та фактичних відхилень

$$T_{new} = T_{plan} + \Delta T_{env} + \Delta T_{res}, \tag{7}$$

де T_{plan} — планова тривалість реалізації проєкту, ΔT_{env} — відхилення, спричинені змінами зовнішнього середовища, ΔT_{res} — відхилення, пов'язані зі зміною доступності ресурсів.

Важливим елементом адаптивної системи управління є визначення коефіцієнта стабільності календарного графіка, який характеризує здатність системи зберігати заплановані строки реалізації проєкту в умовах змін зовнішнього середовища [9]. Такий показник може бути представлений у вигляді

$$K_{st} = \frac{T_{plan}}{T_{fact}}, \tag{8}$$

де T_{plan} — планова тривалість реалізації проєкту, T_{fact} — фактична тривалість виконання робіт.

Висновок

Дослідження підтверджує, що підвищення ефективності управління часовими параметрами інфраструктурних проєктів безпосередньо пов'язане з переходом від традиційних підходів календарного планування до інтегрованих цифрово-аналітичних моделей. Синергетичне поєднання BIM-технологій та методу критичного шляху створює цілісне інформаційно-аналітичне середовище, у межах якого забезпечується узгодження геометричних, технологічних і ресурсних параметрів будівництва.

Встановлено, що інтеграція інформаційного моделювання з мережевими методами планування дозволяє підвищити точність визначення тривалості робіт, своєчасно ідентифікувати критичні процеси та ефективно управляти часовими резервами. Запропонований підхід забезпечує можливість урахування впливу конструктивної складності, логістичних обмежень і рівня завантаженості будівельного майданчика на загальну тривалість реалізації проєкту.

Особливого значення набуває формування адаптивних систем управління, у яких календарні графіки трансформуються у динамічні моделі, що оновлюються на основі фактичних даних виконання робіт. Це дозволяє підвищити обґрунтованість управлінських рішень і знизити ризики відхилень від запланованих строків.

Література

1. Oraee M., Hosseini M.R., Papadonikolaki E., Palliyaguru R., Arashpour M. Collaboration in BIM-based construction networks: A bibliometric-qualitative literature review. International Journal of Project Management. 2019. Vol. 37, No. 3. P. 411–428.

2. Succar B. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. Automation in Construction. 2009. Vol. 18, No. 3. P. 357–375.
3. Khosrowshahi F., Arayici Y. Roadmap for implementation of BIM in the UK construction industry. Engineering, Construction and Architectural Management. 2012. Vol. 19, No. 6. P. 610–635.
4. Олександр Сичов, Артем Фесун, Галина Рижакова, Юрій Чуприна, Світлана Рубцова, Наталія Дубина. Інвестиційне забезпечення цифрового будівництва в умовах післявоєнної відбудови україни. Financial and credit activity problems of theory and practice, 2025, вип. 6(54), С. 384-396.
5. Ноздріна Л.В., Ящук В.І., Полотай О.І. Управління проектами: підручник / за заг. ред. Л.В. Ноздріної. Київ: Центр учбової літератури, 2010. 432 с.
6. Плескач В.Л., Затонацька Т.Г. Інформаційні системи і технології на підприємствах: підручник. Київ: Знання, 2011. 718 с.
7. Roman Trach, Iurii Chupryna, Ruslan Tormosov, Maksym Druzhynin, Yuliia Trach, Galyna Ryzhakova, Dmytro Ratnikov. An Integrated Fuzzy Logic and Network Analysis Approach to Assessing Supply Chain Stability in Prefabricated Construction. Sustainability, 2026, вип. 18 (3), С. 1380
8. Westerman G., Bonnet D., McAfee A. Leading Digital: Turning Technology into Business Transformation. Boston: Harvard Business Review Press, 2014.
9. Sacks R., Eastman C., Lee G., Teicholz P. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers. 3rd ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2018.

Naumenko Yevhen,
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

FORMATION OF DIGITAL AND ANALYTICAL MODELS FOR MANAGING TIME PARAMETERS OF INFRASTRUCTURE PROJECTS BASED ON THE SYNERGISTIC APPLICATION OF BIM TECHNOLOGIES AND THE CRITICAL PATH METHOD

Modern infrastructure projects are characterized by significant complexity, large scale, and a high level of interdependence between individual technological processes, which leads to increased requirements for the accuracy of managing their time parameters. Under such conditions, traditional scheduling methods prove to be insufficiently effective, as they do not fully account for the multifactorial nature of construction processes, the dynamic execution environment, and the need for prompt response to deviations. The application of digital technologies, in particular building information modeling, creates opportunities for the formation of an integrated information environment in which data on geometric, technological, and resource characteristics of the construction object are accumulated.

At the same time, the use of the critical path method ensures the formalization of project time parameters and the identification of key sequences of activities that directly affect the overall duration of project implementation. The synergistic combination of digital models with network planning methods makes it possible to form a new approach to managing time parameters, based on the integration of informational and analytical tools.

Within the digital and analytical model, each technological operation is considered as an element of a network structure with defined parameters of duration, resource provision, and technological dependencies. The formalization of work duration is carried out taking into account the scope of work, resource productivity, as well as additional factors related to structural complexity, logistical constraints, and the intensity of construction site utilization.

Keywords: BIM technologies; critical path method; infrastructure projects; digital modeling; time parameters; scheduling; digital transformation; project management.

REFERENCES

1. Oraee, M., Hosseini, M.R., Papadonikolaki, E., Palliyaguru, R., & Arashpour, M. (2019). Collaboration in BIM-based construction networks: A bibliometric-qualitative literature review. International Journal of Project Management, 37(3), 411–428. {in English}

2. Succar, B. (2009). Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. Automation in Construction, 18(3), 357–375. {in English}

3. Khosrowshahi, F., & Arayici, Y. (2012). Roadmap for implementation of BIM in the UK construction industry. Engineering, Construction and Architectural Management, 19(6), 610–635. {in English}

4. Sychov, O., Fesun, A., Ryzhakova, H., Chupryna, Y., Rubtsova, S., & Dubyna, N. (2025). Investment support of digital construction in the conditions of post-war reconstruction of Ukraine. Financial and Credit Activity: Problems of Theory and Practice, 6(54), 384–396. {in Ukrainian}

5. Nozdrina, L.V., Yashchuk, V.I., & Polotai, O.I. (2010). Project management: textbook (ed. by L.V. Nozdrina). Kyiv: Center for Educational Literature. 432 p. {in Ukrainian}

6. Pleskach, V.L., & Zatonatska, T.H. (2011). Information systems and technologies in enterprises: textbook. Kyiv: Znannia. 718 p. {in Ukrainian}

7. Trach, R., Chupryna, I., Tormosov, R., Druzhynin, M., Trach, Y., Ryzhakova, H., & Ratnikov, D. (2026). An integrated fuzzy logic and network analysis approach to assessing supply chain stability in prefabricated construction. Sustainability, 18(3), 1380. {in English}

8. Westerman, G., Bonnet, D., & McAfee, A. (2014). Leading digital: Turning technology into business transformation. Boston: Harvard Business Review Press. {in English}

9. Sacks, R., Eastman, C., Lee, G., & Teicholz, P. (2018). BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, designers, engineers, contractors, and facility managers (3rd ed.). Hoboken: John Wiley & Sons. {in English}

DOI: 10.32347/2786-7269.2026.17.260-272
УДК 69.003:004.942:519.876
Науменко К.В.,
naumenko_get@ukr.net, ORCID: 0009-0005-3690-6175,
Київський національний університет будівництва і архітектури

АЛГОРИТМІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ВЕРИФІКАЦІЯ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ТРИВАЛОСТІ ІНЖЕНЕРНОЇ ПІДГОТОВКИ БУДІВНИЦТВА В УМОВАХ ТИПОВИХ І НЕТИПОВИХ ПРОЄКТНИХ КОНФІГУРАЦІЙ

Сучасні умови реалізації будівельних проєктів характеризуються підвищенням складності організаційно-технологічних процесів, зростанням невизначеності середовища та необхідністю підвищення точності планування підготовчих етапів будівництва. Особливу роль у цьому контексті відіграє інженерна підготовка будівництва, яка формує базові передумови для ефективного виконання основних будівельно-монтажних робіт. Від точності визначення її тривалості залежить загальна ефективність реалізації проєкту, що обумовлює необхідність застосування сучасних підходів до моделювання відповідних процесів.

Алгоритмічне моделювання дозволяє формалізувати процеси визначення тривалості інженерної підготовки з урахуванням багатофакторного впливу технічних, організаційних та просторових характеристик будівельного проєкту. Використання інтегрального параметра складності забезпечує узагальнення ключових характеристик проєкту та створює основу для побудови аналітичних моделей прогнозування.

В межах підходу враховуються коефіцієнти технологічної складності, взаємозалежності процесів, конфігураційної складності, а також ризикові фактори, що впливають на тривалість підготовчих робіт. Додаткове врахування параметрів цифрової адаптивності систем управління, управлінської мотивації та реактивності інформаційного середовища дозволяє підвищити гнучкість і точність моделі.

Ключові слова: інженерна підготовка; алгоритмічне моделювання; тривалість будівництва; цифрова адаптивність; ризики; будівельні проєкти; прогнозування; ефективність.

Постановка проблеми: Традиційні методи визначення тривалості підготовчих робіт, які базуються на нормативних показниках і експертних оцінках, не враховують повною мірою сучасні умови реалізації проєктів, зокрема їхню індивідуальність, складність та динамічність зовнішнього

середовища. Особливо це стосується нетипових проєктних конфігурацій, де стандартні підходи втрачають точність.

Виникає необхідність формування більш гнучких і адаптивних методів прогнозування, які здатні враховувати багатофакторний характер процесів інженерної підготовки. Важливим аспектом є також урахування ризиків, цифрових факторів і організаційних особливостей управління проєктами.

Метою дослідження є формування теоретико-методичних засад алгоритмічного моделювання та верифікації методів визначення тривалості інженерної підготовки будівництва в умовах типових і нетипових проєктних конфігурацій.

Досягнення поставленої мети передбачає розроблення математичних моделей, які враховують вплив технічних, організаційних, ризикових і цифрових факторів на тривалість підготовчих робіт, а також обґрунтування інтегральних показників оцінювання складності проєкту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій: Питання моделювання тривалості будівельних процесів є одним із ключових напрямів досліджень у сфері організаційно-технологічного управління будівництвом. У наукових працях значна увага приділяється розробленню методів календарного планування, оцінювання складності проєктів та прогнозування часових параметрів виконання робіт.

Сучасні дослідження орієнтовані на використання математичних моделей, що дозволяють враховувати багатофакторний характер будівельних процесів. Особливе значення надається інтеграції ризикових факторів, які впливають на відхилення фактичних показників від запланованих.

Окремим напрямом є застосування алгоритмічних підходів і цифрових технологій для підвищення точності прогнозування. Використання інформаційних систем, аналітичних платформ і цифрових моделей дозволяє забезпечити більш високий рівень деталізації розрахунків і адаптивність моделей до змінних умов.

Виклад основної інформації: Алгоритмічне моделювання процесів інженерної підготовки будівництва є важливим інструментом підвищення ефективності організаційно-технологічного планування будівельних проєктів. Саме на підготовчому етапі формуються передумови для подальшого виконання основних будівельно-монтажних робіт, оскільки здійснюється підготовка території, організація будівельного майданчика, прокладання інженерних комунікацій та створення тимчасової інфраструктури. Тривалість цих процесів безпосередньо впливає на календарні параметри реалізації проєкту, що обумовлює необхідність застосування більш точних методів прогнозування часових характеристик підготовчих робіт.

Традиційні підходи до визначення тривалості інженерної підготовки, які базуються на нормативних показниках або експертних оцінках, не завжди забезпечують достатній рівень точності. Це пов'язано з тим, що сучасні будівельні проєкти відзначаються значною різноманітністю архітектурних рішень, складністю інженерної інфраструктури та неоднорідністю умов забудови [1]. Особливо це характерно для нетипових проєктних конфігурацій, де стандартні нормативи часто не відображають реальних умов виконання робіт.

Для наочного представлення послідовності алгоритмічних процедур визначення тривалості інженерної підготовки доцільно використати рисунок 1, який відображає основні етапи формування та обробки інформації в межах моделі.

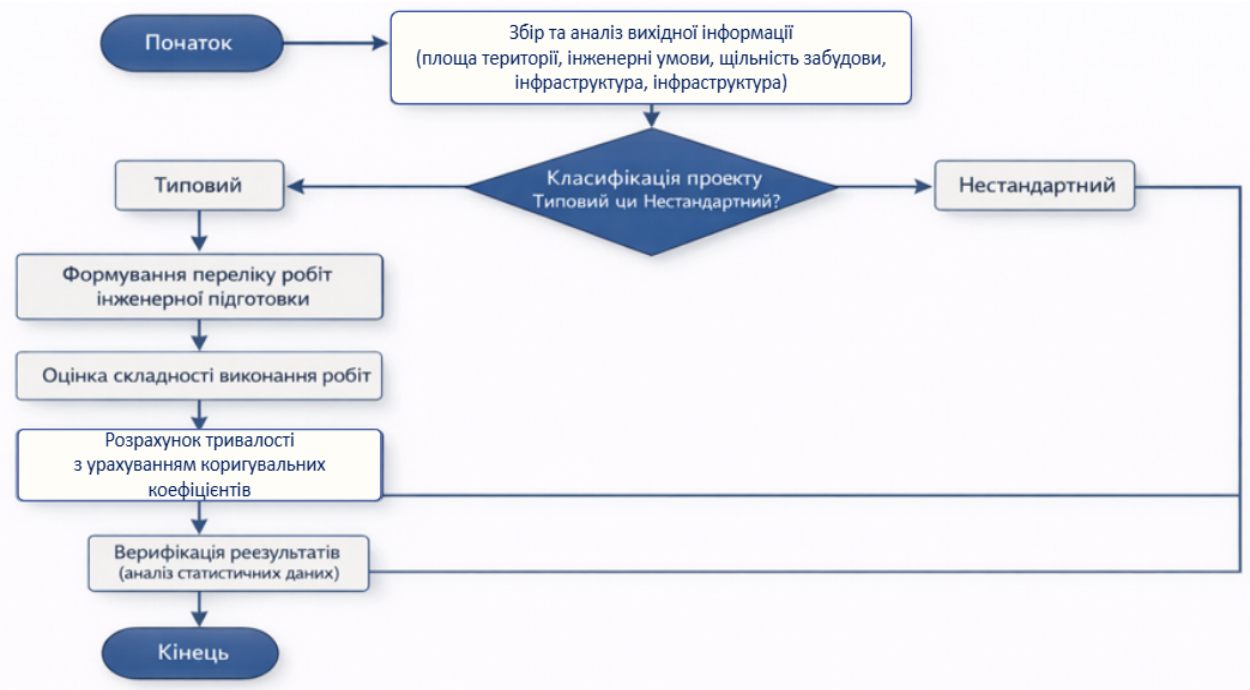


Рис. 1. Алгоритм визначення тривалості інженерної підготовки будівництва для типових і нетипових проєктних конфігурацій *(розроблено автором на основі [1])*

Математичне представлення алгоритмічної моделі визначення тривалості інженерної підготовки може бути описане за допомогою узагальненої функціональної залежності:

$$T_{ip} = \sum_{i=1}^{n} t_i \times k_{ci} \times k_{di}, \quad (1)$$

де T_{ip} — загальна тривалість інженерної підготовки будівництва, t_i — базова тривалість виконання і-го виду підготовчих робіт, k_{ci} — коефіцієнт

технологічної складності виконання робіт, k_{di} — коефіцієнт взаємозалежності між процесами, n — кількість підготовчих операцій.

У випадку реалізації будівельних проєктів з нетиповою конфігурацією доцільним є врахування додаткового параметра, що відображає рівень просторової складності забудови. Для цього до моделі вводиться інтегральний коефіцієнт конфігураційної складності, який дозволяє коригувати отримані часові параметри відповідно до специфічних умов реалізації проєкту [2]:

$$T_{ip}^{*} = T_{ip} \times k_{conf}, \tag{2}$$

де k_{conf} — коефіцієнт конфігураційної складності, що характеризує вплив геометрії забудови, обмежень території та складності інженерних комунікацій на тривалість підготовчих робіт.

Заключним етапом алгоритмічного моделювання є процедура верифікації отриманих результатів.

Основою алгоритмічної моделі виступає інтегральний параметр складності будівельного проєкту x, який відображає сукупний вплив технічних, організаційних та просторових факторів. Для початкового оцінювання тривалості інженерної підготовки використовується узагальнена нелінійна функція, що враховує як лінійний, так і логарифмічний характер зростання складності:

$$T_0(x) = ax + b + \gamma ln\,(1 + x), \tag{3}$$

де T_0 — базова тривалість інженерної підготовки, x — інтегральний параметр складності будівельного проєкту, a — коефіцієнт впливу складності на тривалість, b — нормативний базовий часовий параметр, γ — коефіцієнт нелінійного коригування.

Однак тривалість інженерної підготовки значною мірою залежить не лише від технічних характеристик проєкту, але й від наявності різноманітних ризиків. До таких ризиків належать геотехнічна невизначеність, погодні фактори, затримки у погоджувальних процедурах та логістичні обмеження. Для врахування цих чинників у модель вводиться інтегральний коефіцієнт ризику r, що формує скориговану тривалість підготовчих робіт [3]:

$$T_r = T_0(x) \times (1 + r + \beta r^2), \tag{4}$$

де T_r — скоригована тривалість інженерної підготовки, r — інтегральний коефіцієнт ризикового впливу, β — коефіцієнт підсилення ризикового ефекту.

Квадратичний член r^2 дозволяє врахувати накопичувальний ефект ризиків, який часто проявляється у складних інфраструктурних проєктах, де взаємодія декількох факторів може призводити до значного збільшення тривалості підготовчих робіт.

Для демонстрації практичного застосування алгоритмічної моделі розглянемо умовний сценарій будівництва адміністративної будівлі середнього рівня складності. Інтегральний параметр складності приймемо на рівні:

$$x = 3.6.$$

За умови, що параметри моделі мають такі значення:

$$a = 2.1, \qquad b = 4.8, \qquad \gamma = 0.9.$$

базова тривалість інженерної підготовки становитиме

$$T_0 = 2.1 \times 3.6 + 4.8 + 0.9 ln\,(4.6).$$

Оскільки:

$$ln\,(4.6) \approx 1.526.$$

Отримуємо:

$$T_0 = 7.56 + 4.8 + 1.37 = 13.73 \text{ днів}.$$

Припустимо, що інтегральний ризиковий коефіцієнт дорівнює:

$$r = 0.65.$$

а коефіцієнт підсилення ризикового впливу становить:

$$\beta = 0.25.$$

Тоді скоригована тривалість підготовчих робіт визначається як:

$$T_r = 13.73(1 + 0.65 + 0.25 \times 0.4225).$$

Оскільки:

$$0.25 \times 0.4225 = 0.1056.$$

остаточно отримуємо:

$$T_r = 13.73 \times 1.7556 \approx 24.10 \text{ днів.}$$

Отриманий результат свідчить про те, що врахування ризикових факторів може значно впливати на прогнозовану тривалість інженерної підготовки, особливо у випадках реалізації проєктів зі складними геологічними або логістичними умовами.

Для аналізу впливу інтегрального параметра складності на тривалість інженерної підготовки був побудований рисунок 2 [4].

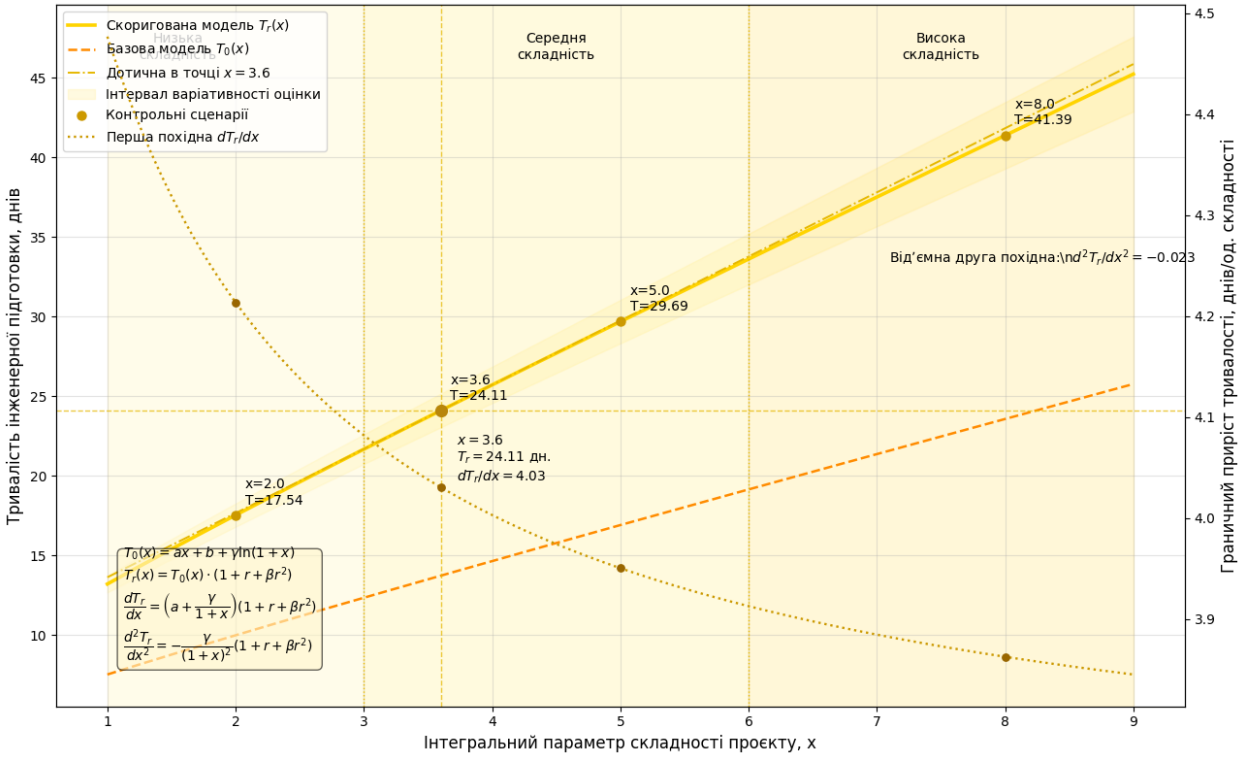


Рис. 2. Залежність тривалості інженерної підготовки будівництва від інтегрального параметра складності проєкту *(розроблено автором на основі [4])*

Аналіз представленої залежності дозволяє зробити висновок, що при збільшенні параметра складності від значення x=2 до x=8 тривалість інженерної підготовки може зрости більш ніж у два рази. Такий результат підтверджує доцільність використання алгоритмічних моделей у процесі планування будівельних проєктів, оскільки вони дозволяють враховувати багатофакторний характер сучасних організаційно-технологічних процесів [10].

В межах алгоритмічного підходу доцільно розширити базову модель тривалості інженерної підготовки шляхом введення додаткових параметрів, які характеризують цифрову зрілість системи управління проєктом [5]. До таких

параметрів належать коефіцієнт цифрової адаптивності A, індекс управлінської мотивації M та показник реактивності цифрового середовища D_T.

З урахуванням зазначених параметрів загальна тривалість інженерної підготовки може бути представлена у вигляді розширеної функціональної залежності [9]:

$$T_a = T_r(x) \times (1 - \mu AM + \eta D_T^2), \quad (5)$$

де T_a — адаптивна тривалість інженерної підготовки, $T^r(x)$ — тривалість підготовки з урахуванням параметра складності та ризикових факторів, A — коефіцієнт цифрової адаптивності системи управління, M — індекс управлінської мотивації, D_T — параметр реактивності цифрового середовища, μ — коефіцієнт впливу цифрової адаптивності, η — коефіцієнт чутливості моделі до інформаційної реактивності.

Використання множника AM дозволяє врахувати синергетичний ефект взаємодії цифрових технологій та поведінкових характеристик управлінської команди. У разі високого рівня цифрової інтеграції та мотивації персоналу модель демонструє скорочення тривалості підготовчого етапу [6].

Для складних інфраструктурних проєктів доцільно застосувати більш узагальнену модель, що враховує нелінійні коливання параметрів середовища. У такому випадку функціональна залежність тривалості інженерної підготовки може бути подана у вигляді:

$$T_{ext}(x) = T_r(x)[1 - \mu AM + \eta D_T^2 + \alpha sin\,(x) ln\,(1 + x)], \quad (6)$$

де α — коефіцієнт компенсації коливальних процесів у системі управління.

Узагальнені характеристики основних параметрів алгоритмічної моделі наведено у таблиці 1.

Таблиця 1.

Параметри адаптивної алгоритмічної моделі визначення тривалості інженерної підготовки будівництва *(розроблено автором на основі [6])*

Позначення параметра	**Назва параметра**	**Економічний зміст**	**Діапазон значень**
1	**2**	**3**	**4**
x	Інтегральний параметр складності	Характеризує технічну та організаційну складність будівельного проєкту	1–10
r	Коефіцієнт ризикового впливу	Відображає рівень невизначеності середовища	0–1

A	Коефіцієнт цифрової адаптивності	Рівень використання цифрових систем управління	0–1

1	2	3	4
M	Індекс управлінської мотивації	Рівень ефективності управлінської команди	0–1
D_T	Показник реактивності цифрового середовища	Швидкість обробки інформаційних потоків	0–1
α	Коефіцієнт компенсації коливань	Показник здатності системи стабілізувати процеси	0–0.5

Графічна інтерпретація розширеної моделі дозволяє дослідити динаміку зміни тривалості інженерної підготовки залежно від рівня цифрової адаптивності та складності проєкту [7]. Відповідна аналітична залежність представлена на рисунку 3.

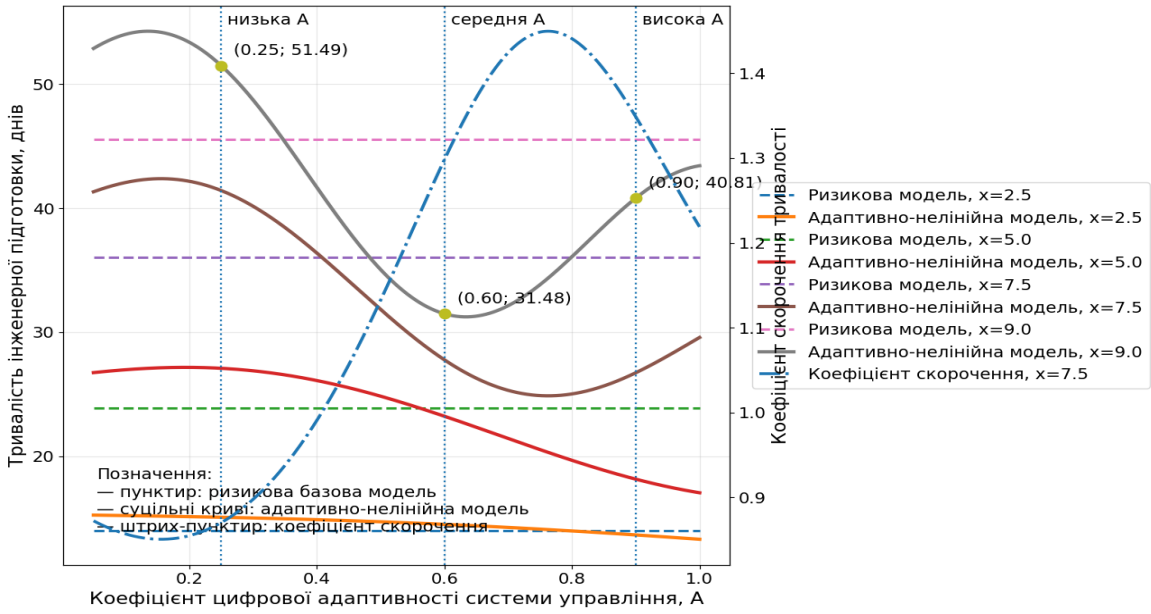


Рис. 3. Вплив цифрової адаптивності системи управління на тривалість інженерної підготовки будівництва *(розроблено автором на основі [7])*

Аналітичний індикатор узгодженості можна подати у вигляді такої функціональної залежності:

$$V_a = \frac{|T_r - T_{ext}|}{T_r} + \lambda \left| \frac{\partial T_{ext}}{\partial x} \right|, \quad (7)$$

де V_a — індикатор аналітичної узгодженості алгоритму, T_r — тривалість інженерної підготовки за класичною ризиковою моделлю, T_{ext} — тривалість за розширеною адаптивною моделлю, λ — коефіцієнт чутливості до зміни параметра складності, к — коефіцієнт впливу ризикових факторів, $\partial x \partial / T_{ext}$ — швидкість зміни тривалості при варіюванні складності проєкту.

Для більш комплексного аналізу ефективності алгоритму доцільно використати інтегральний показник ефективності моделі, який визначає співвідношення між скороченням тривалості інженерної підготовки та рівнем адаптивності цифрової системи управління:

$$E_v = \frac{T_r - T_{ext}}{T_r} \times exp\,(-\delta D_T) + \omega \frac{ln\,(1+x)}{1+r} + \alpha sin\,(x), \quad (8)$$

де E_v — інтегральний показник ефективності алгоритмічної моделі, δ — коефіцієнт згасання ефекту при зростанні інформаційного навантаження, ω — коефіцієнт вагомості структурної складності, DT — параметр реактивності цифрового середовища, α — коефіцієнт компенсації коливань.

Для систематизації процедури верифікації алгоритму послідовність основних етапів аналізу доцільно представити у вигляді рисунка 4, який відображає логіку проведення розрахунків та оцінювання результатів [8].

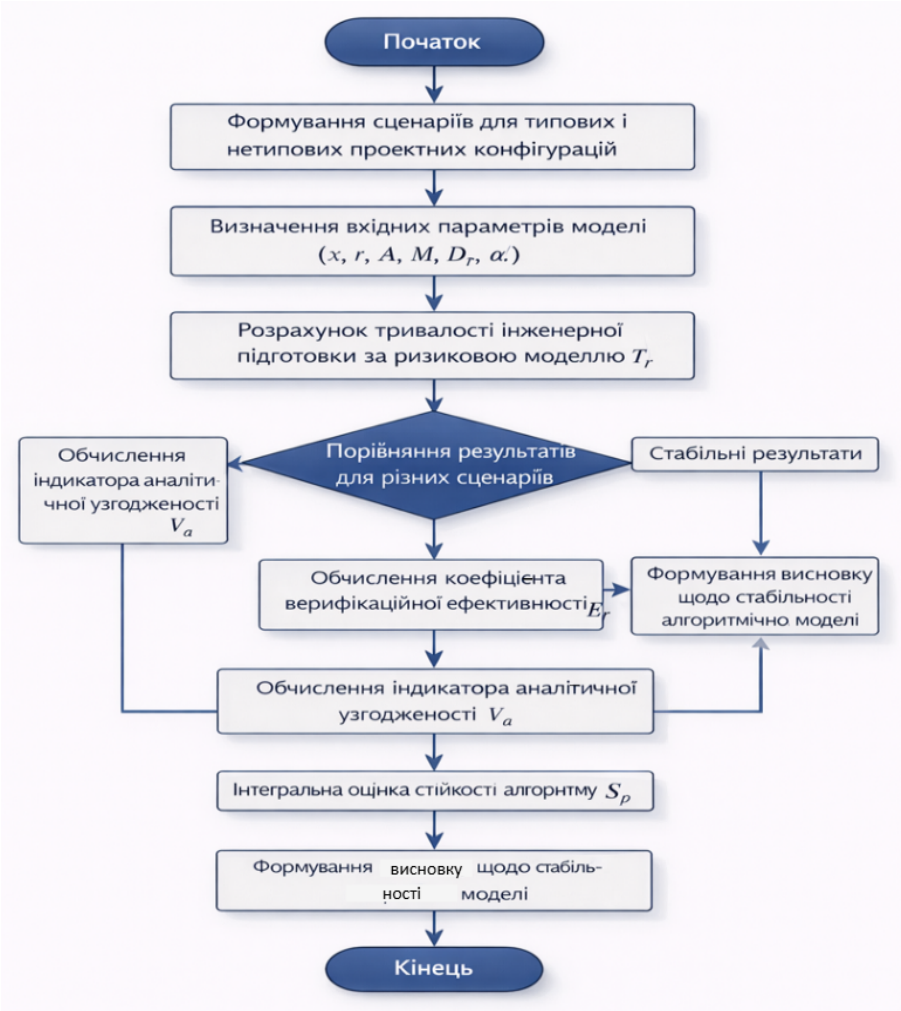


Рис. 4. Блок-схема верифікації алгоритмічної моделі визначення тривалості інженерної підготовки будівництва *(розроблено автором на основі [8])*

При низьких значеннях параметра складності відмінність між моделями є відносно незначною. Проте зі зростанням складності будівельного проєкту адаптивна модель демонструє більш стабільну поведінку та формує нижчу прогнозовану тривалість підготовчого етапу.

Висновок

Проведена верифікація підтверджує ефективність розробленої алгоритмічної моделі для прогнозування тривалості інженерної підготовки будівництва. Поєднання класичних підходів до оцінювання складності проєкту з адаптивними цифровими параметрами дозволяє підвищити точність прогнозування, забезпечити стабільність алгоритму та створити основу для подальшого впровадження інтелектуальних систем планування у сфері організаційно-технологічного управління будівельними проєктами.

Розроблення алгоритмічного підходу до визначення тривалості інженерної підготовки будівництва дозволяє сформувати системну методологічну основу для більш точного прогнозування часових параметрів підготовчих робіт у будівельних проєктах. Використання формалізованих математичних моделей забезпечує можливість інтегрувати технічні, організаційні та інформаційні чинники у єдину аналітичну систему, що підвищує обґрунтованість управлінських рішень у процесі планування підготовчого етапу будівництва.

Література

1. Ballard G. The Last Planner System of Production Control. Birmingham: University of Birmingham, 2000. 192 p.
2. Bryde D., Broquetas M., Volm J. M. The project benefits of Building Information Modelling (BIM). International Journal of Project Management. 2013. Vol. 31, No. 7. P. 971–980.
3. Hendrickson C., Au T. Project Management for Construction: Fundamental Concepts for Owners, Engineers, Architects and Builders. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2008. 589 p.
4. Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Liston K. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers. 3rd ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2018. 688 p.
5. Winch G.M. Managing Construction Projects: An Information Processing Approach. 2nd ed. Chichester: Wiley-Blackwell, 2010. 464 p.
6. Торкатюк В.І. Організація будівництва. Київ: КНУБА, 2017. 392 с.
7. ДСТУ Б А.3.1-5:2016. Організація будівельного виробництва. Київ: Мінрегіон України, 2016. 47 с.

8. Sacks R., Koskela L., Dave B. A., Owen R. Interaction of lean and building information modeling in construction. Journal of Construction Engineering and Management. 2010. Vol. 136, No. 9. P. 968–980.

9. Tormosov, R., Chupryna, I., Ryzhakova, G., Pokolenko, V., Prykhodko, D., & Faizullin, A. (2021). Establishment of the rational economic and analytical basis for projects in different sectors for their integration into the targeted diversified program for sustainable energy development. In 2021 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST) (pp. 1–9).

10. Чуприна, Ю., Алексієєнко, В., Матвєєв, В., та Ползиков, М. Основи функціонування підприємства як єдиної інтегрованої та високоефективної бізнес-системи. Шляхи підвищення ефективності будівництва, 2024, вип. 3(53), С. 57–74. https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.53(3).57-74

Naumenko Kostiantyn,
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

ALGORITHMIC MODELING AND VERIFICATION OF METHODS FOR DETERMINING THE DURATION OF ENGINEERING PREPARATION OF CONSTRUCTION UNDER TYPICAL AND NON-TYPICAL PROJECT CONFIGURATIONS

Modern conditions of construction project implementation are characterized by increasing complexity of organizational and technological processes, growing environmental uncertainty, and the need to improve the accuracy of planning the preparatory stages of construction. Engineering preparation plays a crucial role in this context, as it forms the fundamental prerequisites for the effective execution of core construction and installation works. The overall efficiency of project implementation depends on the accuracy of determining its duration, which necessitates the application of advanced approaches to modeling these processes.

Algorithmic modeling enables the formalization of processes for determining the duration of engineering preparation by considering the multifactor influence of technical, organizational, and spatial characteristics of a construction project. The use of an integral complexity parameter allows for the generalization of key project characteristics and provides a foundation for developing analytical forecasting models.

Within this approach, coefficients of technological complexity, process interdependence, configuration complexity, and risk factors affecting the duration of preparatory works are taken into account. Additional consideration of parameters such as digital adaptability of management systems, managerial motivation, and the

responsiveness of the information environment enhances the flexibility and accuracy of the model.

Keywords: engineering preparation; algorithmic modeling; construction duration; digital adaptability; risks; construction projects; forecasting; efficiency.

REFERENCES

1. Ballard, G. (2000). The Last Planner System of Production Control. Birmingham: University of Birmingham. 192 p. {in English}

2. Bryde, D., Broquetas, M., & Volm, J. M. (2013). The project benefits of Building Information Modelling (BIM). International Journal of Project Management, 31(7), 971–980. {in English}

3. Hendrickson, C., & Au, T. (2008). Project Management for Construction: Fundamental Concepts for Owners, Engineers, Architects and Builders. Upper Saddle River: Prentice Hall. 589 p. {in English}

4. Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2018). BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers (3rd ed.). Hoboken: John Wiley & Sons. 688 p. {in English}

5. Winch, G.M. (2010). Managing Construction Projects: An Information Processing Approach (2nd ed.). Chichester: Wiley-Blackwell. 464 p. {in English}

6. Torkatyuk, V.I. (2017). Organization of Construction. Kyiv: Kyiv National University of Construction and Architecture. 392 p. {in Ukrainian}

7. DSTU B A.3.1-5:2016. (2016). Organization of Construction Production. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine. 47 p. {in Ukrainian}

8. Sacks, R., Koskela, L., Dave, B. A., & Owen, R. (2010). Interaction of lean and building information modeling in construction. Journal of Construction Engineering and Management, 136(9), 968–980. {in English}

9. Tormosov, R., Chupryna, I., Ryzhakova, G., Pokolenko, V., Prykhodko, D., & Faizullin, A. (2021). Establishment of the rational economic and analytical basis for projects in different sectors for their integration into the targeted diversified program for sustainable energy development. In 2021 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST) (pp. 1–9). {in English}

10. Chupryna, Yu., Aleksieienko, V., Matvieiev, V., & Polzykov, M. (2024). Fundamentals of enterprise functioning as a unified integrated and highly efficient business system. Ways to Improve Construction Efficiency, 3(53), 57–74. https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.53(3).57-74 {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2786-7269.2026.17.273-284
УДК 004.9:005.8:69.032
Пасєков А.Д.,
Pasekovandrey@gmail.com, ORCID: 0009-0002-9384-5207,
Київський національний університет будівництва і архітектури

ЦИФРОВІ АЛГОРИТМИ ОПТИМІЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ ЖИТЛОВИМИ ПРОЄКТАМИ: ІНТЕГРАЦІЯ BIM, ERP ТА CRM

Сучасна трансформація будівельної галузі супроводжується активним впровадженням цифрових технологій, що обумовлює необхідність переходу до нових моделей управління житловими девелоперськими проєктами. У цих умовах особливого значення набуває формування цифрових алгоритмів, які забезпечують інтеграцію різнорідних інформаційних систем і створюють передумови для підвищення ефективності управлінських рішень. Ключовою тенденцією є поєднання технологій інформаційного моделювання будівель, систем управління ресурсами підприємства та платформ взаємодії з клієнтами в єдине аналітичне середовище.

Інтеграція BIM, ERP та CRM дозволяє забезпечити безперервний обмін даними між технологічними, фінансовими та ринковими контурами управління. Це створює можливість формування цілісної цифрової архітектури, в межах якої управлінські рішення приймаються на основі актуальної, синхронізованої інформації. Використання алгоритмічних підходів дозволяє формалізувати процеси аналізу, прогнозування та оптимізації параметрів реалізації житлових проєктів, що сприяє підвищенню точності планування та зниженню рівня невизначеності.

Особливу увагу приділено дослідженню впливу цифрової інтеграції на економічні та часові показники девелоперських проєктів. Встановлено, що використання інтегрованих алгоритмічних систем дозволяє суттєво скоротити управлінські затримки, підвищити точність прогнозування фінансових результатів та оптимізувати використання ресурсів. Формування інтегральних моделей оцінювання ефективності забезпечує можливість комплексного аналізу результативності управління з урахуванням технологічних, економічних і поведінкових факторів.

Ключові слова: цифрові алгоритми; BIM; ERP; CRM; житлові проєкти; цифрова інтеграція; управління проєктами; ефективність.

Постановка проблеми: Відсутність інтеграції між BIM-моделями, фінансовими системами та платформами взаємодії з клієнтами призводить до виникнення інформаційних розривів, що негативно впливає на якість

управлінських рішень. Це проявляється у затримках реалізації проєктів, зростанні витрат, зниженні точності прогнозування та підвищенні рівня ризиків. Особливо актуальною ця проблема є для житлових девелоперських проєктів, де необхідно одночасно враховувати технологічні, фінансові та маркетингові аспекти. У таких умовах виникає потреба у формуванні нових підходів до управління, заснованих на використанні цифрових алгоритмів та інтегрованих інформаційних систем. Інтеграція BIM, ERP та CRM дозволяє створити єдине інформаційно-аналітичне середовище, що забезпечує синхронізацію даних та підвищення ефективності управління.

Метою дослідження є обґрунтування теоретичних і методичних засад формування цифрових алгоритмів оптимізації управління житловими проєктами на основі інтеграції BIM, ERP та CRM систем.

Досягнення поставленої мети передбачає вирішення комплексу завдань, серед яких: аналіз особливостей функціонування традиційних систем управління житловими проєктами, визначення ролі цифрових технологій у підвищенні ефективності управління, дослідження механізмів інтеграції різних інформаційних систем у єдине аналітичне середовище. Важливим завданням є також формування алгоритмічної моделі, що дозволяє оцінити ефективність управління з урахуванням технологічних, фінансових і ринкових факторів.

Аналіз останній досліджень і публікацій: Окремий напрям досліджень пов’язаний із використанням ERP-систем для управління ресурсами та фінансовими потоками підприємства. У наукових роботах обґрунтовується важливість інтеграції ERP із технологічними системами для підвищення ефективності планування та контролю витрат. Водночас CRM-системи розглядаються як інструмент управління взаємодією з клієнтами, що дозволяє враховувати ринкові фактори у процесі прийняття управлінських рішень. У сучасних дослідженнях також акцентується увага на необхідності поєднання цих систем у єдину цифрову архітектуру. Інтеграція BIM, ERP та CRM дозволяє створити комплексну модель управління, що забезпечує синхронізацію інформаційних потоків і підвищує прозорість управлінських процесів. Значна частина наукових праць присвячена розробленню алгоритмічних підходів до аналізу даних, прогнозування результатів та оптимізації управлінських рішень.

Виклад основної інформації: У сучасних умовах цифрової трансформації будівельної галузі управління житловими девелоперськими проєктами дедалі більше переходить від фрагментованих інформаційних процесів до інтегрованих алгоритмічних систем, у яких ключові управлінські рішення формуються на основі безперервного аналізу даних, отриманих із різних цифрових платформ. Така трансформація пов’язана з необхідністю

синхронізувати технологічні, фінансові та комунікаційні контури управління, що стає можливим завдяки інтеграції систем BIM-моделювання, ERP-управління ресурсами та CRM-аналітики взаємодії з клієнтами. У межах цього підрозділу розглянемо практичне впровадження алгоритмічної системи цифрової координації для девелоперської компанії «UrbanNova Construction», що реалізує житловий комплекс із п’яти секцій у великому міському середовищі.

До запровадження інтегрованої цифрової системи управління діяльність компанії характеризувалася наявністю інформаційних розривів між різними управлінськими рівнями [1]. Просторово-технологічні параметри будівництва формувалися в BIM-середовищі Autodesk Revit, проте фінансові розрахунки виконувалися окремо у таблицях Excel, а взаємодія з інвесторами та покупцями здійснювалася через CRM-систему HubSpot без інтеграції з виробничими даними.

На рисунку 1 показано динаміку інтегрального індексу ефективності управління проєктом у традиційній системі, що враховує співвідношення витрат, строків і управлінських затримок.

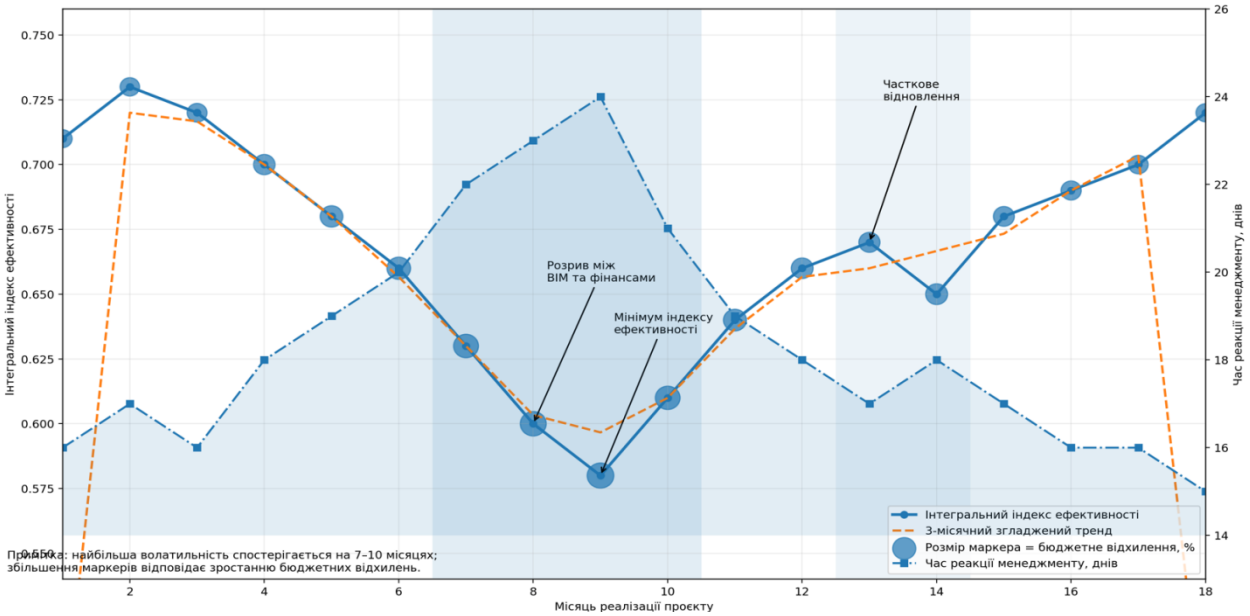


Рис. 1. Динаміка інтегрального індексу ефективності управління житловим проєктом до впровадження інтегрованої цифрової системи (*розроблено автором на основі [1]*)

Подібні коливання створювали додаткові ризики для інвесторів і підрядних організацій. Для подолання цих проблем було впроваджено інтегровану алгоритмічну систему управління, яка поєднує BIM-модель об’єкта, ERP-платформу Microsoft Dynamics 365 та CRM-аналітику Salesforce [2]. Основою алгоритмічної системи стала узагальнена функція цифрової

ефективності управління житловим проєктом, яка об'єднує економічні, технологічні та поведінкові параметри:

$$E(t) = \sum_{i=1}^{n} \int_{0}^{T} \frac{F_i(t) \cdot \phi(BIM_i(t), ERP_i(t), CRM_i(t))}{(1+r+\sigma)^t} dt, \quad (1)$$

У цій функції $F_i(t)$відображає грошовий потік окремої секції житлового комплексу, функція $\phi(BIM_i, ERP_i, CRM_i)$описує ступінь узгодженості між цифровими системами, r— вартість капіталу, а σ— коефіцієнт управлінської нестабільності. Інтегрування за часом дозволяє врахувати динамічний характер будівельного циклу.

Практичне застосування алгоритму було перевірено на даних реального проєкту. Початкові інвестиції становили 18 млн євро. Прогнозні грошові потоки від продажу квартир дорівнювали 9,5 млн євро у першому році, 11,2 млн у другому та 13,8 млн у третьому. Вартість капіталу компанії визначено на рівні 12 %, а коефіцієнт управлінської нестабільності до цифровізації становив 0,11. Класичний розрахунок чистої приведеної вартості мав вигляд:

$$NPV = \sum_{t=1}^{3} \frac{CF_t}{(1+r)^t} - I_0, \quad (2)$$

Підставляючи числові значення, отримуємо:

$$NPV = \frac{9.5}{1.12} + \frac{11.2}{1.12^2} + \frac{13.8}{1.12^3} - 18$$

Після обчислення дисконтовані потоки становлять відповідно 8,48; 8,93 та 9,83 млн євро. Сумарна величина дорівнює 27,24 млн євро, а чиста приведена вартість — 9,24 млн євро. Після інтеграції BIM-ERP-CRM коефіцієнт узгодженості цифрових систем зріс до 1,08, а коефіцієнт нестабільності зменшився до 0,06. Застосовуючи модифіковану функцію ефективності, отримуємо [9]:

$$NPV^* = \sum_{t=1}^{3} \frac{CF_t \cdot 1.08}{(1+r+0.06)^t} - 18 \quad (3)$$

Результат обчислень показав зростання приведеної вартості до 10,37 млн євро, що означає приріст економічного ефекту на 1,13 млн євро. Такий

результат пояснюється зниженням управлінських втрат і скороченням затримок у реалізації проєкту. Щоб продемонструвати зміни після цифрової інтеграції, було побудовано нову візуалізацію на рисунку 2.

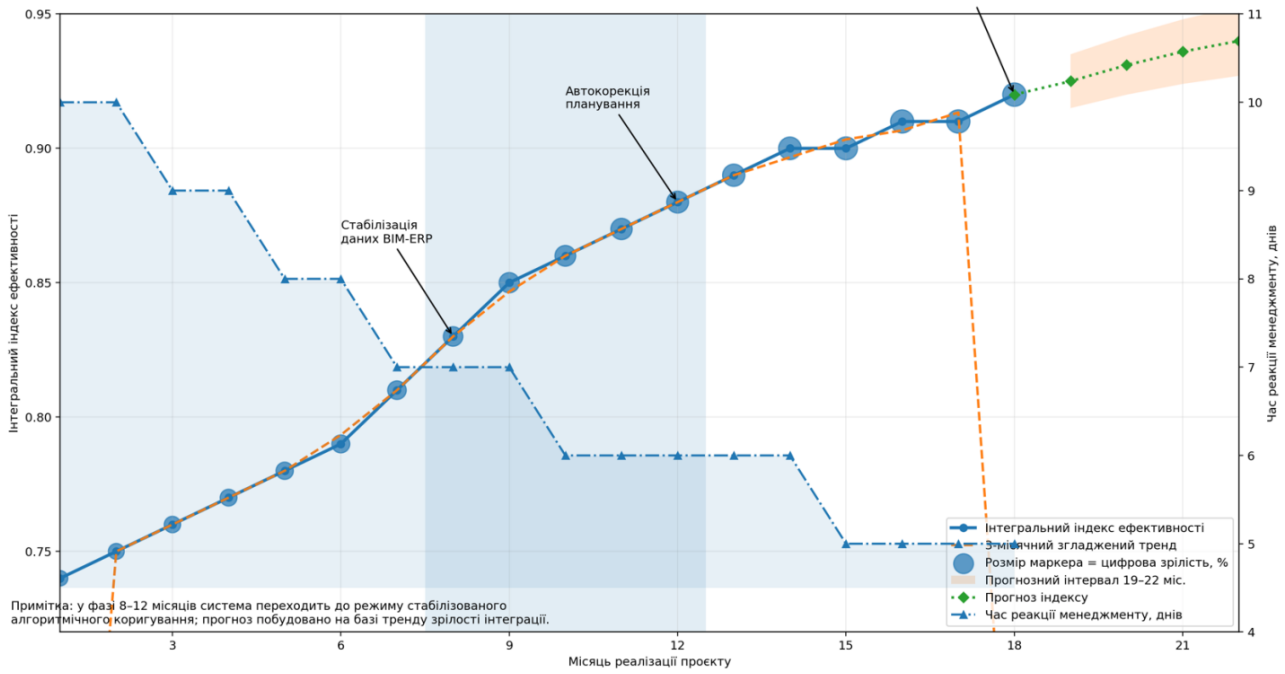


Рис. 2. Динаміка інтегрального індексу ефективності управління після інтеграції BIM-ERP-CRM систем (*розроблено автором на основі [2]*)

Адаптація компанії до нової системи відбувалася поступово. Спочатку було створено центр аналітики даних, що об’єднав BIM-інженерів, фінансових аналітиків та менеджерів із продажу. Далі впроваджено інтеграційну платформу Azure Data Factory, яка синхронізує інформацію між системами. Завершальним етапом стало створення інтерактивного дашборду Power BI, де керівництво компанії отримує оперативну інформацію про стан проєкту.

У результаті цифрової трансформації компанія «UrbanNova Construction» отримала відчутні переваги [8]. Точність прогнозування бюджету зросла з 82 % до 94 %, середній час ухвалення управлінських рішень скоротився з 18 до 6 днів, а витрати на коригування помилок зменшилися на 37 %. Разом із тим нова система має і певні обмеження. Її впровадження потребує значних інвестицій у цифрову інфраструктуру та підготовку персоналу. Існують також ризики кібербезпеки та залежності від якості даних [7].

У контексті подальшого розвитку цифрових систем управління житловими девелоперськими проєктами особливого значення набуває не лише інтеграція окремих інформаційних платформ, а й формування цілісної цифрової архітектури управління, у якій BIM-модель об’єкта, ERP-аналітика ресурсів та

CRM-середовище взаємодії з ринком утворюють єдиний обчислювальний контур [3].

На початковому етапі цифрової трансформації компанія зіткнулася з типовою для будівельної галузі ситуацією: технологічні, фінансові та комунікаційні процеси функціонували в різних інформаційних середовищах. Просторово-технологічні параметри будівництва формувалися у BIM-моделі Autodesk Revit і Navisworks, фінансові розрахунки виконувалися у Microsoft Dynamics 365, а взаємодія з клієнтами здійснювалася через CRM-систему Salesforce.

Попри використання сучасного програмного забезпечення, відсутність прямого алгоритмічного зв'язку між цими системами призводила до того, що значна частина управлінських рішень приймалася на основі застарілих або неповних даних. Наприклад, у 2022 році середній лаг оновлення інформації між BIM-моделлю та фінансовими розрахунками становив близько 72 годин.

Щоб подолати цю проблему, було розроблено інтеграційний алгоритм обміну даними між системами. Його основу становить функція синхронізації інформаційних потоків, яка об'єднує параметри BIM-моделі, ERP-дані про ресурси та CRM-показники попиту. Узагальнений вигляд цієї залежності можна подати так:

$$S(t) = \sum_{i=1}^{n} \frac{B_i(t) \cdot R_i(t) \cdot C_i(t)}{1+\lambda_i}, \tag{4}$$

де $B_i(t)$— інформаційний параметр BIM-моделі для і-го конструктивного елемента, $R_i(t)$— ресурсно-фінансовий показник ERP-системи, $C_i(t)$— індикатор ринкової активності CRM, λ_i— коефіцієнт інформаційної затримки.

Застосування цієї функції дозволяє автоматично узгоджувати інформаційні потоки між системами. Після інтеграції цифрового середовища коефіцієнт затримки даних λу компанії UrbanNova Construction зменшився з 0,42 до 0,11, що означає скорочення часу оновлення управлінських даних з 72 до 18 годин.

Як показано на схемі на рисунку 3, ключовим елементом цифрової архітектури виступає централізоване сховище даних, яке синхронізує інформаційні потоки між трьома системами.

BIM-модель передає дані про конструктивні елементи, обсяги робіт та календарні етапи будівництва. ERP-система забезпечує інформацію про витрати, постачання матеріалів, використання техніки та фінансові потоки. CRM-середовище фіксує попит на житло, активність інвесторів і поведінкові

параметри клієнтів. Усі ці дані обробляються аналітичним модулем, який формує прогностичні сценарії розвитку проєкту.

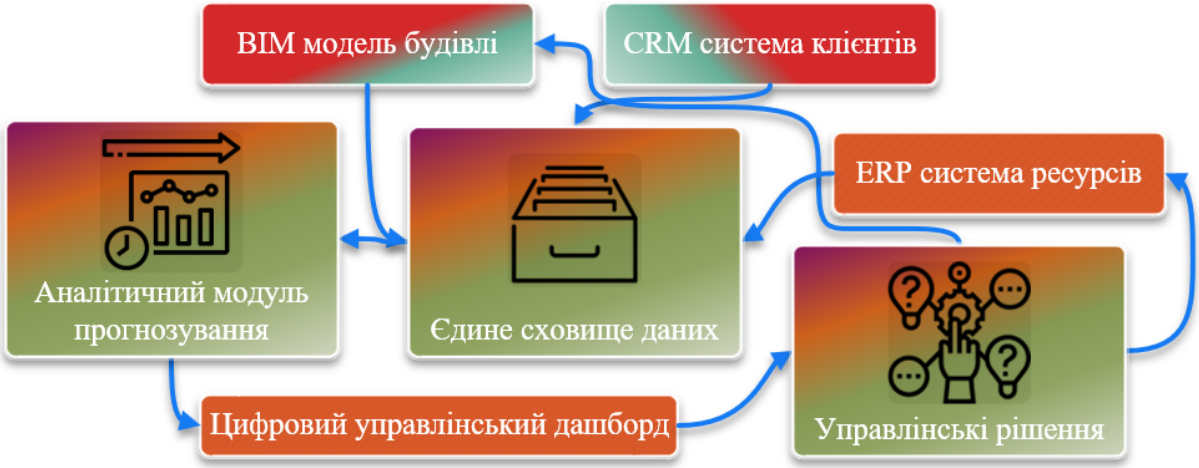


Рис 3. Інтеграційна архітектура обміну даними між BIM-ERP-CRM у системі управління житловим проектом (*розроблено автором на основі [3]*)

Практичне застосування цієї архітектури було перевірено на прикладі будівництва третьої секції житлового комплексу UrbanNova Residence [4]. До цифрової інтеграції середня вартість одного квадратного метра будівництва становила 742 євро, а середній термін реалізації секції дорівнював 27,4 місяця. Після запуску інтегрованої системи управління ці показники змінилися: середня вартість квадратного метра знизилася до 706 євро, а строк будівництва скоротився до 25,9 місяця. Таким чином, економія витрат склала приблизно 4,9 %, тоді як тривалість реалізації проєкту зменшилася на 1,5 місяця.

Для глибшого розуміння процесу адаптації компанії до нової цифрової архітектури важливо розглянути алгоритм взаємодії інформаційних потоків у часі. Як видно на схемі на рисунку 4, цифрова система функціонує у вигляді циклічного алгоритму.

Алгоритм прогнозування об’єднує ці дані та формує оновлений план будівництва. Після реалізації цього плану система отримує новий зворотний сигнал, що дозволяє коригувати подальші управлінські рішення. Важливу роль у функціонуванні цієї системи відіграють сучасні програмні продукти обробки даних та аналітики. Завдяки використанню цих інструментів компанія UrbanNova Construction змогла перейти від реактивного управління до прогнозного. Якщо раніше відхилення графіка будівництва виявлялися після виникнення проблеми, то тепер система здатна прогнозувати їх за 2–3 тижні до фактичного прояву. Наприклад, аналіз даних ERP показав, що затримка постачання металоконструкцій на 5 днів може призвести до збільшення витрат на 210 тис. євро.

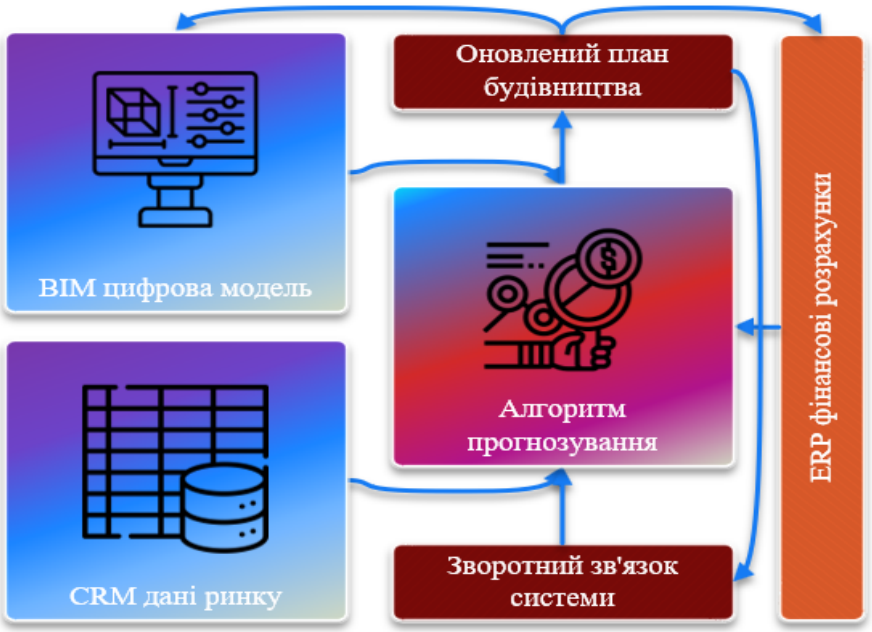


Рис. 4. Алгоритмічний цикл оновлення управлінських рішень у цифровій системі BIM-ERP-CRM (*розроблено автором на основі [4]*)

У результаті цифрової трансформації змінилася не лише технічна структура управління, а й організаційна логіка діяльності компанії. Було створено окремий аналітичний центр, до складу якого входять BIM-інженери, аналітики даних і менеджери з продажу. Практичні результати впровадження цифрової архітектури є досить показовими. Загальна рентабельність девелоперського проєкту зросла з 17,8 % до 21,3 %, середній термін продажу квартир скоротився з 11 до 7 місяців, а точність прогнозування бюджету досягла 95 %.

У стратегічному вимірі сильними сторонами інновації є підвищення швидкості прийняття управлінських рішень, зменшення інформаційних розривів між системами та можливість прогнозування ризиків. До слабких сторін належать висока вартість інтеграції та складність технічного супроводу [5].

Для оцінювання ефективності цифрової інтеграції було сформовано інтегральну функцію управлінської продуктивності, яка враховує вплив технологічних, фінансових та ринкових факторів:

$$I_{eff} = \int_0^T \frac{\sum_{i=1}^{n}(P_i(t)\cdot D_i(t)\cdot M_i(t))}{(1+r)^t} dt, \quad (5)$$

Де $P_i(t)$— продуктивність будівельного процесу, $D_i(t)$— цифрова синхронізація систем, $M_i(t)$— ринкова активність продажів,

r— вартість капіталу. Підставляючи дані реального проєкту UrbanNova Residence, отримуємо:

продуктивність будівництва — 0,82 цифрова синхронізація систем — 0,63 ринкова активність — 0,74 вартість капіталу — 0,12 Тоді інтегральний індекс ефективності до цифрової інтеграції становить

$$I_{eff} = 0.82 \times 0.63 \times 0.74 = 0.38$$

Це означає, що лише 38 % потенціалу системи управління використовувалося ефективно. Після інтеграції BIM-ERP-CRM показник цифрової синхронізації зріс до 0,91, а продуктивність будівництва підвищилася до 0,88. Таким чином,

$$I_{eff}^{new} = 0.88 \times 0.91 \times 0.81 = 0.65$$

Отже, інтегральна ефективність управління зросла з 0,38 до 0,65, тобто приблизно на 71 %. Для більш детального аналізу економічної ефективності використано функцію динамічної вартості девелоперського проєкту:

$$V(t) = \sum_{k=1}^{n} \frac{CF_k(t) \cdot \Psi_k}{(1+\rho+\sigma_k)^t}, \quad (6)$$

Де $CF_k(t)$— грошові потоки від продажу житла, Ψ_k— коефіцієнт цифрової оптимізації, ρ— ставка дисконту, σ_k— коефіцієнт ризику.

Для UrbanNova Residence прогнозні грошові потоки становили:

рік 1 — 9,8 млн € рік 2 — 11,4 млн € рік 3 — 13,1 млн € При ставці дисконту 11 % класична оцінка NPV дорівнює

$$NPV = 8.83 + 9.25 + 9.57 - 18 = 9.65 \text{ млн €}$$

Після впровадження цифрової системи коефіцієнт оптимізації Ψдорівнює 1.12, а ризик знижується до 0.06.

Тоді

$$NPV^{digital} = 10.11 + 10.56 + 10.87 - 18 = 13.54 \text{ млн €}$$

Таким чином, цифрова інтеграція забезпечила збільшення приведеної вартості проєкту на 3.89 млн €. Важливим аспектом цифрової трансформації

стало скорочення строків будівництва. Для оцінювання цього ефекту використано функцію часової оптимізації:

$$T^* = T_{base} \cdot e^{-(\alpha+\beta)}, \quad (7)$$

Де T_{base}— базова тривалість будівництва, α— коефіцієнт цифрової інтеграції, β— коефіцієнт управлінської координації. Для базового строку 28 місяців,

$\alpha = 0.12$

$\beta = 0.09$

Отримуєм

$T^* = 28 \cdot e^{-0.21} = 23.7$ місяця

Висновок

Проведене дослідження підтверджує, що цифровізація управління житловими проєктами є ключовим фактором підвищення ефективності функціонування будівельних підприємств у сучасних умовах. Інтеграція BIM, ERP та CRM у єдине інформаційно-аналітичне середовище забезпечує формування цілісної цифрової архітектури управління, яка дозволяє синхронізувати технологічні, фінансові та ринкові процеси.

Встановлено, що застосування цифрових алгоритмів сприяє зменшенню інформаційних розривів, скороченню часу прийняття управлінських рішень і підвищенню точності прогнозування основних параметрів проєкту. Використання інтегральних моделей оцінювання ефективності дозволяє комплексно враховувати вплив різних факторів на результати реалізації житлових девелоперських проєктів, що створює передумови для оптимізації ресурсного забезпечення та мінімізації ризиків.

Практичні результати свідчать про суттєве підвищення економічної ефективності, скорочення строків будівництва та зростання прозорості управлінських процесів. Водночас впровадження цифрових систем супроводжується необхідністю значних інвестицій, розвитку цифрових компетенцій персоналу та забезпечення належного рівня якості даних.

Література

1. Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. Hoboken: John Wiley & Sons, 2018.
2. Marr, B. Data Strategy: How to Profit from a World of Big Data, Analytics and Artificial Intelligence. London: Kogan Page, 2017.
3. Kassem, M., & Succar, B. Macro BIM adoption: Conceptual structures. Automation in Construction, 57, 2015, pp. 64–79.

4. Bryde, D., Broquetas, M., & Volm, J. M. The project benefits of Building Information Modelling (BIM). International Journal of Project Management, 31(7), 2013, pp. 971–980.

5. Succar, B. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. Automation in Construction, 18(3), 2009, pp. 357–375.

6. Chupryna, G. Ryzhakova, V. Pokolenko, D. Prykhodko and A. Faizullin, "Establishment of the rational economic and analytical basis for projects in different sectors for their integration into the targeted diversified program for sustainable energy development," 2021 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST), 2021, pp. 1-9

7. Love, P.E.D., Matthews, J., Simpson, I., Hill, A., & Olatunji, O. A benefits realization management building information modeling framework for asset owners. Automation in Construction, 37, 2014, pp. 1–10.

8. UrbanNova Construction. About us. URL: https://www.urbannovamax.com/about-us

9. Чуприна Ю.А. Побудова концепції інтеграції підприємств стейкхолдерів до складу будівельного кластеру. [Текст] // Формування ринкових відносин в Україні// 2019 зб.наук.праць №1 (212)

Pasekov Andriy,
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

DIGITAL ALGORITHMS FOR OPTIMIZING THE MANAGEMENT OF RESIDENTIAL PROJECTS: INTEGRATION OF BIM, ERP AND CRM

The modern transformation of the construction industry is accompanied by the active implementation of digital technologies, which necessitates the transition to new models for managing residential development projects. Under these conditions, the formation of digital algorithms becomes particularly important, as they ensure the integration of heterogeneous information systems and create the foundation for improving the efficiency of managerial decision-making. A key trend is the integration of building information modeling technologies, enterprise resource planning systems, and customer relationship management platforms into a unified analytical environment.

The integration of BIM, ERP, and CRM enables continuous data exchange between technological, financial, and market management domains. This creates the possibility of forming a holistic digital management architecture in which decisions are made based on up-to-date and synchronized information. The application of algorithmic approaches allows for the formalization of analysis, forecasting, and optimization processes related to residential project implementation, thereby improving planning accuracy and reducing uncertainty.

Particular attention is paid to assessing the impact of digital integration on the economic and temporal performance indicators of development projects. It has been established that the use of integrated algorithmic systems significantly reduces

managerial delays, enhances the accuracy of financial forecasting, and optimizes resource utilization. The development of integrated performance evaluation models enables a comprehensive analysis of management effectiveness, taking into account technological, economic, and behavioral factors.

Keywords: digital algorithms; BIM; ERP; CRM; residential projects; digital integration; project management; efficiency.

REFERENCES

1. Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. Hoboken: John Wiley & Sons, 2018. {in English}

2. Marr, B. Data Strategy: How to Profit from a World of Big Data, Analytics and Artificial Intelligence. London: Kogan Page, 2017. {in English}

3. Kassem, M., & Succar, B. Macro BIM adoption: Conceptual structures. Automation in Construction, 57, 2015, pp. 64–79. {in English}

4. Bryde, D., Broquetas, M., & Volm, J. M. The project benefits of Building Information Modelling (BIM). International Journal of Project Management, 31(7), 2013, pp. 971–980. {in English}

5. Succar, B. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. Automation in Construction, 18(3), 2009, pp. 357–375. {in English}

6. Chupryna, Y., Ryzhakova, H., Pokolenko, V., Prykhodko, D., & Faizullin, A. Establishment of the rational economic and analytical basis for projects in different sectors for their integration into the targeted diversified program for sustainable energy development. In: 2021 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST), 2021, pp. 1–9. {in English}

7. Love, P.E.D., Matthews, J., Simpson, I., Hill, A., & Olatunji, O. A benefits realization management building information modeling framework for asset owners. Automation in Construction, 37, 2014, pp. 1–10. {in English}

8. UrbanNova Construction. About us. URL: https://www.urbannovamax.com/about-us (accessed: 19.03.2026). {in English}

9. Chupryna, Yu.A. Development of the concept of integration of stakeholder enterprises into a construction cluster. Formation of Market Relations in Ukraine, 2019, No. 1 (212). {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2786-7269.2026.17.285-297
УДК 005.8:004.9:69

Пелехатий Р.М.,
pelehatyirm@gmail.com, ORCID: 0009-0004-1957-3682,
аспірант кафедри організації та управління будівництвом,
Київський національний університет будівництва і архітектури

ІНТЕГРАЦІЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ В СИСТЕМУ УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТАМИ НА СТАДІЯХ ПЛАНУВАННЯ, ВИКОНАННЯ ТА ПОСТПРОЄКТНОГО МОНІТОРИНГУ

Сучасні умови розвитку проєктної діяльності у будівництві визначають необхідність переходу до нових моделей управління, заснованих на інтеграції цифрових технологій у всі етапи життєвого циклу проєкту. Впровадження цифрових інструментів дозволяє сформувати єдине інформаційно-аналітичне середовище, яке об'єднує процеси планування, виконання та постпроєктного моніторингу, забезпечуючи їх взаємозв'язок і узгодженість. Такий підхід сприяє підвищенню якості управлінських рішень, зниженню рівня невизначеності та оптимізації використання ресурсів.

На стадії планування цифрові технології забезпечують можливість комплексного аналізу вихідних даних, моделювання альтернативних сценаріїв реалізації проєкту та оцінювання потенційних ризиків. Інтеграція інформаційних моделей, аналітичних платформ і прогнозних інструментів дозволяє підвищити точність визначення параметрів проєкту, узгодити стратегічні та оперативні цілі, а також забезпечити більш ефективне ресурсне планування.

Етап виконання проєкту в умовах цифровізації трансформується у кіберфізичну систему, що функціонує на основі безперервного збору та обробки даних. Використання сенсорних технологій, хмарних платформ і інтегрованих інформаційних систем дозволяє здійснювати оперативний контроль за ходом виконання робіт, виявляти відхилення від планових показників і своєчасно коригувати управлінські рішення. Це забезпечує підвищення продуктивності, стабільності та ефективності виконання проєктних завдань.

Ключові слова: цифрові технології; управління проєктами; BIM; цифрова інтеграція; планування; виконання проєкту; постпроєктний моніторинг; ефективність.

Постановка проблеми: Основною проблемою є недостатній рівень інтеграції даних між етапами життєвого циклу проєкту, що призводить до

виникнення інформаційних розривів, зниження точності планування та неефективного використання ресурсів. Особливо це проявляється у процесах виконання проєктів, де відсутність оперативного контролю ускладнює своєчасне реагування на відхилення.

В умовах цифровізації виникає необхідність формування інтегрованих систем управління, що забезпечують безперервний обмін даними, автоматизацію аналітичних процесів та адаптивність управлінських рішень. Важливим завданням є також забезпечення ефективного постпроєктного моніторингу, який дозволяє накопичувати досвід та вдосконалювати майбутні проєкти.

Метою дослідження є обґрунтування теоретичних і методичних засад інтеграції цифрових технологій в систему управління проєктами на стадіях планування, виконання та постпроєктного моніторингу. Для досягнення поставленої мети передбачено аналіз особливостей використання цифрових інструментів на різних етапах життєвого циклу проєкту, дослідження механізмів інтеграції інформаційних систем, а також обґрунтування доцільності застосування математичних моделей для оцінювання ефективності управлінських процесів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій: Питання інтеграції цифрових технологій в систему управління проєктами є одним із ключових напрямів сучасних наукових досліджень. У наукових працях підкреслюється важливість використання інформаційних технологій для підвищення ефективності управління, забезпечення прозорості процесів та зниження рівня ризиків.

Значна увага приділяється використанню технологій інформаційного моделювання, цифрових двійників, систем управління ресурсами та аналітичних платформ. Дослідження показують, що їх інтеграція дозволяє створити єдине інформаційне середовище, яке забезпечує узгодженість даних і підвищує якість управлінських рішень.

Виклад основної інформації: Інтеграція цифрових технологій у сучасну систему управління проєктами виступає визначальним чинником підвищення ефективності організаційно-управлінських процесів та забезпечення їх адаптивності до змінного зовнішнього середовища. В межах життєвого циклу проєкту цифровізація набуває системного характеру, трансформуючи традиційні підходи до управління шляхом впровадження єдиного інформаційного простору, що об’єднує дані, процеси та учасників проєктної діяльності.

На стадії планування проєкту цифрові технології забезпечують можливість комплексного аналізу вихідних умов, багатоваріантного моделювання сценаріїв розвитку та оцінювання потенційних ризиків.

Застосування сучасних інформаційно-аналітичних систем, включаючи технології інформаційного моделювання, цифрові двійники та інструменти прогнозної аналітики, дозволяє значно підвищити точність визначення параметрів проєкту. Це сприяє більш обґрунтованому розподілу ресурсів, оптимізації календарного планування та узгодженню стратегічних і оперативних рішень в межах проєктної діяльності.

Етап виконання проєкту характеризується інтенсивним використанням цифрових платформ, що забезпечують безперервний моніторинг, контроль і координацію процесів у режимі реального часу. Використання хмарних сервісів, інтегрованих систем управління ресурсами та технологій Інтернету речей дозволяє оперативно отримувати дані про стан виконання робіт, виявляти відхилення від запланованих показників та здійснювати своєчасне коригування управлінських рішень [1].

Для наочного відображення логіки інтеграції цифрових технологій в систему управління проєктами на всіх етапах їх життєвого циклу доцільно використати блок-схему, представлену на рисунку 1.

Рис. 1. Блок-схема інтеграції цифрових технологій в систему управління проєктами на всіх стадіях життєвого циклу *(розроблено автором на основі [1])*

Завершальний етап постпроєктного моніторингу виконує функцію зворотного зв’язку в системі управління проєктами, забезпечуючи накопичення, аналіз і інтерпретацію результатів реалізації проєкту. Використання цифрових інструментів бізнес-аналітики, систем обробки великих даних та методів машинного навчання дозволяє здійснювати глибокий

аналіз ефективності прийнятих управлінських рішень, виявляти закономірності та формувати рекомендації для подальшого вдосконалення проєктної діяльності. Це створює передумови для переходу до інтелектуалізованих систем управління, здатних до самонавчання та адаптації.

Цифровізація управління проєктами забезпечує інтеграцію всіх етапів життєвого циклу в єдину інформаційно-аналітичну систему, що сприяє підвищенню якості управлінських рішень, скороченню часових і ресурсних витрат та зростанню загальної ефективності реалізації проєктів.

Інтеграція цифрових технологій в систему планування проєктів формує нову управлінську логіку, в межах якої процес підготовки, узгодження та реалізації проєктних рішень набуває безперервного, аналітично підтриманого характеру. На відміну від традиційного підходу, де планування часто спирається на фрагментарні розрахунки, локальні документи та ізольовані інформаційні масиви, цифрове середовище забезпечує об'єднання даних, моделей, ресурсних параметрів і прогнозних сценаріїв в межах єдиної інформаційної системи.

У цифровому форматі планування ключового значення набуває не лише наявність сучасних програмних рішень, але й рівень їх функціональної взаємоузгодженості. Якщо окремі модулі не синхронізовані між собою, а дані мають різний ступінь повноти, актуальності або структурованості, навіть високий рівень автоматизації не забезпечує належної якості управлінських рішень.

Для формалізації даного підходу доцільно використати інтегральну функцію цифрової узгодженості планування, яка враховує якість даних, узгодженість цифрових моделей, синхронізацію процесів та адаптивність системи до змін [3]:

$$C_u = \alpha_1 D + \alpha_2 M + \alpha_3 S + \alpha_4 A, \quad (1)$$

де C_u - інтегральний показник цифрової узгодженості планування, D - рівень якості та структурованості вихідних даних, M — ступінь узгодженості цифрових моделей, S - рівень синхронізації процедур планування, A - адаптивність системи планування до змін умов реалізації проєкту, α_1, α_2, α_3 ,α_4 - вагові коефіцієнти значущості відповідних параметрів.

Припустимо, що для аналізованого проєкту визначено такі значення показників: D=0.84, M=0.79, S=0.81, A=0.76. Вагові коефіцієнти встановлено на рівні: α_1=0.30, α_2=0.25, α_3=0.25, α_4=0.20. Тоді розрахунок інтегрального показника має такий вигляд:

$$C_u = 0.30 \times 0.84 + 0.25 \times 0.79 + 0.25 \times 0.81 + 0.20 \times 0.76.$$

$$C_u = 0.252 + 0.1975 + 0.2025 + 0.152 = 0.804.$$

Отримане значення свідчить про високий рівень цифрової узгодженості системи планування. Це означає, що основні інформаційні потоки, аналітичні модулі та управлінські процедури взаємодіють в межах відносно стабільного цифрового контуру, який забезпечує достатню якість прогнозування та дозволяє формувати обґрунтовані планові рішення.

Разом із тим, сам по собі високий рівень цифрової узгодженості ще не вичерпує змісту ефективного планування, оскільки важливо оцінити, яким чином ця узгодженість впливає на результативність управлінських процесів. Для цього доцільно використати функцію ефективності цифрового планування, що відображає комбінований вплив інтеграції та накопичення синергетичного ефекту:

$$E_p = \beta ln(1 + \gamma C_u) + \delta C_u^2, \quad (2)$$

де E_p — інтегральний показник ефективності цифрового планування, β, γ, δ — параметри чутливості системи до зростання цифрової узгодженості.

Нехай β=0.58, γ=2.7, δ=0.42. Підставимо попередньо визначене значення C_u=0.804:

$$E_p = 0.58ln(1 + 2.7 \times 0.804) + 0.42 \times (0.804)^2.$$

$$E_p = 0.58ln(3.1708) + 0.42 \times 0.6464.$$

$$E_p = 0.58 \times 1.154 + 0.2715.$$

$$E_p = 0.6693 + 0.2715 = 0.9408.$$

Розраховане значення демонструє, що при високому рівні цифрової узгодженості система планування набуває майже максимального рівня функціональної ефективності. Такий результат пояснюється тим, що взаємоузгоджені цифрові модулі забезпечують не лише швидкість обробки

інформації, але й якісно новий рівень аналітичної підтримки управлінських рішень [4].

Для наочного відображення залежності ефективності планування від рівня цифрової узгодженості доцільно використати графік, представлений на рисунку 2.

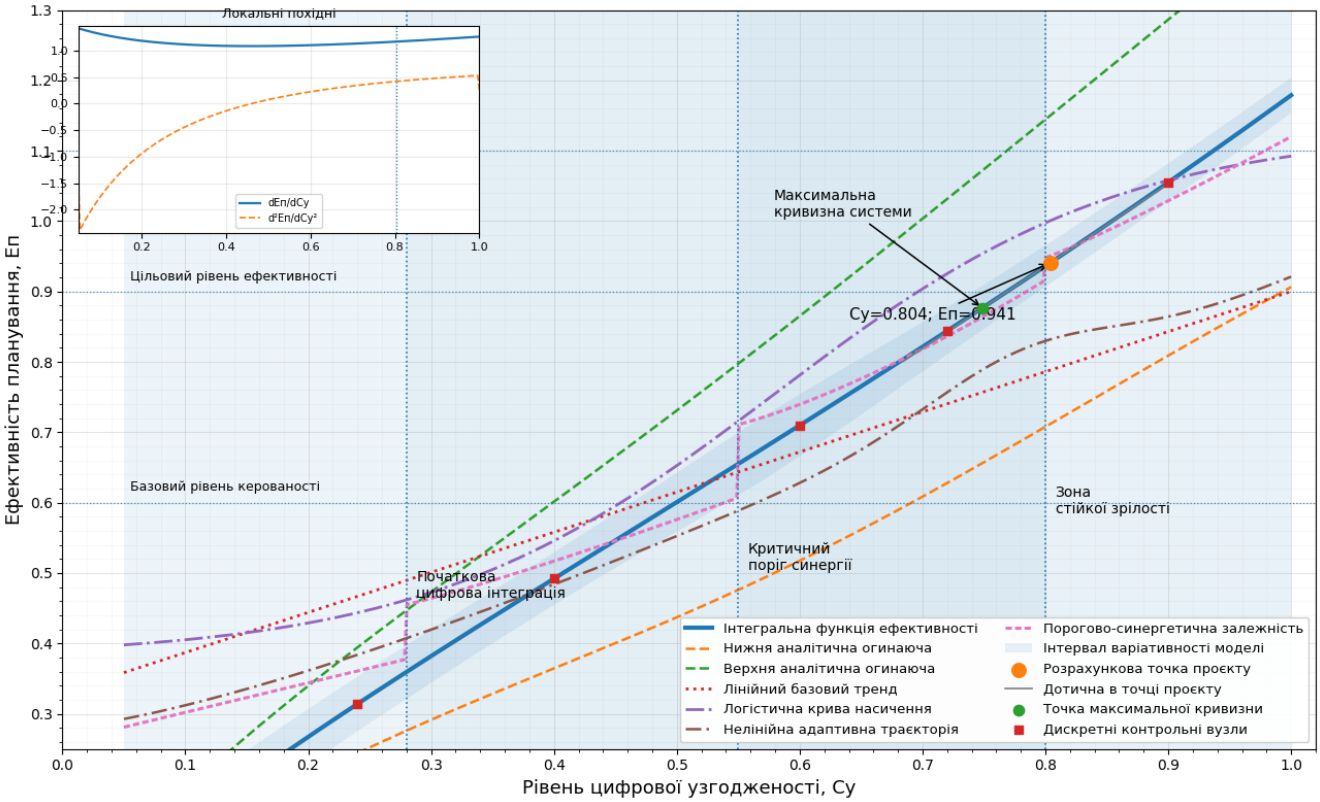


Рис. 2. Графічна інтерпретація залежності ефективності планування від рівня цифрової узгодженості *(розроблено автором на основі [4])*

На початкових етапах цифрової інтеграції приріст ефективності має відносно помірний характер, однак після досягнення певного рівня узгодженості починає діяти синергетичний ефект. Водночас структурна логіка функціонування цифрового планування потребує не лише кількісного, але й процесного відображення. З цією метою доцільно подати блок-схему взаємодії основних елементів цифрового контуру планування, що наведена на рисунку 3.

Цифрова узгодженість виступає системоутворювальним чинником ефективного планування проєктів, оскільки саме вона забезпечує зв’язок між інформаційною повнотою, точністю моделей, синхронізацією процесів та адаптивністю управлінських механізмів. Використання інтегральних показників і функціональних залежностей дозволяє не лише формалізувати рівень цифрової зрілості системи планування, але й кількісно оцінити її вплив на результативність управлінської діяльності. У цьому контексті цифрове

планування стає основою для переходу до більш складних, адаптивних і прогнозно-орієнтованих моделей управління проєктами [5].

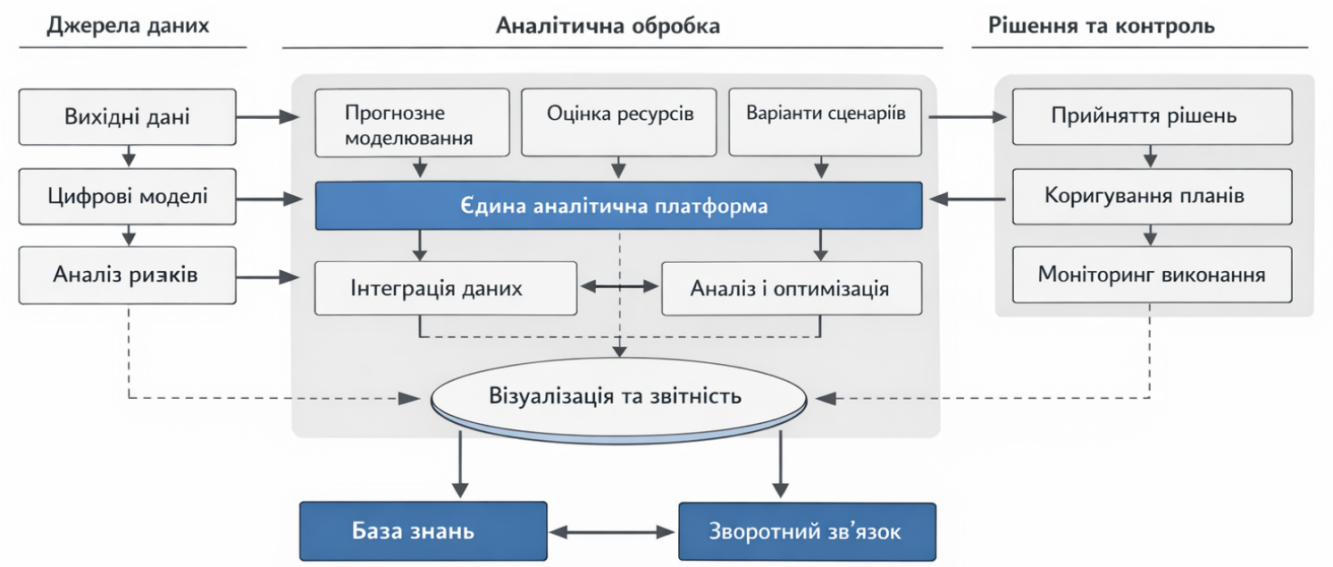


Рис. 3. Блок-схема цифрової моделі планування проєкту в інтегрованому інформаційно-аналітичному середовищі *(розроблено автором на основі [5])*

Етап виконання проєкту в умовах цифровізації трансформується у складну кіберфізичну систему, в якій управління здійснюється на основі безперервного збору, обробки та інтерпретації даних у режимі реального часу. На відміну від традиційних підходів, де контроль виконання має дискретний характер і базується на періодичній звітності, цифрове середовище дозволяє реалізувати концепцію потокового управління, що забезпечує високий рівень оперативності, точності та адаптивності управлінських рішень.

Ключову роль у цьому процесі відіграє інтеграція даних із різних джерел, зокрема сенсорних систем, інформаційних моделей, систем планування та фактичних виробничих показників [8]. Формування єдиного інформаційного контуру дозволяє синхронізувати діяльність усіх учасників проєкту, зменшити часові затримки та підвищити ефективність використання ресурсів. Особливістю цифрового управління виконанням є здатність системи не лише фіксувати поточний стан процесів, але й прогнозувати їх розвиток з урахуванням динаміки змін [6].

Для кількісної оцінки ефективності виконання проєкту доцільно використовувати інтегральний показник потокової продуктивності, який враховує сукупний вплив різних джерел інформації:

$$P_j(t) = \sum_{i=1}^{n} \omega_i X_{ij}(t), \quad (3)$$

де $P_j(t)$ — потокова продуктивність j-ї бригади у момент часу t, $X_{ij}(t)$ — i-й фактор впливу (сенсорні дані, BIM-параметри, планові показники, фактичне виконання) , ω_i — вагові коефіцієнти, що визначають значущість кожного фактора.

Для деталізації моделі доцільно розкласти функцію продуктивності:

$$P_j(t) = \omega_1 S_j(t) + \omega_2 B_j(t) + \omega_3 W_j(t) + \omega_4 R_j(t), \quad (4)$$

де $S_j(t)$ — дані сенсорного моніторингу, $B_j(t)$ — інформація з BIM-моделі, $W_j(t)$ — виконання робіт за планом, $R_j(t)$ — рівень ресурсного забезпечення.

Нехай для певного моменту часу задано:

$$S = 0.82, \quad B = 0.78, \quad W = 0.85, \quad R = 0.80.$$

$$\omega_1 = 0.25, \quad \omega_2 = 0.20, \quad \omega_3 = 0.30, \quad \omega_4 = 0.25.$$

Розрахунок:

$$P = 0.25 \times 0.82 + 0.20 \times 0.78 + 0.30 \times 0.85 + 0.25 \times 0.80.$$

$$P = 0.205 + 0.156 + 0.255 + 0.200 = 0.816.$$

Отримане значення свідчить про високий рівень продуктивності виконання робіт у цифровому середовищі, що забезпечується узгодженістю даних і ефективною координацією процесів.

Для більш детального аналізу факторів, що впливають на ефективність виконання, доцільно представити їх у таблиці 1.

Таблиця 1.

Основні фактори впливу на ефективність цифрового управління виконанням проєкту *(розроблено автором на основі [6])*

Фактор	**Позначення**	**Характер впливу**	**Діапазон значень**
Сенсорні дані	(S)	Відображають фактичний стан процесів у реальному часі	0–1
BIM-модель	(B)	Забезпечує відповідність виконання проєктним рішенням	0–1
Планове виконання	(W)	Характеризує ступінь дотримання графіка	0–1
Ресурсне забезпечення	(R)	Відображає доступність матеріалів і трудових ресурсів	0–1

Аналіз даних, наведених у табл. 1, дозволяє зробити висновок, що найбільший вплив на ефективність виконання мають фактори, пов'язані з плановими параметрами та ресурсним забезпеченням, тоді як сенсорні дані виконують роль індикаторів оперативного стану системи.

Для оцінки стабільності виконання проєкту доцільно використовувати показник варіації продуктивност [7]і:

$$\sigma_P^2 = \frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T}\left(P_j(t) - \bar{P}\right)^2, \tag{5}$$

де P¯\overline{P}P — середнє значення продуктивності за період T.

Нехай за 4 періоди:

$$P_1 = 0.81, \qquad P_2 = 0.83, \qquad P_3 = 0.79, \qquad P_4 = 0.82.$$

$$\bar{P} = \frac{0.81 + 0.83 + 0.79 + 0.82}{4} = 0.8125.$$

$$\sigma_P^2 = \frac{(0.81 - 0.8125)^2 + (0.83 - 0.8125)^2 + (0.79 - 0.8125)^2 + (0.82 - 0.8125)^2}{4}.$$

$$\sigma_P^2 = 0.00000625 + 0.00030625 + 0.00050625 + 0.00005625 = 0.000875.$$

Низьке значення дисперсії свідчить про стабільність виконання робіт та ефективність цифрового управління.

Для візуального аналізу динаміки продуктивності доцільно використати графік, наведений на рисунку 4.

Графік демонструє відносну стабільність продуктивності з незначними коливаннями, що підтверджує ефективність інтегрованого цифрового управління. Водночас наявність пікових і спадних значень вказує на вплив зовнішніх факторів, які можуть бути оперативно скориговані за допомогою цифрових інструментів [9].

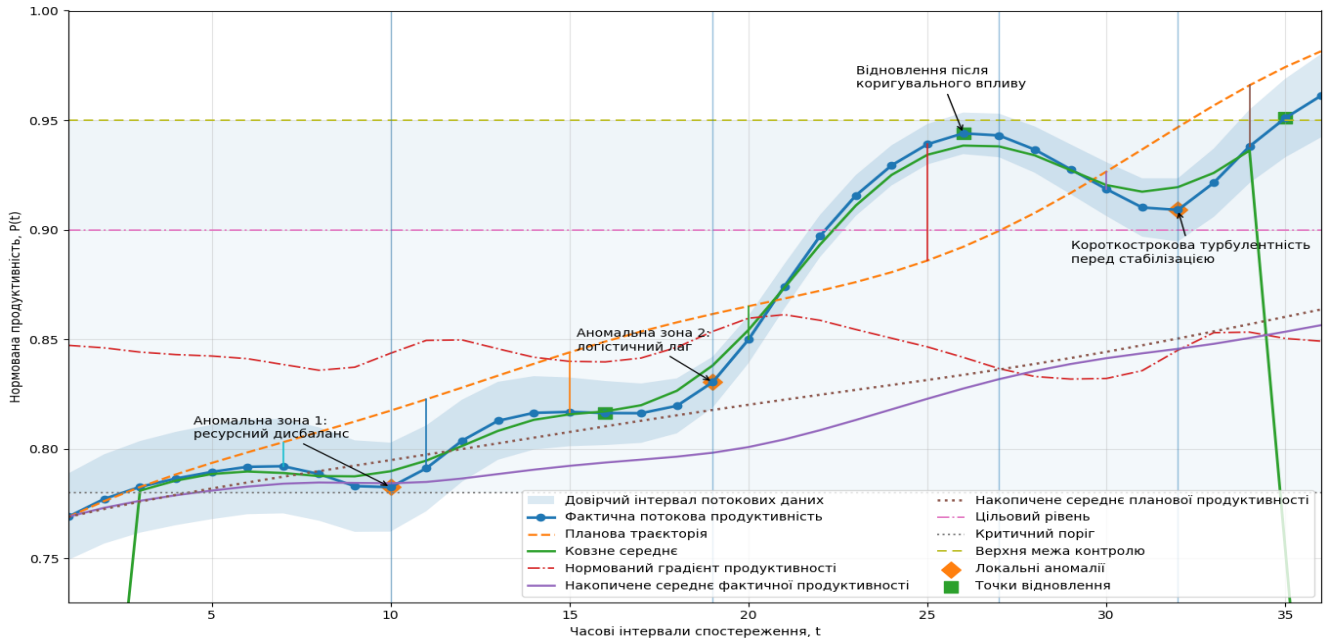


Рис. 4. Динаміка потокової продуктивності виконання робіт у цифровому середовищі *(розроблено автором на основі [9])*

Для відображення логіки цифрового управління виконанням доцільно використати блок-схему, представлену на рисунку 5. Схема відображає послідовність збору даних, їх аналітичної обробки, формування управлінських рішень і реалізації коригувальних впливів. Вона демонструє циклічний характер управління, у якому кожен новий етап базується на результатах попереднього аналізу [10].

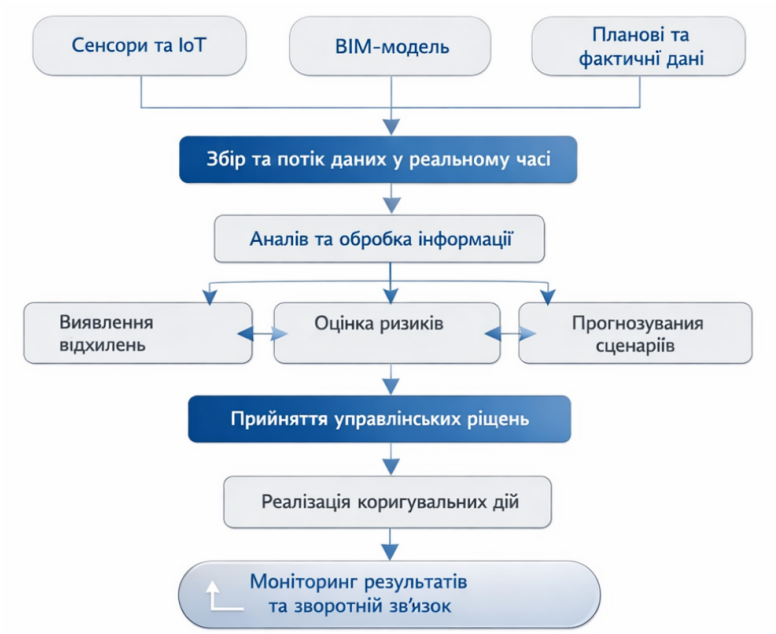


Рис. 5. Блок-схема цифрового управління виконанням проєкту на основі потокових даних *(розроблено автором на основі [10])*

Цифрове управління виконанням проєкту забезпечує перехід від реактивного до проактивного управління, що дозволяє підвищити продуктивність, знизити ризики та забезпечити стабільність реалізації проєктних завдань. Використання потокових моделей, інтегрованих показників і аналітичних залежностей створює основу для формування адаптивних систем управління, здатних ефективно функціонувати в умовах високої складності та невизначеності.

Література

1. CHUPRYNA , I. Conceptual principles of knowledge management in integrated systems for the implementation of construction projects. Ways to Improve Construction Efficiency, 2025, вип. 2(56), С. 105–117. https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.56(2).

2. Project Management Institute. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide). 7th ed. Newtown Square, PA: Project Management Institute, 2021. 370 p.

3. Kerzner H. Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling. 13th ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2022. 848 p.

4. Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Liston K. *BIM* Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers. 3rd ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2018. 688 p.

5. Love P.E.D., Matthews J., Simpson I., Hill A., Olatunji O. A. A benefits realization management building information modeling framework for asset owners // Automation in Construction. 2014. Vol. 37. P. 1–10. DOI: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.09.007

6. Brynjolfsson E., McAfee A. The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies. New York: W. W. Norton & Company, 2014. 306 p.

7. McKinsey Global Institute. Reinventing Construction: A Route to Higher Productivity. McKinsey & Company, 2017. 168 p. URL: https://www.mckinsey.com

8. Sacks R., Girolami M., Brilakis I. Building Information Modeling, Artificial Intelligence and Construction Tech // Automation in Construction. 2020. Vol. 110. DOI: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.102995

9. Нетутихата К.Л. Цифровізація управління організаціями // Економіка та суспільство. 2023. Вип. 23. URL: https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/3107

10. Shpakova H., Chupryna Yu. Tools for assessing the competitiveness of a construction enterprise as a developer [Electronic resource]. URL:

https://www.semanticscholar.org/paper/Tools-For-Assessing-The-Competitiveness-Of-A-As-A-Shpakova-Chupryna/c604d4e5718c25df71e9f344f1f0ecd9fcde7660

Pelekhatyi Rostyslav,
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

INTEGRATION OF DIGITAL TECHNOLOGIES INTO PROJECT MANAGEMENT SYSTEMS AT THE STAGES OF PLANNING, EXECUTION, AND POST-PROJECT MONITORING

The current conditions of project activity development in the construction industry determine the necessity of transitioning to new management models based on the integration of digital technologies across all stages of the project life cycle. The implementation of digital tools enables the formation of a unified information and analytical environment that integrates planning, execution, and post-project monitoring processes, ensuring their interconnection and consistency. This approach contributes to improving the quality of managerial decision-making, reducing uncertainty, and optimizing resource utilization.

At the planning stage, digital technologies provide opportunities for comprehensive analysis of initial data, modeling alternative project implementation scenarios, and assessing potential risks. The integration of information models, analytical platforms, and predictive tools enhances the accuracy of determining project parameters, aligns strategic and operational objectives, and ensures more efficient resource planning.

The execution phase of a project under digitalization conditions transforms into a cyber-physical system that operates based on continuous data collection and processing. The use of sensor technologies, cloud platforms, and integrated information systems enables real-time monitoring of work progress, identification of deviations from planned indicators, and timely adjustment of managerial decisions. This ensures increased productivity, stability, and efficiency in project implementation.

Keywords: digital technologies; project management; BIM; digital integration; planning; project execution; post-project monitoring; efficiency.

REFERENCES

1. Chupryna I. Conceptual principles of knowledge management in integrated systems for the implementation of construction projects. Ways to Improve Construction Efficiency. 2025. Issue 2(56). P. 105–117. DOI: https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.56(2). {in Ukrainian}

2. Project Management Institute. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide). 7th ed. Newtown Square, PA: Project Management Institute, 2021. 370 p. {in English}

3. Kerzner H. Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling. 13th ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2022. 848 p. {in English}

4. Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Liston K. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers. 3rd ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2018. 688 p. {in English}

5. Love P.E.D., Matthews J., Simpson I., Hill A., Olatunji O. A. A benefits realization management building information modeling framework for asset owners. Automation in Construction. 2014. Vol. 37. P. 1–10. DOI: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.09.007 {in English}

6. Brynjolfsson E., McAfee A. The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies. New York: W. W. Norton & Company, 2014. 306 p. {in English}

7. McKinsey Global Institute. Reinventing Construction: A Route to Higher Productivity. McKinsey & Company, 2017. 168 p. URL: https://www.mckinsey.com (accessed: 19.03.2026). {in English}

8. Sacks R., Girolami M., Brilakis I. Building Information Modeling, Artificial Intelligence and Construction Tech. Automation in Construction. 2020. Vol. 110. DOI: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.102995 {in English}

9. Netutykhata K. Digitalization of organizational management. Economy and Society. 2023. Issue 23. URL: https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/3107. {in Ukrainian}

10. Shpakova H., Chupryna Yu. Tools for assessing the competitiveness of a construction enterprise as a developer [Electronic resource]. URL: https://www.semanticscholar.org/paper/Tools-For-Assessing-The-Competitiveness-Of-A-As-A-Shpakova-Chupryna/c604d4e5718c25df71e9f344f1f0ecd9fcde7660 {in English}

DOI: 10.32347/2786-7269.2026.17.298-311
УДК 69:004.9:351.86

Приходько О.О.,
oleg.prykhodko84@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3092-6782,
доктор філософії **Жалдак Р.Ю.,**
zhaldak.ry@iino.in.ua, ORCID: 0000-0002-6139-1506,
д.т.н., професор **Прусов Д.Е.,**
dmytro.prusov@iino.in.ua, ORCID: 0000-0002-1720-2798,
Інститут Інноваційної освіти, КНУБА, м. Київ

ТРАНСФОРМАЦІЯ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ БУДІВНИЦТВА В УМОВАХ ВПРОВАДЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОБОВ'ЯЗКОВОГО НАУКОВО-ТЕХНІЧНОГО СУПРОВОДУ

Сучасний розвиток будівельної галузі характеризується глибокою цифровою трансформацією, що зумовлює необхідність перегляду існуючих підходів до технічного регулювання будівництва. Традиційна система нормативного контролю, яка базується на статичних документах і експертних процедурах, поступово втрачає ефективність в умовах зростаючої складності будівельних проєктів, підвищених вимог до якості та необхідності оперативного реагування на зміни. У зв'язку з цим формується нова парадигма технічного регулювання, що ґрунтується на інтеграції інформаційного моделювання та механізмів науково-технічного супроводу.

Використання технологій інформаційного моделювання будівель створює можливість формування єдиного цифрового середовища, в межах якого об'єднуються дані про геометричні, технічні, економічні та експлуатаційні характеристики об'єкта. Це дозволяє інтегрувати нормативні вимоги безпосередньо в структуру цифрової моделі та забезпечити автоматизовану перевірку відповідності проєктних рішень встановленим стандартам. У результаті підвищується точність контролю, скорочуються часові витрати на експертизу та зменшується вплив суб'єктивних факторів.

Ключові слова: технічне регулювання; BIM-технології; науково-технічний супровід; цифровізація; нормативна відповідність; будівництво; управління якістю; цифрові моделі.

Постановка проблеми: Сучасні умови розвитку будівельної галузі характеризуються зростанням складності інженерних рішень, підвищенням вимог до безпеки та якості будівельних об'єктів, а також необхідністю скорочення строків реалізації проєктів. У таких умовах традиційна система

технічного регулювання, що базується на паперових нормативних документах і процедурі експертної оцінки, не забезпечує достатньої ефективності контролю.

Основними недоліками існуючої системи є низька швидкість перевірки проєктних рішень, залежність результатів від суб'єктивного фактору та обмежені можливості врахування складних взаємозв'язків між параметрами будівельних об'єктів. Це призводить до підвищення технічних ризиків, зниження якості проєктних рішень та зростання витрат на їх реалізацію.

Метою дослідження є обґрунтування теоретичних і методичних засад трансформації системи технічного регулювання будівництва в умовах впровадження інформаційного моделювання та обов'язкового науково-технічного супроводу. Для досягнення поставленої мети передбачено вирішення таких завдань: аналіз особливостей традиційної системи технічного контролю, дослідження можливостей інтеграції нормативних вимог у цифрові моделі будівель, обґрунтування ролі науково-технічного супроводу у забезпеченні надійності інженерних рішень та розроблення підходів до формалізації процесів оцінювання ефективності технічного регулювання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій: Проблематика трансформації системи технічного регулювання будівництва активно досліджується у сучасних наукових працях, присвячених цифровізації будівельної галузі та впровадженню інформаційного моделювання. У дослідженнях підкреслюється важливість переходу від традиційних підходів до управління якістю до інтегрованих цифрових систем контролю.

Значний внесок у розвиток теорії інформаційного моделювання зроблено у працях міжнародних дослідників, які обґрунтовують можливість використання BIM як інструменту управління життєвим циклом будівельних об'єктів. Особлива увага приділяється питанням автоматизованої перевірки нормативної відповідності та інтеграції стандартів у цифрове середовище.

Окремий напрям досліджень пов'язаний із використанням математичних моделей для оцінювання ефективності технічного регулювання, зокрема інтегральних показників відповідності, надійності та ризиків. У наукових працях доведено, що застосування таких моделей дозволяє підвищити об'єктивність оцінювання та забезпечити більш точний аналіз параметрів будівельних систем. Важливе місце у дослідженнях займає питання науково-технічного супроводу, який розглядається як ключовий елемент забезпечення якості та безпеки будівельних об'єктів. Його інтеграція з цифровими технологіями створює нові можливості для підвищення ефективності управління будівельними процесами.

Виклад основної інформації: Трансформація системи технічного регулювання передбачає перегляд принципів формування будівельних норм,

методів експертної оцінки проєктних рішень та механізмів державного контролю. У межах нової парадигми технічні вимоги повинні інтегруватися безпосередньо у цифрові моделі об’єктів, що забезпечує можливість автоматизованої перевірки відповідності проєктних рішень нормативним параметрам. Інформаційна модель будівлі виступає не лише інструментом візуалізації конструктивних рішень, але й багаторівневою базою даних, яка містить технічні, економічні, експлуатаційні та екологічні характеристики майбутнього об’єкта [1].

Для кращого розуміння логіки трансформації системи технічного регулювання будівництва в умовах цифровізації галузі доцільно представити послідовність ключових етапів цього процесу у вигляді структурної схеми. Вона відображає взаємозв’язок між впровадженням інформаційного моделювання, інтеграцією нормативних вимог у цифрове середовище та залученням механізмів науково-технічного супроводу, що у сукупності формують нову модель контролю та управління якістю будівельних проєктів. Відповідну логіку розвитку та взаємодії цих елементів представлено на рисунку 1 [2].

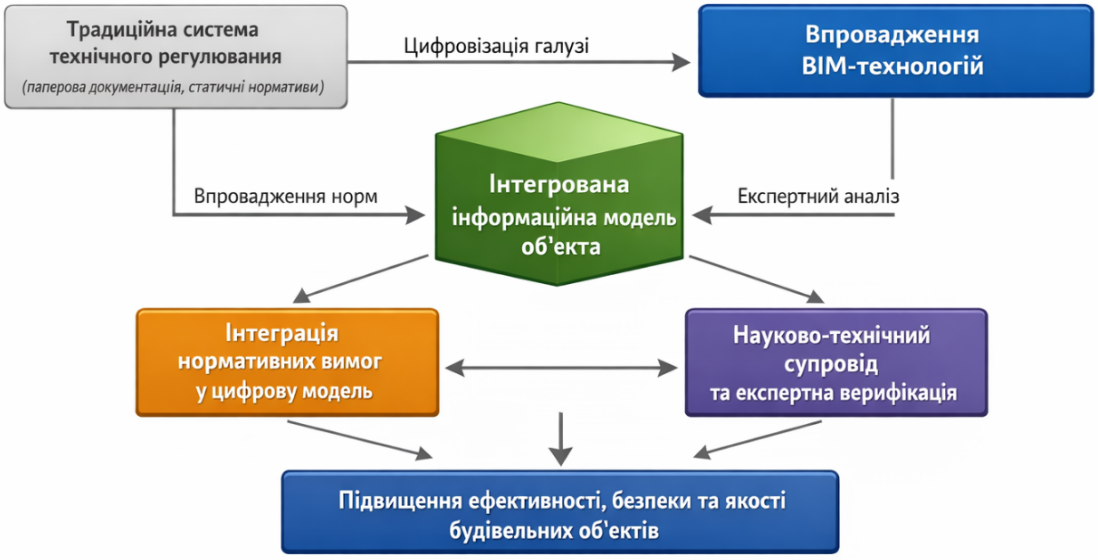


Рис. 1. Структурна схема трансформації системи технічного регулювання будівництва в умовах впровадження BIM-технологій *(розроблено автором на основі [2])*

Цифрова трансформація технічного регулювання передбачає використання математичних моделей для оцінювання відповідності проєктних рішень нормативним вимогам. Одним із ключових показників ефективності інформаційної моделі є інтегральний показник відповідності технічним нормам, який може бути представлений у вигляді узагальненої функції:

$$K_{reg} = \sum_{i=1}^{n} w_i \times \frac{P_i}{P_i^{norm}}, \quad (1)$$

де K_{reg} — інтегральний коефіцієнт нормативної відповідності проєкту, w_i — ваговий коефіцієнт значущості і-го технічного параметра, P_i — фактичне значення параметра у цифровій моделі, P_i^{norm} — нормативне значення відповідного параметра, n — кількість контрольованих технічних характеристик.

Для оцінювання ефективності застосування науково-технічного супроводу у складних будівельних проєктах може використовуватися показник зниження технічних ризиків:

$$R_{eff} = \frac{R_0 - R_{nt}}{R_0}, \quad (2)$$

де R_{eff} — коефіцієнт ефективності науково-технічного супроводу, R_0 — початковий рівень технічних ризиків без наукового супроводу, R_{nt} — рівень ризиків після проведення експертного аналізу та коригування проєктних рішень.

Застосування подібних моделей дозволяє формалізувати процедури контролю якості будівельних рішень у цифровому середовищі та забезпечити об’єктивність експертних оцінок. У результаті формується новий тип системи технічного регулювання, що базується на поєднанні нормативних вимог, математичного моделювання та цифрових інформаційних технологій [3].

Інтеграція інформаційного моделювання та обов’язкового науково-технічного супроводу сприяє формуванню сучасної системи технічного регулювання будівництва, орієнтованої на управління життєвим циклом будівельних об’єктів.

Використання BIM-технологій створює можливість інтегрувати нормативні вимоги безпосередньо в структуру цифрової моделі будівлі. У такому випадку будівельні норми, стандарти та технічні регламенти можуть бути представлені у вигляді параметричних правил перевірки, що автоматично аналізують відповідність проєктних рішень встановленим технічним параметрам [4].

Значний внесок у наукове обґрунтування використання інформаційного моделювання у будівництві зробили провідні міжнародні дослідники у галузі цифрового будівництва. Зокрема, Чарльз Істмен сформулював концептуальні основи інформаційного моделювання будівель та обґрунтував можливість використання цифрових моделей для управління життєвим циклом будівельних об’єктів.

Окрему увагу питанням автоматизованої перевірки нормативної відповідності інформаційних моделей будівель приділяв Рафаель Сакс, який досліджував алгоритми цифрового аналізу проєктних параметрів та інтеграцію нормативних вимог у BIM-середовище [5].

Для оцінювання відповідності цих параметрів встановленим нормативним вимогам може використовуватися інтегральний коефіцієнт нормативної відповідності:

$$K_{norm} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\frac{P_i}{P_i^{norm}}, \quad (3)$$

де K_{norm} — інтегральний коефіцієнт нормативної відповідності проєкту, P_i — фактичне значення і-го параметра в інформаційній моделі, P_i^{norm} — нормативне значення відповідного параметра, n — кількість контрольованих параметрів.

Значення коефіцієнта K_{norm}, що наближається до одиниці, свідчить про високий рівень відповідності проєктних рішень нормативним вимогам.

Для більш детального аналізу відповідності інформаційної моделі нормативним вимогам може використовуватися коефіцієнт нормативної узгодженості BIM-моделі:

$$E_{BIM} = \frac{N_{ok}}{N_{tot}}, \quad (4)$$

де E_{BIM} — коефіцієнт нормативної узгодженості цифрової моделі, N_{ok} — кількість параметрів, що відповідають нормативним вимогам, N_{tot} — загальна кількість перевірених параметрів.

Розглянемо умовний приклад застосування даного показника. Припустимо, що інформаційна модель будівлі містить 50 контрольованих нормативних параметрів, які включають геометричні характеристики конструкцій, параметри міцності матеріалів, характеристики інженерних систем та вимоги пожежної безпеки [6].

У такому випадку коефіцієнт нормативної узгодженості становитиме:

$$E_{BIM} = \frac{45}{50} = 0.9.$$

Отже, 90 % параметрів інформаційної моделі відповідають нормативним вимогам, що свідчить про високий рівень підготовленості проєктної моделі до подальших етапів реалізації будівельного проєкту.

Для узагальнення відмінностей між традиційною та цифровою системами технічного контролю доцільно представити їх порівняльну характеристику у таблиці 1.

Таблиця 1.

Порівняння традиційної та цифрової системи технічного контролю будівництва *(розроблено авторами на основі [6])*

Критерій оцінювання	**Традиційна система контролю**	**Цифрова система (BIM)**
Форма проєктної документації	Паперова або фрагментарна електронна	Єдина цифрова інформаційна модель
Метод перевірки нормативів	Ручний експертний аналіз	Автоматизована параметрична перевірка
Швидкість проведення перевірки	Низька	Висока
Рівень точності аналізу	Залежить від експерта	Високий завдяки цифровим алгоритмам
Можливість моделювання ризиків	Обмежена	Розширене цифрове моделювання

Для наочного відображення впливу рівня деталізації інформаційної моделі на можливості цифрової перевірки проєктних рішень доцільно проаналізувати залежність між ступенем розвитку BIM-моделі та рівнем нормативної відповідності будівельного проєкту [7]. Зазначену закономірність ілюструє графічна залежність, наведена на рисунку 2.

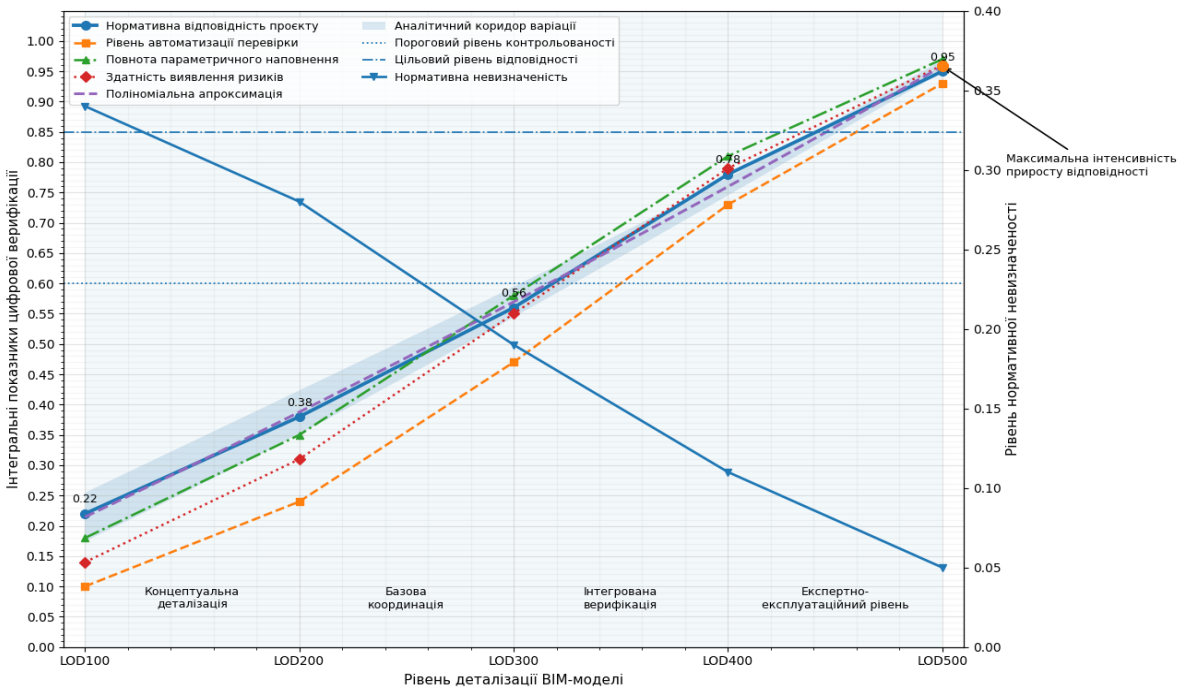


Рис. 2. Залежність рівня нормативної відповідності проєкту від рівня деталізації BIM-моделі *(розроблено автором на основі [7])*

Інтеграція інформаційного моделювання у систему технічного регулювання будівництва формує новий підхід до контролю якості проєктних рішень. Використання цифрових моделей дозволяє автоматизувати процес перевірки нормативної відповідності, підвищити точність інженерного аналізу та забезпечити більш високий рівень безпеки і надійності будівельних об'єктів.

Науково-технічний супровід являє собою комплекс спеціалізованих дослідницьких та експертно-аналітичних заходів, спрямованих на перевірку обґрунтованості інженерних рішень, уточнення розрахункових моделей, аналіз потенційних технічних ризиків та оцінювання поведінки конструкцій у реальних умовах експлуатації.

В умовах цифровізації будівельної галузі науково-технічний супровід тісно інтегрується з технологіями інформаційного моделювання будівель. Використання BIM-середовища дозволяє об'єднати результати розрахунків, параметри конструкцій, дані про навантаження та експлуатаційні характеристики в єдину цифрову систему [8].

Одним із важливих напрямів науково-технічного супроводу є оцінювання технічних ризиків, що можуть виникати у процесі реалізації будівельного проєкту. Для узагальненого оцінювання інтегрального технічного ризику може бути використана така модель:

$$R_{int} = \sum_{i=1}^{n} \alpha_i \times p_i \times \left(\frac{S_i}{S_i^{adm}}\right)^{\beta_i} \times \gamma_i, \quad (5)$$

де R_{int} — інтегральний показник технічного ризику об'єкта, α_i — ваговий коефіцієнт значущості фактора ризику, p_i — імовірність виникнення відповідного фактору, S_i — фактичний рівень впливу, S_i^{adm} — нормативно допустиме значення параметра, β_i — коефіцієнт нелінійності впливу, γ_i — коефіцієнт коригування з урахуванням результатів науково-технічного супроводу.

Розглянемо приклад. Нехай у процесі аналізу будівельного проєкту було визначено три основні фактори ризику, для яких отримано такі узагальнені значення параметрів: α_1=0.4, p_1=0.2; α_2=0.35, p_2=0.15; α_3=0.25, p_3=0.1. За результатами розрахунків отримано інтегральне значення ризику:

$$R_{int} \approx 0.12.$$

Ще одним важливим показником, який використовується в межах науково-технічного супроводу, є інтегральний коефіцієнт надійності конструктивної системи:

$$K_{rel} = \frac{\sum_{j=1}^{m} \omega_j \left(\frac{R_j^{fact}}{R_j^{req}} \right) \eta_j}{\sum_{j=1}^{m} \omega_j}, \quad (6)$$

де K_{rel} — інтегральний коефіцієнт надійності системи, ω_j — ваговий коефіцієнт елемента конструкції, R_j^{fact} — фактична несуча здатність елемента, R_j^{req} — необхідна нормативна несуча здатність, η_j — коефіцієнт уточнення, отриманий у процесі експертного аналізу.

Для умовного прикладу розрахунку трьох конструктивних елементів отримано значення:

$$K_{rel} = 1.05.$$

Це означає, що конструктивна система має приблизно 5 % запасу надійності відносно нормативного рівня, що підтверджує достатню стійкість об’єкта за умови прийнятих інженерних рішень.

Для систематизації функцій науково-технічного супроводу доцільно узагальнити їх у таблиці 2.

Таблиця 2.

Основні напрями науково-технічного супроводу будівельних об’єктів *(розроблено авторами на основі [8])*

Напрям супроводу	**Основний зміст робіт**	**Результат**
Перевірка проєктних рішень	Аналіз розрахункових схем і навантажень	Підвищення обґрунтованості інженерних рішень
Аналіз технічних ризиків	Виявлення потенційних факторів відмов	Зниження ймовірності аварій
Цифрове моделювання	Інтеграція розрахунків у BIM-середовище	Підвищення точності прогнозів
Моніторинг конструкцій	Контроль параметрів у процесі будівництва	Оперативне виявлення відхилень
Оцінювання надійності	Аналіз граничних станів конструкцій	Забезпечення довгострокової стійкості

Візуалізація впливу рівня науково-технічного супроводу на інтегральний технічний ризик представлений на рисунку 3 [9].

Цифровізація будівельної галузі та впровадження інформаційного моделювання створюють нові можливості для оцінювання ефективності функціонування системи технічного регулювання [12].

Одним із ключових завдань цифрового технічного регулювання є визначення інтегрального показника ефективності управління будівельним проєктом.

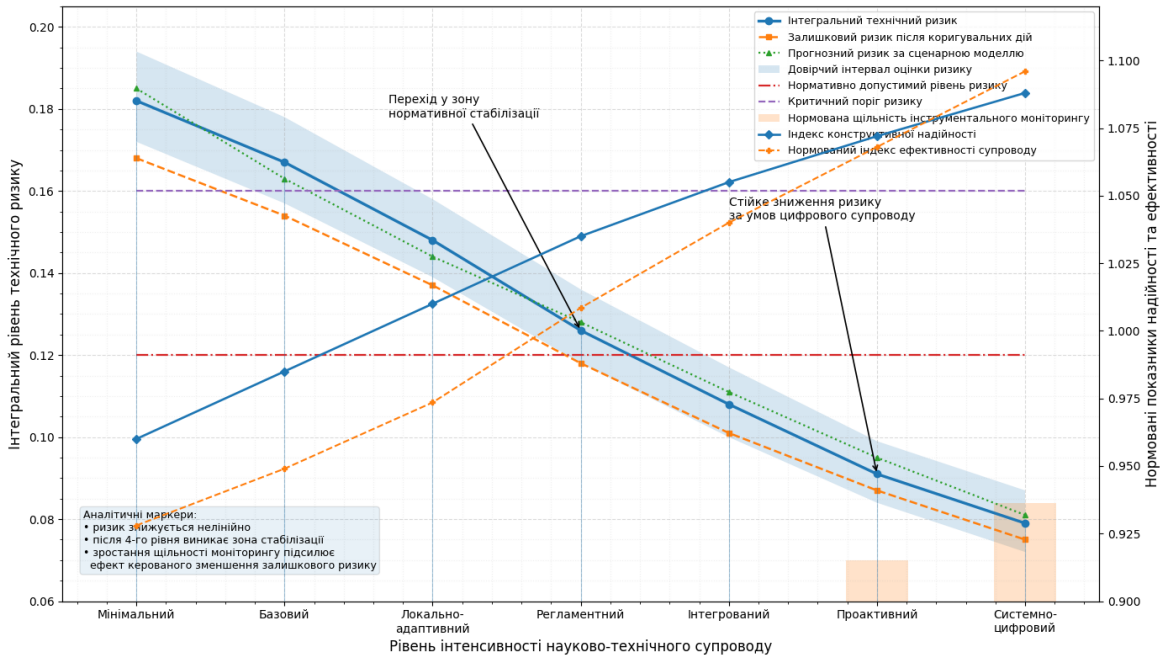


Рис. 3. Залежність рівня технічного ризику від інтенсивності науково-технічного супроводу *(розроблено автором на основі [9])*

На рисунку 4 представлено зміну інтегрального коефіцієнта надійності конструктивної системи залежно від рівня експертного аналізу, що здійснюється в межах науково-технічного супроводу проєкту [10].

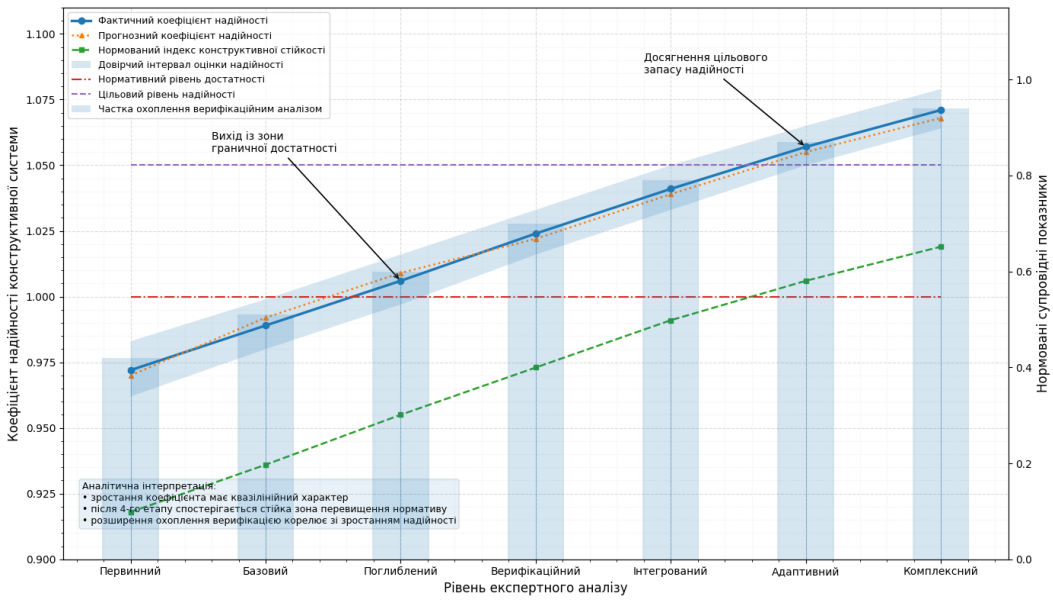


Рис. 4. Зміна коефіцієнта надійності конструктивної системи залежно від рівня експертного аналізу *(розроблено авторами на основі [10])*

Узагальнено інтегральний показник ефективності можна представити у вигляді функції:

$$E_{sys} = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i \left(\frac{Q_i}{Q_i^{ref}}\right)^{\theta_i}, \quad (7)$$

де E_{sys} — інтегральний показник ефективності системи технічного регулювання, λ_i — ваговий коефіцієнт відповідного параметра, Q_i — фактичне значення показника ефективності, Q_i^{ref} — нормативне або цільове значення показника, θ_i — коефіцієнт чутливості параметра, n — кількість показників оцінювання.

Нехай система оцінюється за трьома основними параметрами: рівнем нормативної відповідності, рівнем технічної надійності та ефективністю використання ресурсів. За умовними даними отримано значення:

$$E_{sys} \approx 1.12E.12$$

Значення показника, що перевищує одиницю, свідчить про підвищення ефективності системи управління порівняно з базовим нормативним рівнем.

Важливим результатом цифрової трансформації технічного регулювання є підвищення ефективності управління будівельними процессами [11].

Структурна взаємодія основних елементів цифрового технічного регулювання у будівництві представлена у вигляді рисунка 6 [13].

Рис. 6. Інфографіка структури цифрової системи технічного регулювання будівництва *(розроблено автором на основі [13])*

Висновок

Інтеграція BIM-технологій у систему технічного регулювання забезпечує формування єдиного цифрового середовища, у межах якого нормативні вимоги, інженерні параметри та результати розрахунків поєднуються в структурованій інформаційній моделі. Це створює передумови для автоматизації процесів перевірки відповідності проєктних рішень, підвищення точності контролю та зниження впливу суб'єктивного фактора.

Важливим елементом оновленої системи виступає науково-технічний супровід, який забезпечує поглиблений аналіз інженерних рішень, оцінювання технічних ризиків і підвищення рівня надійності конструктивних систем. Його інтеграція з цифровими технологіями дозволяє формувати адаптивну систему управління якістю будівельних об'єктів упродовж усього їх життєвого циклу.

Література

1. Sacks R., Eastman C., Lee G., Teicholz P. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers. 3rd ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2018. 688 p.

2. Xu Y., Li M., Huang G., Liu Q., Zou X., Xu X., Guo Z., Li C., Lai G. BIM-Based Integration and Visualization Management of Construction Risks in Water Pumping Station Projects // Buildings. 2025. Vol. 15, № 19. Article 3573. DOI: https://doi.org/10.3390/buildings15193573

3. Opoku D.G.J., Perera S., Osei-Kyei R., Rashidi M. Digital twin application in the construction industry: A literature review // Journal of Building Engineering. 2021. Vol. 40. Article 102726. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102726

4. Solihin W., Eastman C. Classification of rules for automated BIM rule checking development // Automation in Construction. 2015. Vol. 53. P. 69–82. DOI: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.03.003

5. Sacks R., Ma L., Yosef R., Borrmann A., Daum S., Kattel U. Semantic enrichment for building information modeling rule checking using linked data // Automation in Construction. 2017. Vol. 84. P. 367–381. DOI: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.08.018

6. Eastman C., Lee G., Jeong Y. S., Lee J. Automatic rule-based checking of building designs // Automation in Construction. 2009. Vol. 18, No. 8. P. 1011–1033. DOI: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2009.07.002

7. ДСТУ ISO 19650-1:2021. Організація та оцифрування інформації про будівлі та інженерні споруди, включаючи інформаційне моделювання будівель (BIM). Управління інформацією з використанням інформаційного

моделювання будівель. Частина 1. Концепції та принципи. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2021. 44 с.

8. Zou Y., Kiviniemi A., Jones S. W. A review of risk management through BIM and BIM-related technologies // Safety Science. 2017. Vol. 97. P. 88–98. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.12.027

9. Volk R., Stengel J., Schultmann F. Building Information Modeling (BIM) for existing buildings — Literature review and future needs // Automation in Construction. 2014. Vol. 38. P. 109–127. DOI: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.10.023

10. Чуприна Ю.А. Залучення прикладних переваг bim-технологій до методики і практики формування життєвого циклу проектів в складі державних цільових програм, які втілюються будівельним кластером. //Економіка та держава. 2019. № 2

11. Azhar S. Building Information Modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry // Leadership and Management in Engineering. 2011. Vol. 11, No. 3. P. 241–252. DOI: https://doi.org/10.1061/(ASCE)LM.1943-5630.0000127

12. Succar B., Sher W., Williams A. Measuring BIM performance: Five metrics // Architectural Engineering and Design Management. 2012. Vol. 8, No. 2. P. 120–142. DOI: https://doi.org/10.1080/17452007.2012.659506

13. Чуприна Ю.А. Залучення прикладних переваг bim-технологій до методики і практики формування життєвого циклу проектів в складі державних цільових програм, які втілюються будівельним кластером // «Економіка та держава» // 2019. – № 3. – С. 67-70.

Prykhodko Oleh,
PhD **Zhaldak Ruslan,**
Doctor of Technical Sciences, **Prusov Dmytro,**
Institute of Innovative Education,
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

TRANSFORMATION OF THE SYSTEM OF TECHNICAL REGULATION IN CONSTRUCTION UNDER THE CONDITIONS OF IMPLEMENTING BUILDING INFORMATION MODELING AND MANDATORY SCIENTIFIC AND TECHNICAL SUPPORT

The modern development of the construction industry is characterized by deep digital transformation, which necessitates a revision of existing approaches to technical regulation in construction. The traditional system of regulatory control,

based on static documentation and expert procedures, is gradually losing its effectiveness under conditions of increasing complexity of construction projects, higher quality requirements, and the need for rapid response to changes. In this context, a new paradigm of technical regulation is being formed, based on the integration of building information modeling and mechanisms of scientific and technical support.

The use of building information modeling technologies creates the possibility of forming a unified digital environment in which data on geometric, technical, economic, and operational characteristics of the object are integrated. This enables the incorporation of regulatory requirements directly into the structure of the digital model and ensures automated verification of project solutions' compliance with established standards. As a result, the accuracy of control is improved, the time required for expert evaluation is reduced, and the influence of subjective factors is minimized.

Keywords: technical regulation; BIM technologies; scientific and technical support; digitalization; regulatory compliance; construction; quality management; digital models.

REFERENCES

1. Sacks, R., Eastman, C., Lee, G., Teicholz, P. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers. 3rd ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2018. 688 p. {English}

2. Xu, Y., Li, M., Huang, G., Liu, Q., Zou, X., Xu, X., Guo, Z., Li, C., Lai, G. BIM-Based Integration and Visualization Management of Construction Risks in Water Pumping Station Projects. Buildings. 2025. Vol. 15, No. 19. Article 3573. DOI: https://doi.org/10.3390/buildings15193573 {English}

3. Opoku, D.G.J., Perera, S., Osei-Kyei, R., Rashidi, M. Digital twin application in the construction industry: A literature review. Journal of Building Engineering. 2021. Vol. 40. Article 102726. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102726 {English}

4. Solihin, W., Eastman, C. Classification of rules for automated BIM rule checking development. Automation in Construction. 2015. Vol. 53. P. 69–82. DOI: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.03.003 {English}

5. Sacks, R., Ma, L., Yosef, R., Borrmann, A., Daum, S., Kattel, U. Semantic enrichment for building information modeling rule checking using linked data. Automation in Construction. 2017. Vol. 84. P. 367–381. DOI: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.08.018 {English}

6. Eastman, C., Lee, G., Jeong, Y. S., Lee, J. Automatic rule-based checking of building designs. Automation in Construction. 2009. Vol. 18, No. 8. P. 1011–1033. DOI: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2009.07.002 {English}

7. DSTU ISO 19650-1:2021. Organization and Digitization of Information about Buildings and Civil Engineering Works, Including Building Information Modelling (BIM). Information Management Using Building Information Modelling. Part 1: Concepts and Principles. Kyiv: SE "UkrNDNC", 2021. 44 p. {Ukrainian}

8. Zou, Y., Kiviniemi, A., Jones, S. W. A review of risk management through BIM and BIM-related technologies. Safety Science. 2017. Vol. 97. P. 88–98. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.12.027 {English}

9. Volk, R., Stengel, J., Schultmann, F. Building Information Modeling (BIM) for existing buildings — Literature review and future needs. Automation in Construction. 2014. Vol. 38. P. 109–127. DOI: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.10.023 {English}

10. Chupryna, Yu. A. Application of BIM technologies advantages in the methodology and practice of forming the life cycle of projects within state target programs implemented by a construction cluster. Economy and State. 2019. No. 2. {Ukrainian}

11. Azhar, S. Building Information Modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry. Leadership and Management in Engineering. 2011. Vol. 11, No. 3. P. 241–252. DOI: https://doi.org/10.1061/(ASCE)LM.1943-5630.0000127 {English}

12. Succar, B., Sher, W., Williams, A. Measuring BIM performance: Five metrics. Architectural Engineering and Design Management. 2012. Vol. 8, No. 2. P. 120–142. DOI: https://doi.org/10.1080/17452007.2012.659506 {English}

13. Chupryna, Yu.A. Application of BIM technologies advantages in the methodology and practice of forming the life cycle of projects within state target programs implemented by a construction cluster. Economy and State. 2019. No. 3. P. 67–70. {Ukrainian}

DOI: 10.32347/2786-7269.2026.17.312-328
UDK 539.3

PhD **Chystiakov Artem,**
artem.chystiakov@stuba.sk, ORCID: 0000-0002-8424-842X,
Slovak University of Technology in Bratislava, Slovakia,
Linnaeus University, Sweden,
PhD **Kirichenko Daria,**
dkirichenko@odaba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-8484-0925,
Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Ukraine,
Kázsmér Michal,
michal.kazsmer@stuba.sk, ORCID: 0009-0002-0319-4835,
Slovak University of Technology in Bratislava, Slovakia,
Professor **Surianinov Mykola,**
sng@odaba.edu.ua, ORCID: 0000-0003-2592-5221,
Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Ukraine,
PhD **Janka Kovacikova,**
janka.kovacikova@lnu.se, ORCID: 0000-0003-2312-6522,
Linnaeus University, Sweden

STRUCTURAL DESIGN AND TOPOLOGY OPTIMISATION OF A TRUSS, PRODUCED USING ADDITIVE MANUFACTURING FROM WOOD-BASED POLYMER COMPOSITES

This research is part of a comprehensive assessment of the feasibility and viability of large-scale additive manufacturing of load-bearing and non-load-bearing building structures made from sustainable biodegradable wood-based polymer composite. Mentioned material is made from polylactic acid (lignin) and softwood fibre – both waste products of the wood-processing industry, which have the property of total biodegradability in the environment. At the same time, composite have properties of durability, water resistance and elasticity of plastic, and mechanical behaviour and strength of wood.

This study involved developing a design for a load-bearing building truss with computer modelling of its load-bearing capacity. For the calculation, the truss material – wood-based polymer composite – was characterised through tensile and bending tests according to ISO 527-4:2023 [10] and EN 310:1993 standards [11], from which a stress-strain diagram was derived and implemented in the Finite Element Model. The numerical simulation was performed in the SOFiSTiK environment using shell elements.

Subsequently, topological optimisation of this truss was performed using the ANSYS Discovery software package, taking into account the actual loads on the truss

elements, and the truss cross-sections were modified accordingly. Improvements to the truss design in ANSYS Discovery software resulted in a topologically optimised structure with a complex bionic shape (providing significant material savings, lower weight, but greater manufacturing complexity, and suitable for large-scale additive manufacturing). The results of this phase of the study demonstrate the effectiveness of using topology optimisation in ANSYS software for building structures.

In the future, it is planned to produce a small-scale model of the developed truss using 3D printing from wood-based polymer composite and conduct laboratory testing of its load-bearing capacity for comparison with the data obtained as a result of computer analysis.

Keywords: topological optimisation; ANSYS; truss; bearing structures; additive manufacturing; wood-based polymer composite; lignin

Introduction. Additive manufacturing (AM) has emerged as a pivotal technology in the manufacturing sector, offering expedited and cost-effective production, optimised geometries, the ability to obtain complex product shapes that are inaccessible when manufactured by other methods, and enhanced design flexibility. Large-scale additive manufacturing (LSAM) is a production process that uses industrial robotic 3D-printing systems to create large objects by depositing filament layer by layer. It is typically used to produce full-scale products such as building structures, furniture, moulds, tooling, and prototypes without the need for traditional moulds or machining.

As raw materials for LSAM, normally using cement mortars, polymers, composites and their sustainable analogues. It enables the rapid production of big structures.

Robotic systems in LSAM are evolving to overcome the limitations of traditional gantry (linear axis) AM machines, with a focus on adaptability and multifunctionality. In the construction and architectural domains, robotic systems are being leveraged for autonomous AM to create complex structures autonomously at a designed scale [1].

Considering that additive manufacturing allows the production of objects with complex shapes, including building elements, topological optimisation of bearing structures with the formation of complicated cross-sections can be implemented more efficiently in a real industrial process. Without AM it was impossible to realise such complex forms using conventional manufacturing methods.

The software ANSYS Discovery allows efficient topological optimisation (TO) of the bearing structures, taking into account the distribution of the loads. These methods can help to decrease the demand for the material, which will lead to a decrease in structural weight and allow for interesting architecturally expressive forms of bearing elements of buildings [2].

Literature review. Despite the benefits and high prospects of additive manufacturing, the absence of a universally standardised testing method to assess the mechanical properties of filament materials presents a significant challenge [3]. Moreover, in additive manufacturing using bio-composites include warping, which is the distortion that occurs as printed parts cool and contracts at different rates; limited mechanical properties and low interlayer adhesion also persist.

However, advancements in material development and technology, including 3D printing filaments derived from sustainable resources, have effectively addressed these challenges [4]. Emphasising the sustainable adoption of additive manufacturing can pave the way for a new era of environmentally conscious manufacturing practices.

Nature-inspired bio-composites, particularly wood-based polymer composite (WPC) pellets for AM, are gaining attention because of their intricate structural complexity and robust mechanical integrity [5]. This composite is aligned with the sustainable principles of additive manufacturing [6].

The mechanical characteristics of wood-based filaments vary according to factors such as the proportions of compounds in the composite material, manufacturing intricacies, surface treatments, extrusion temperatures, cooling procedures, and weather exposure. Understanding the mechanical properties of WPCs in additive manufacturing processes is crucial for optimising their performance and exploring diverse applications [7].

Wood-based polymer composite based on polylactic acid (lignin) (PLA WPC) is the modern raw material made from softwood fibre and lignin polymer, normally both made from waste products of forestry and wood-processing industry [8]. Because of its natural origin and individual properties of all the components, this type of WPC is a biodegradable material in the natural environment [8]. That characteristic made PLA WPC a highly sustainable composite, the use of which will not burden the planet with plastic and microplastic pollution. Wood-based lignin composite can be applicable for use in additive manufacturing, including large-scale additive manufacturing in analogy with WPC on normal thermoplastics. In addition, the renewable origin of its components contributes to reducing dependence on petroleum-based materials and supports the development of environmentally responsible production technologies. Such composites also demonstrate promising mechanical and processing properties, making them suitable for manufacturing structural elements with improved sustainability characteristics.

Even though PLA WPCs have similar properties to standard wood-based polymer composites, their application in LSAM, especially the influence of printing strategy and temperature on AM product characteristics, interlayer connections, should be studied in more detail. Additive manufacturing of structural elements, bearing building structures included, from WPC is a totally new topic with high prospects.

The advantages of using such technology for producing structural elements are high automation of the process, variability of forms, strength and durability of material and sustainable aspects of using bio-based composites. Application of bio-degradable WPC based on wood fibre and polylactic acid can increase the sustainability of the products.

Literature analysis showing that currently there is a lack of information on using LSAM for producing building structural elements from WPC – there are no developed special cross-sections of the beams for that technological solution, no tested prototypes and moreover no practical approval of such structures. Within the currently realising research, the unique, optimal for AM, trusses are developing, their small-scale models planned to be 3D printed and are planned to be tested with comparison with computer-modelling data.

Topology optimization in ANSYS is a modern numerical design methodology that automatically generates rational structural geometry based on specified load cases, restraints, and target parameters. In ANSYS Discovery, this technology utilizes algorithms for optimal material distribution across a given design volume to minimize mass, increase stiffness, strength, or even the natural frequency of the structure.

The methodology's functionality includes the ability to account for various load types, certain stress, displacement, and process constraints, and ensure the resulting shape is compatible with manufacturing requirements.

The promise of topology optimization stems from its high efficiency in developing lightweight and durable structures in construction, mechanical engineering, and the aerospace industry, as well as its integration with additive manufacturing. Topology optimization has made it possible to create geometrically complex, yet technologically and economically feasible, designs with improved performance characteristics [2].

Objective. Based on data obtained from previously investigated properties of polylactic acid wood-based polymer composite (WPC) [9], a load-bearing truss made from this composite material was developed for additive manufacturing applications. The objective of this study is to evaluate the structural behaviour and load-bearing capacity of the developed truss using numerical modelling methods. For this purpose, the mechanical characteristics of the material were represented by a stress–strain diagram derived from experimental data and implemented into the Finite Element Model (FEM). Numerical analysis of the structure was carried out in the SOFiSTiK software environment using shell finite elements. The simulation allowed assessment of the stress–strain state of the truss and provided the basis for further topology optimisation of the structure aimed at improving material efficiency and structural performance.

Materials and methods. The material used in design of bearing trusses is a wood-based polymer composite UPM Formi 3D20/19, which consist 20 % of soft-wood fibre and 80 % of native polylactic acid. The composite was tested for mechanical characteristics; its tensile strength (15.39 MPa), flexural strength (26.05 MPa), modulus of elasticity (2294.54 MPa), Poisson`s ratio (0.244) and shear modulus (882.5 MPa) were determined [9]. The presented characteristics of composite are relevant when applying load along the layers of 3D printing.

The material tests were performed in accordance with ISO 527-4:2023 [10] and EN 310:1993 [11]. From these tests, work diagrams were prepared in different stress directions with respect to printing layers orientation relative to force application (Fig. 1).

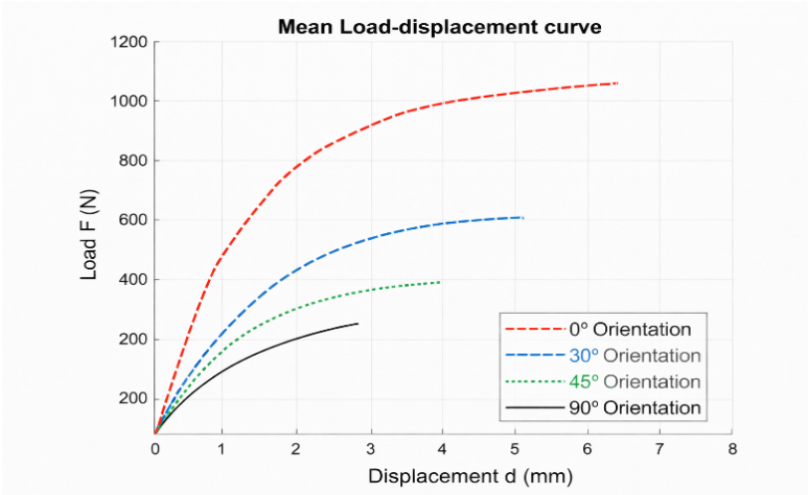


Fig. 1. Tensile load-displacement diagram of used WPC

Based on the working diagrams from the experiments, a material model was created for the purposes of the FEM model (Fig. 2).

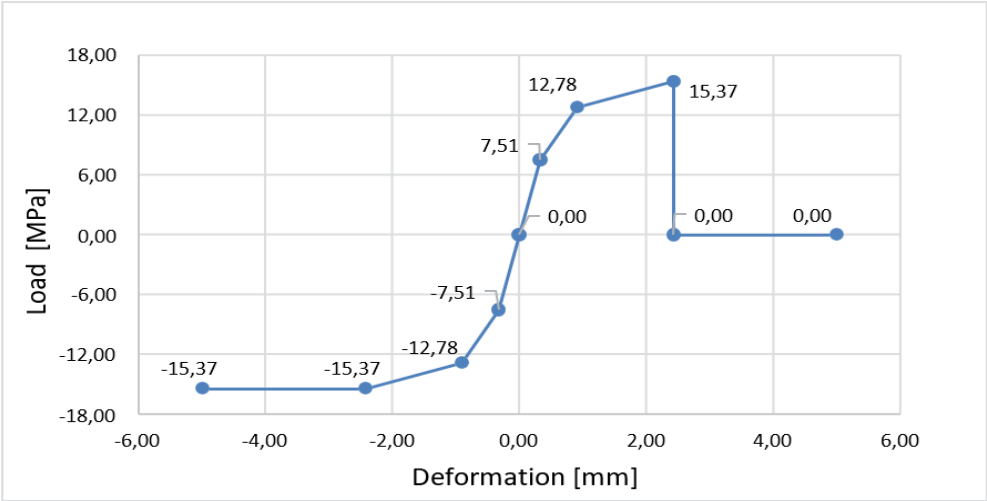


Fig. 2. Work diagram of used WPC

The truss was designed in accordance with the modern standards STN EN 338 [12] and tendencies in construction and architecture, and for the needs of the three-point bend test. The shape of the tested beam was chosen as a lattice. The small-scale model of the truss for the prototyping was designed according to the production limits of the available 3D printer (Bambu Lab-X1 Carbon) with the printing space of 256 mm × 256 mm × 256 mm. To maximise the dimensions of the test sample, a diagonal orientation on the printing bed was chosen [13]. The height of the beam was determined as 1/8 of the distance between the supports of the test assembly, the other dimensions are described in Table 1.

Table 1

Dimensions of developed truss small-scale model

Parameter	Designation	Value	Unit
Truss length	L	348.8	mm
Truss height	H	47.1	mm
Distance between truss nodes	a	43.1	mm
Height of the cross-section of the bars	h	4.0	mm
Bar cross-section width	b	4.0	mm
Edge rounding diameter	r	4.0	mm

The numerical model of the truss was made of plate elements in the required geometry, with a wall thickness of 4 mm. The material with the working diagram according to Fig. 2 was assigned. The finite element mesh was made of quadrilateral elements with an edge length of maximum 2 mm, with thickening at the edges and corners. Vertical displacement of the sample was prevented in the supports, and rotation of the samples around the axis of the global coordinate system (GCS) X was prevented (Fig. 3). Within the computer modelling the sample was loaded at the upper edge in its geometric centre with a deformation $d = 0.9$ mm in 15-time steps (increment for the time step $\Delta d = 0.06$ mm). In the centre, displacement in the GCS Y was prevented, which represents stabilisation of the upper flange before buckling. The analysis was geometrically and materially nonlinear.

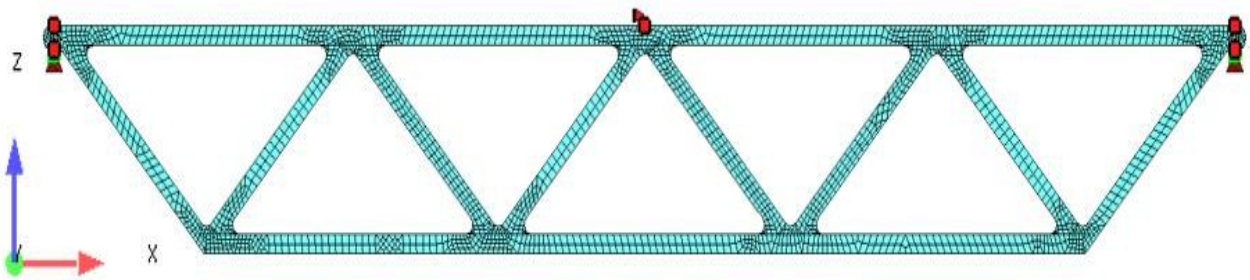


Fig. 3. Finite element model of the truss

To verify the reliability of the model, a mesh convergence test was performed in the SOFiSTiK program with a change in the element edge length from 4 mm to 2 mm and 1 mm. The normal stress in the x-axis direction (σ_x) in the critical region of the truss beam was selected as the monitored parameter. The difference between the two meshes (4 mm and 2 mm) was 3.63% and between the meshes (2 mm and 1 mm) was 3.45 %.The model took into account the orientation of the 3D printing layers by dividing the wall elements into smaller parts in which the orientation of the local coordinate system (LCS) was adjusted so that the adjacent elements did not have a deviation of the LCS axes of more than 67.5° (Fig. 4 and 5).

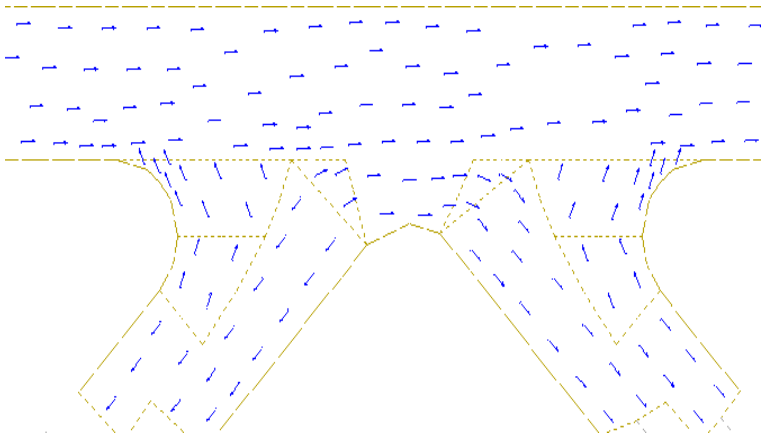


Fig. 4. FEM model – orientation of the local *X* axis of planar elements at a node

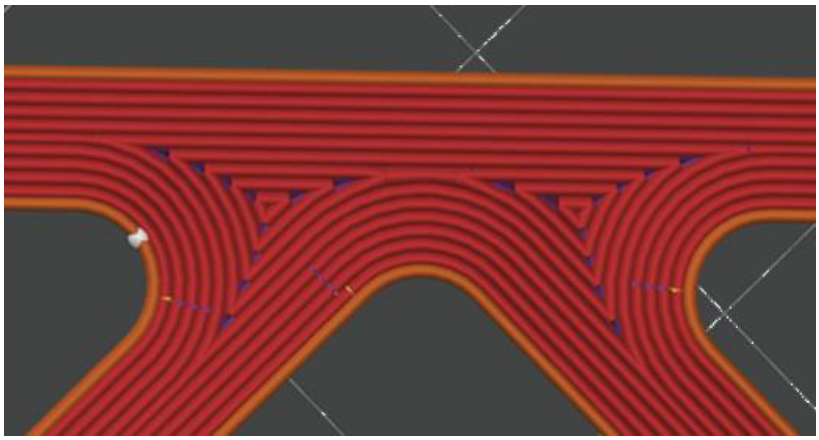


Fig. 5. Model of a truss ready for printing – printing layers orientation at a node

After validating the finite element model and determining the stress-strain state of the original truss, further optimization of the structure was required. To improve efficiency and reduce material consumption while maintaining strength and rigidity, topology optimization was performed using ANSYS Discovery software. The validated finite element model was adopted as the basis for further design optimization and modification of the truss element cross-sections [2].

Topological optimisation of a bearing structure is a computational design method used to determine the most efficient material layout inside a load-bearing structure so that it carries applied loads with minimal material while satisfying constraints [14]. The research methodology included the creation of an initial truss model, finite element analysis, topology optimisation, cross-section modification based on the obtained stress and strain distribution, and repeated structural analysis to verify effectiveness. The boundary conditions were fixed supports, the direction of gravity, and an external load of 115 N applied to the centre of the top chord of the truss.

The tensile strength of the composite was 15.3 MPa, the spring modulus was 2295 MPa, and the Poisson coefficient was 0.244. In topological optimisation, a portion of the material was specified that saved 30 % of the output material, which made it possible to eliminate the expression of the power path while saving the technological efficiency of the design. The minimum permissible element thickness was 0.004 m, which resulted in the minimal element thickness of the truss and the inclusion of thin cross-sections that were not realised. Based on the resulting optimised shape, a new truss model was created with a constant element thickness and modified cross-sections of individual bars in accordance with the level of stresses and strains: the cross-sections of the most heavily loaded elements were increased, while those of lightly loaded elements were decreased.

After adjusting the geometry, a repeated static analysis was performed, during which displacements, equivalent stresses, and elastic strains were analysed. A comparison of the results allowed us to evaluate the effectiveness of the optimisation, confirming a more uniform stress distribution, reduced strain concentrations, and improved material efficiency while maintaining the strength and rigidity of the structure [2]. Calculational and graphic diagram of the truss in the ANSYS Discovery is presented in Fig. 6.

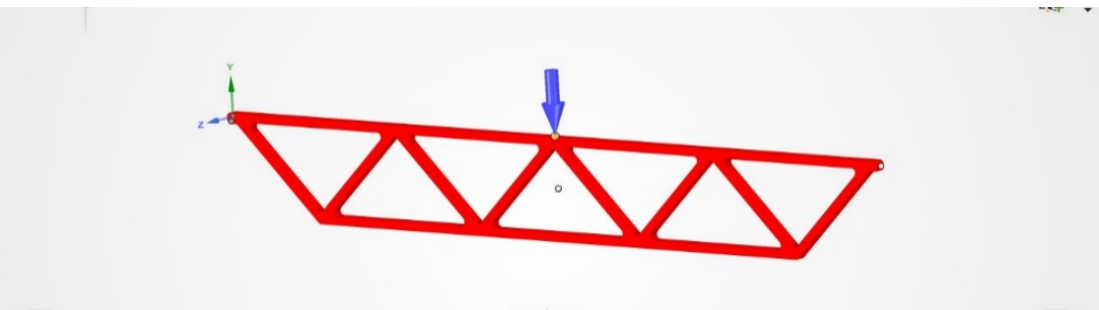


Fig. 6. Calculational and graphic diagram of the truss

Research results and discussion. The simulations of the truss model were performed in the SOFiSTiK program. The FEM simulation reached failure in step LC109 at the node displacement $u_{z,09}$ = –0.60 mm, the achieved force in the node was

$F_{z,09} = -115.0$ N. In step LC110, a sharp decrease in the force in the node to $F_{z,10} = 3.1$N was observed (Fig. 7).

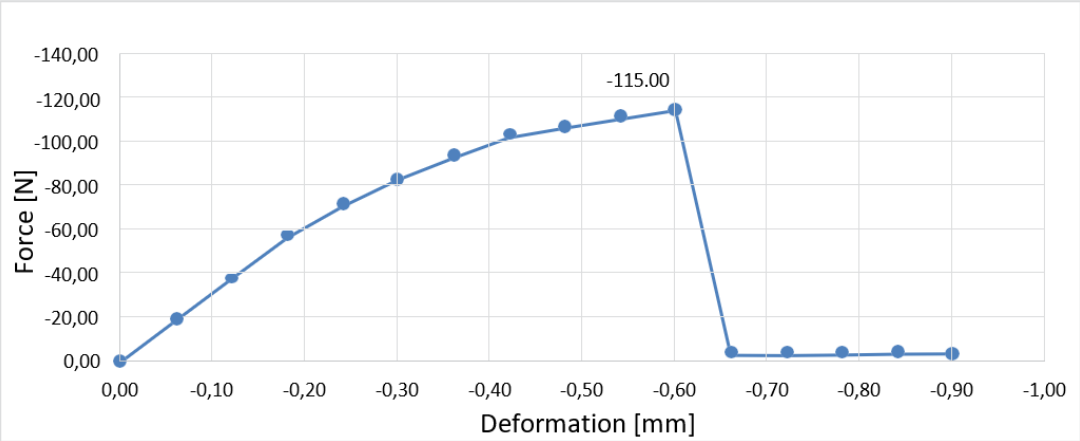


Fig. 7. Load-deflection diagram

Fig. 8 and Fig. 9 show the relative strain in local coordinate system *X*. The strain at step LC109 $\varepsilon_{x,09} = 2.011$ ‰. Failure can be observed at the left node of the truss below the apex, where the strain has increased to $\varepsilon_{x,10} = 33.591$ ‰.

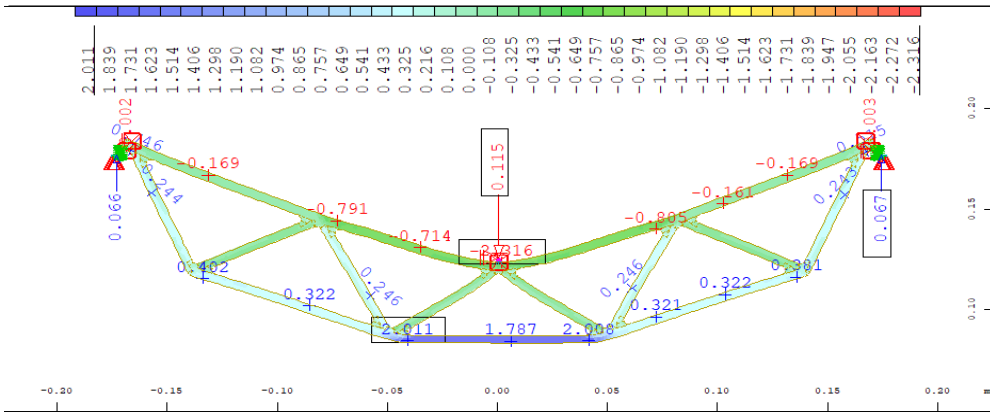


Fig. 8. Deformation in the local *X* direction in step LC 109

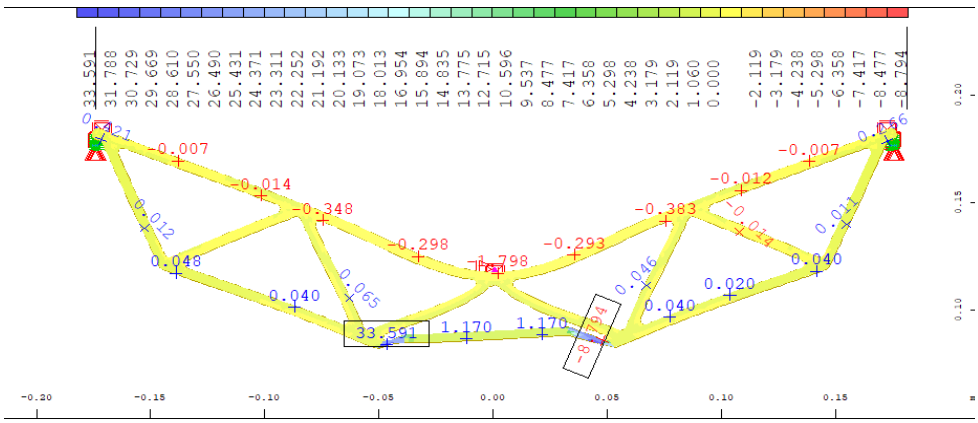


Fig. 9. Deformation in the local *X* direction in step LC 110

The Fig. 10 show the left node under the vertex on the lower chord of the truss in step LC109.

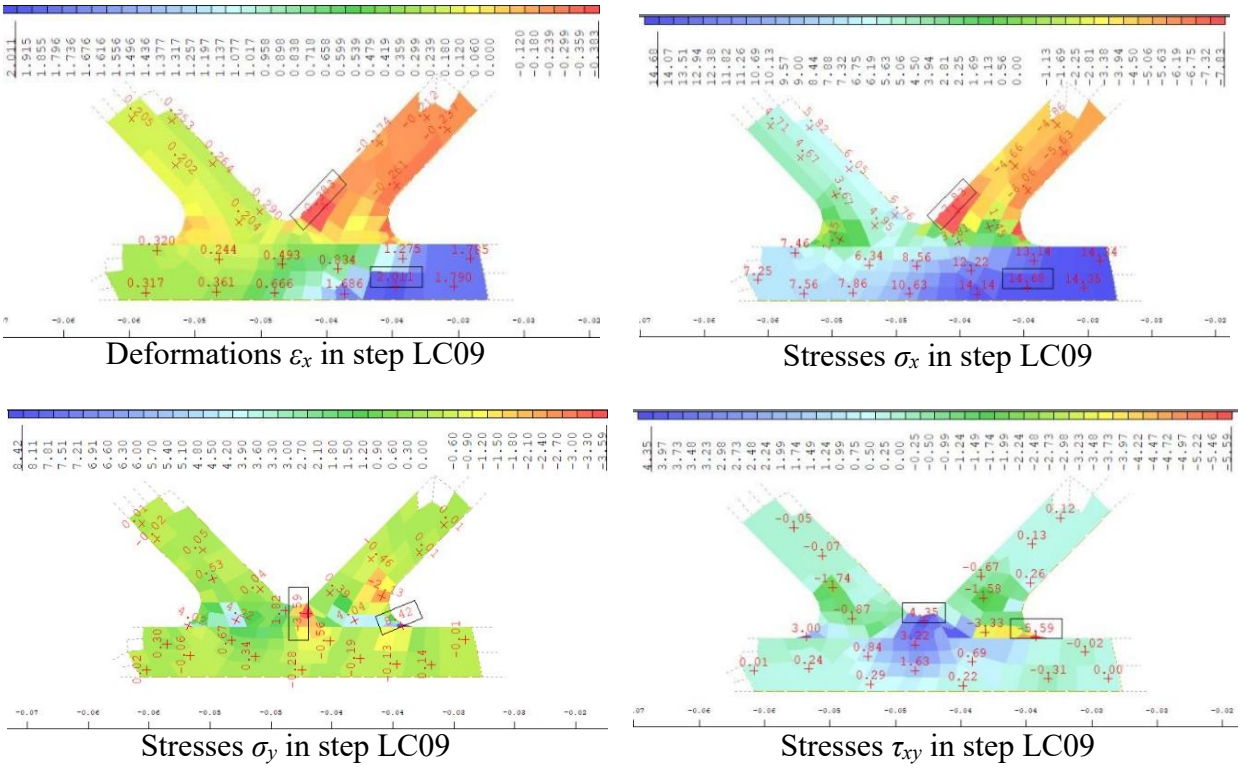


Fig. 10. Internal forces in the left node under the vertex on the lower chord of the truss

As a results of topologic optimisation in the ANSYS Discovery software of the model of additively manufactured truss from PLA WPC, the scheme of distribution of elastic deformations were obtained (Fig. 11).

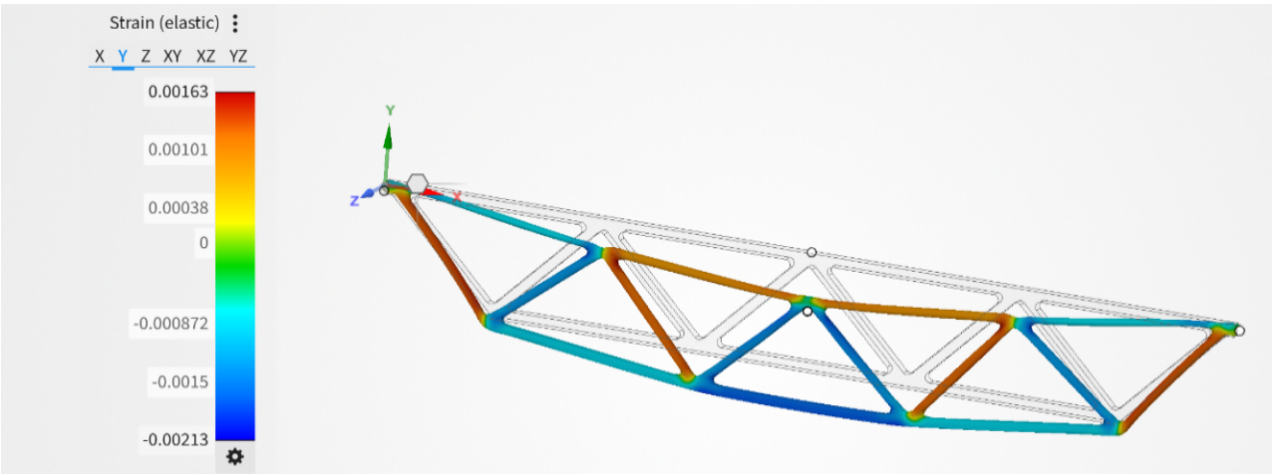


Fig. 11. Distribution of elastic deformations in a truss structure by topological optimization

Thus, the working section of the truss array will look like this, as shown in Fig. 12.

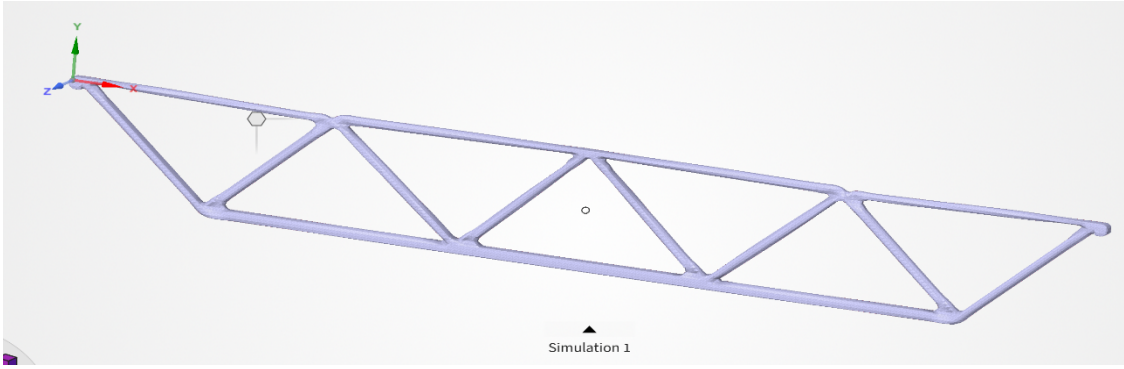


Fig. 12. Working section of the truss array

Determination of displacements and change of the geometric shape of the truss as a result of the provided loading using the topological optimisation method in the ANSYS Discovery software is shown in Fig. 13.

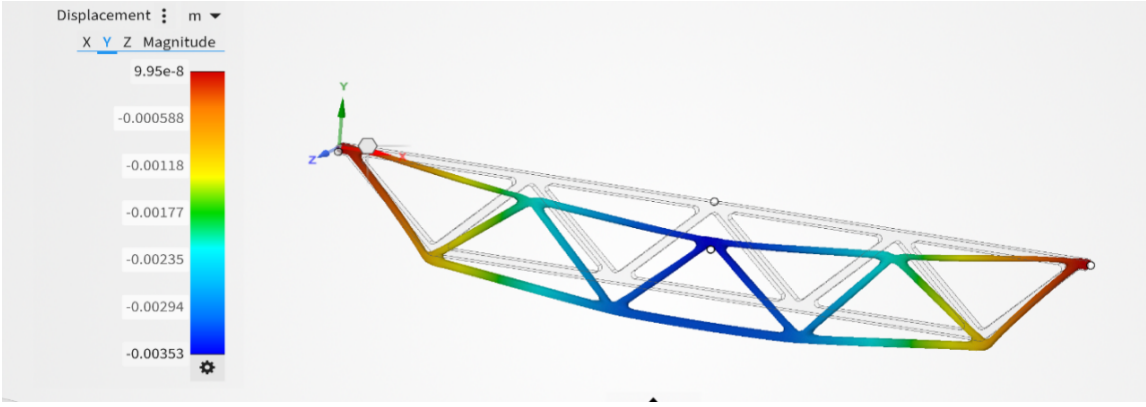


Fig. 13. Displacements and change of the geometric shape of the truss, m

Stress distribution in the truss was determined at the stage of topological optimisation and shown in Fig. 14.

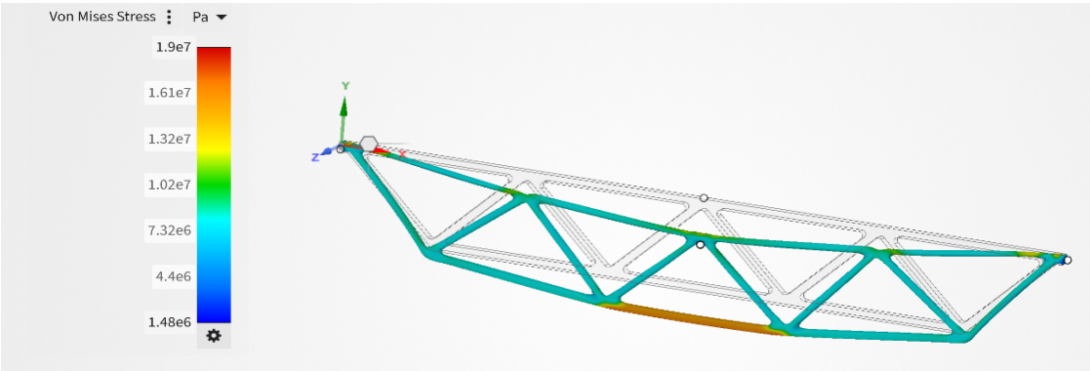


Fig. 14. Stress distribution in the truss, Pa

According to the results of topological optimisation, the cross-sections of the truss elements were adjusted. In the original model, all rods had a square cross-section of 4

× 4 mm. Based on the resulting optimized form, a new truss model was created with a constant element thickness of 4 mm and modified cross-sections of individual rods in accordance with the level of stress and strain that arose: the cross-sections of the most heavily loaded elements were increased, while those of the lightly loaded ones were decreased in Fig. 15 [2].

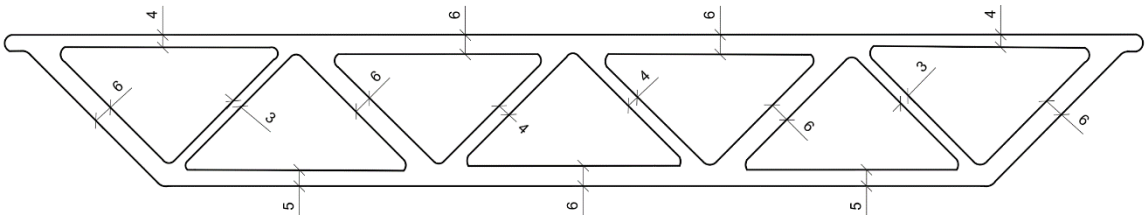


Fig. 15. Cross-sections of the truss elements, mm

After the changing of the cross-section of the truss`s elements, linear static calculation of the model was conducted again considering new forms and dimensions. Thus, new distribution of displacements in the truss after adjusting the cross-sections based on the results of topological optimization shown in Fig. 16.

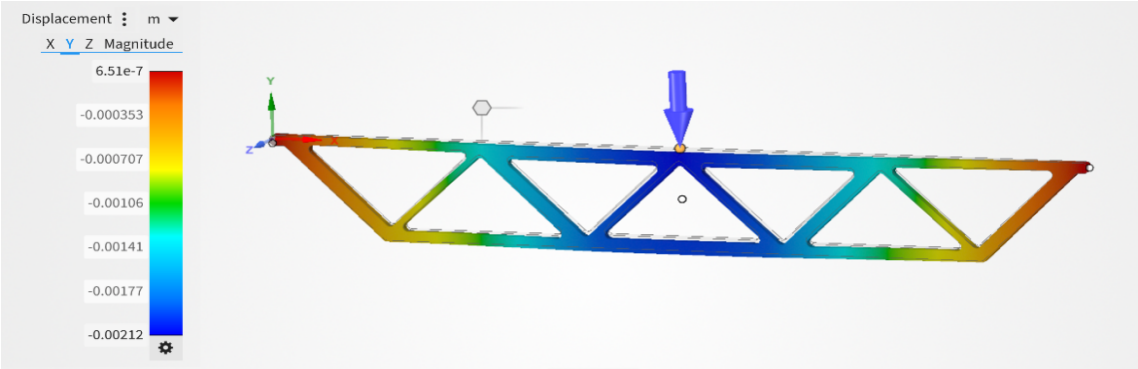


Fig. 16. Distribution of displacements in the truss after adjusting the cross-sections, m

Distribution of the equivalent Mises stresses in a truss after adjusting the cross-sections of the elements shown in Fig. 17.

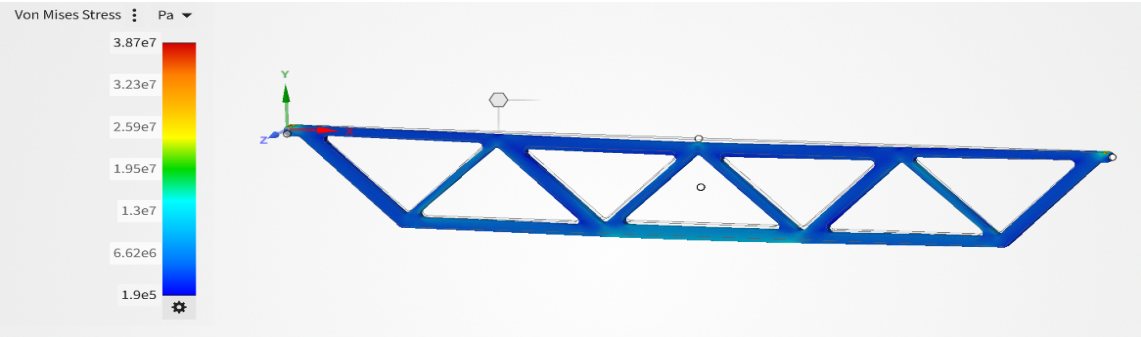


Fig. 17. Distribution of the equivalent Mises stresses in the truss after adjusting the cross-sections, Pa

Distribution of elastic deformations in a truss after adjusting the cross-sections of the elements shown in Fig. 18.

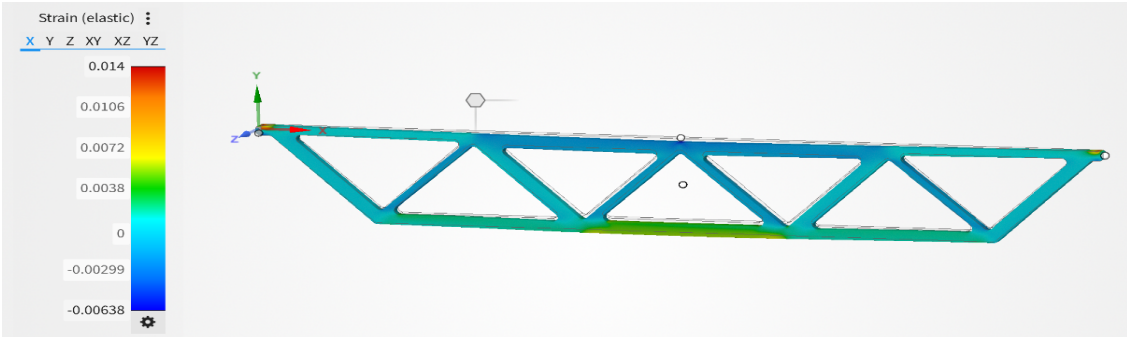


Fig. 18. Distribution of elastic deformations in the truss after adjusting the cross-sections

Topological optimisation identified the most heavily loaded truss elements and determined a rational redistribution of material within the truss. Based on the resulting strain and stress distribution, the cross-sections of individual elements were modified: the lower chords and central diagonal members were enlarged, and several lightly loaded elements of the upper chord and lateral diagonals were reduced in size.

A repeat static analysis of the optimised truss demonstrated a more uniform distribution of stresses and elastic deformations along the entire length of the structure. In the original configuration with uniform 4x4 mm cross-sections, localised stress concentrations were observed primarily in the lower chord and in the load application zone.

After modifying the cross-sections in accordance with the topological optimisation results, these stress concentrations decreased, and the load transfer between elements became more balanced. The maximum equivalent stresses remained within the allowable limits for wood-plastic composite material ($\sigma_{max} \approx 3.8\times10^7$ Pa), confirming the structural strength under an applied load of 115 N. Material redistribution-maintained rigidity while avoiding excessive material consumption in lightly loaded areas.

The elastic strain fields also became more uniform after optimisation. The highest strain values were observed in the central part of the bottom chord and at nodes adjacent to the load application point, consistent with the behaviour of truss systems under three-point bending. However, the strain levels remained within the allowable limits for the selected composite material.

It can be concluded that topology optimisation, combined with subsequent geometric adjustments to the truss elements, improved structural efficiency, ensured rational material distribution, and maintained load-bearing capacity without increasing the overall mass of the structure. The results confirm the effectiveness of using ANSYS Discovery for the design and optimisation of truss structures intended for additive manufacturing [2].

Conclusions

This study demonstrates design, numerical modelling and topology optimisation of a truss structure made of wood-based polymer composite using SOFiSTiK and ANSYS Discovery software.

Topology optimisation determined the rational distribution of material and identified the most heavily loaded structural elements. Based on the resulting stress-strain state, the cross-sections of the truss elements were modified while maintaining a constant truss thickness of 4 mm.

A comparative analysis of the original and modified models revealed that:

– the maximum displacement of the optimised structure reached approximately 0.0021 m under a load of 115 N;

– the maximum equivalent stresses did not exceed 3.8×10^7 Pa and remained within the permissible limits for the composite material;

– the elastic deformation distribution became more uniform along the length of the structure;

– local stress concentrations in the lower chord decreased after the cross-section modification;

– the structural rigidity and load-bearing capacity were maintained while the material utilisation efficiency increased.

The results confirm that topology optimisation in ANSYS Discovery is an effective tool for designing truss structures manufactured using additive manufacturing. This method can reduce material consumption and improve structural performance without compromising load-bearing capacity or rigidity. The resulting optimised design can be recommended for further experimental studies using 3D printing of prototypes from PLA WPC and laboratory testing.

Список літератури

1. B. Felbrich, T. Schork, and A. Menges, “Autonomous robotic additive manufacturing through distributed model-free deep reinforcement learning in computational design environments,” Constr. Robot., vol. 6, no. 1, pp. 15–37, 2022, https://doi.org/10.1007/s41693-022-00069-0.

2. Kirichenko D., Yesvandzhyia V. Finite element analysis of damaged beams reinforced with fiber concrete, 2024, Mechanics And Mathematical Methods. 6. 124-133. https://doi.org/10.31650/2618-0650-2024-6-1-124-133.

3. M. Meier, K.H. Tan, M.K. Lim, and L. Chung, “Unlocking innovation in the sport industry through additive manufacturing,” Bus. Process Manag. J., vol. 25, no. 3, pp. 456–475, 2019, https://doi.org/10.1108/BPMJ-10-2017-0285.

4. N. Cakir Yigit and I. Karagoz, “A review of recent advances in bio-based polymer composite filaments for 3D printing,” Polym. Technol. Mater., vol. 62, no. 9, pp. 1077–1095, 2023, https://doi.org/10.1080/25740881.2023.2190799.

5. M.N. Ahmad, M.R. Ishak, M. Mohammad Taha, F. Mustapha, and Z. Leman, “A Review of Natural Fiber-Based Filaments for 3D Printing: Filament Fabrication and Characterization,” Materials (Basel)., vol. 16, no. 11, 2023, https://doi.org/10.3390/ma16114052.

6. M.I. Magalhães and A.P.C. Almeida, "Nature-Inspired Cellulose-Based Active Materials: From 2D to 4D," Appl. Biosci., vol. 2, no. 1, pp. 94–114, 2023, https://doi.org/10.3390/applbiosci2010009.

7. M.R. Condruz et al., "A Study on Mechanical Properties of Low-Cost Thermoplastic-Based Materials for Material Extrusion Additive Manufacturing," Polymers (Basel)., vol. 15, no. 14, 2023, https://doi.org/10.3390/polym15142981.

8. Shi K, Liu G, Sun H, Weng Y. Polylactic Acid/Lignin Composites: A Review. Polymers. 2023; 15(13):2807. https://doi.org/10.3390/polym15132807.

9. Chystiakov Artem, Ziada O. A., Ahmed S. A. et al. Experimental Investigation of 3D-Printed Structures from Wood-Based Polymer Composites, 17 November 2025, PREPRINT (Version 1) available at Research Square. https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-7997275/v1.

10. ISO 527-4:2023. Plastics – Determination of tensile properties – Part 4: Test conditions for isotropic and orthotropic fibre-reinforced plastic composites. International Organization for Standardization. (2023).

11. EN 310:1993. Wood-based panels — Determination of modulus of elasticity in bending and of bending strength. European Committee for Standardization. (1993). CEN.

12. STN EN 338:2016. Structural timber — Strength classes. European Committee for Standardization. (2016). CEN.

13. Kázsmér Michal, Chystiakov Artem. Návrh experimentu drevo-plastového kompozitného nosníka tlačeného na 3d tlačiarni. In Advances in Architectural, Civil and Environmental Engineering (AACEE 2025), 2025, online, s.343-350. {in Slovak}

14. Lazareva D.V., Soroka M.M., Shilyaev O.S., red. M.G. Surianinov. (2020). Прийоми роботи з ПК ANSYS при розв'язанні задач механіки. Odessa. ODABA. 431 p.

Доктор Філософії **Чистяков А.О.,**
Словацький технологічний університет у Братиславі, Словаччина,
Університет Ліннея, Швеція,
Доктор Філософії **Кіріченко Д.О.,**
Одеська державна академія будівництва та архітектури, Україна,
Магістр-інженер **Казьмір Міхал,**
Словацький технологічний університет у Братиславі, Словаччина,
Д.т.н., професор **Сур'янінов М.Г.,**
Одеська державна академія будівництва та архітектури, Україна,
Доктор філософії **Янка Ковачикова,**
Університет Ліннея, Швеція

СТРУКТУРНЕ ПРОЄКТУВАННЯ ТА ТОПОЛОГІЧНА ОПТИМІЗАЦІЯ ФЕРМИ З ДЕРЕВИННО-ПОЛІМЕРНОГО КОМПОЗИТУ, ВИГОТОВЛЕНОЇ МЕТОДОМ АДИТИВНОГО ВИРОБНИЦТВА

Представлене дослідження є частиною комплексної оцінки доцільності та життєздатності великомасштабного адитивного виробництва несучих та ненесучих будівельних конструкцій з екологічно чистого біорозкладного деревинного полімерного композиту. Згаданий матеріал виготовлено з полімолочної кислоти (лігніну) та волокна м'якої деревини – обох відходів

деревообробної промисловості, які мають властивість повної біорозкладності в навколишньому середовищі. Водночас композити мають властивості міцності, водостійкості та еластичності пластику, а також механічні властивості та міцність деревини.

Це дослідження включало в себе розробку конструкції несучої будівельної ферми із комп'ютерним моделюванням її несучої здатності. Для розрахунку матеріал ферми – деревний полімерний композит – був охарактеризований за допомогою випробувань на розтяг та вигин відповідно до стандартів ISO 527-4:2023 [10] та EN 310:1993 [11], на основі яких була отримана діаграма напружень-деформацій та реалізована в моделі скінченних елементів. Чисельне моделювання було виконано у програмному комплексі SOFiSTiK із використанням оболонкових елементів.

Згодом було виконано топологічну оптимізацію цієї ферми за допомогою програмного комплексу ANSYS з урахуванням фактичних навантажень на елементи ферми, а поперечні перерізи ферми були відповідно модифіковані. Удосконалення конструкції ферми в програмному забезпеченні ANSYS Discovery призвели до топологічно-оптимізованої структури зі складною біонічною формою (що забезпечує значну економію матеріалів, меншу вагу, але в свою чергу більшу складність виготовлення та придатність для великомасштабного адитивного виробництва). Результати цього етапу дослідження демонструють ефективність використання топологічної оптимізації в програмному комплексі ANSYS Discovery для будівельних конструкцій.

У подальших дослідженнях планується створити дрібномасштабну модель розробленої ферми за допомогою 3D-друку з деревного полімерного композиту та провести лабораторні випробування її несучої здатності для порівняння з даними, отриманими в результаті комп'ютерного аналізу.

Ключові слова: топологічна оптимізація; ANSYS; ферма; несучі конструкції; адитивне виробництво; деревний полімерний композит; лігнін.

REFERENCES

1. B. Felbrich, T. Schork, and A. Menges, “Autonomous robotic additive manufacturing through distributed model-free deep reinforcement learning in computational design environments,” Constr. Robot., vol. 6, no. 1, pp. 15–37, 2022, https://doi.org/10.1007/s41693-022-00069-0. {in English}

2. Kirichenko D., Yesvandzhyia V. Finite element analysis of damaged beams reinforced with fiber concrete, 2024, Mechanics And Mathematical Methods. 6. 124-133. https://doi.org/10.31650/2618-0650-2024-6-1-124-133. {in English}

3. M. Meier, K.H. Tan, M.K. Lim, and L. Chung, “Unlocking innovation in the sport industry through additive manufacturing,” Bus. Process Manag. J., vol. 25, no. 3, pp. 456–475, 2019, https://doi.org/10.1108/BPMJ-10-2017-0285. {in English}

4. N. Cakir Yigit and I. Karagoz, “A review of recent advances in bio-based polymer composite filaments for 3D printing,” Polym. Technol. Mater., vol. 62, no. 9, pp. 1077–1095, 2023, https://doi.org/10.1080/25740881.2023.2190799. {in English}

5. M.N. Ahmad, M.R. Ishak, M. Mohammad Taha, F. Mustapha, and Z. Leman, “A Review of Natural Fiber-Based Filaments for 3D Printing: Filament Fabrication and Characterization,” Materials (Basel)., vol. 16, no. 11, 2023, https://doi.org/10.3390/ma16114052. {in English}

6. M.I. Magalhães and A.PC. Almeida, “Nature-Inspired Cellulose-Based Active Materials: From 2D to 4D,” Appl. Biosci., vol. 2, no. 1, pp. 94–114, 2023, https://doi.org/10.3390/applbiosci2010009. {in English}

7. M.R. Condruz et al., “A Study on Mechanical Properties of Low-Cost Thermoplastic-Based Materials for Material Extrusion Additive Manufacturing,” Polymers (Basel)., vol. 15, no. 14, 2023, https://doi.org/10.3390/polym15142981. {in English}

8. Shi K, Liu G, Sun H, Weng Y. Polylactic Acid/Lignin Composites: A Review. Polymers. 2023; 15(13): 2807. https://doi.org/10.3390/polym15132807. {in English}

9. Chystiakov Artem, Ziada O.A., Ahmed S.A. et al. Experimental Investigation of 3D-Printed Structures from Wood-Based Polymer Composites, 17 November 2025, PREPRINT (Version 1) available at Research Square. https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-7997275/v1. {in English}

10. ISO 527-4:2023. Plastics – Determination of tensile properties – Part 4: Test conditions for isotropic and orthotropic fibre-reinforced plastic composites. International Organization for Standardization. (2023). {in English}

11. EN 310:1993. Wood-based panels -- Determination of modulus of elasticity in bending and of bending strength. European Committee for Standardization. (1993). CEN. {in English}

12. STN EN 338:2016. Structural timber - Strength classes. European Committee for Standardization. (2016). CEN. {in English}

13. Kázsmér Michal, Chystiakov Artem. Návrh experimentu drevo-plastového kompozitného nosníka tlačeného na 3d tlačiarni. In Advances in Architectural, Civil and Environmental Engineering (AACEE 2025), 2025, online, s.343-350. {in Slovak}

14. Lazareva D.V., Soroka M.M., Shilyaev O.S., red. M.G. Surianinov. (2020). Methods of working with ANSYS sofware when solving mechanical problems. Odessa. ODABA. 431 p. {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2786-7269.2026.17.329-341
УДК 005.8:69.001.5:004.94
д.е.н., професор **Чуприна Ю.А.,**
chupryna.iua@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-4934-2058,
Київський національний університет будівництва і архітектури

КОНЦЕПТУАЛІЗАЦІЯ ТА ІНТЕГРАТИВНО-КОГНІТИВНЕ ВІДТВОРЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ БУДІВЕЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ЯК НЕЛІНІЙНОЇ СКЛАДНОЇ АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ З ДИНАМІЧНОЮ ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНОЮ СТРУКТУРОЮ

Сучасна будівельна діяльність характеризується високим рівнем складності, динамічності та невизначеності, що обумовлює необхідність переосмислення традиційних підходів до її організації та управління. У межах дослідження сформовано концептуальні засади розгляду будівельної діяльності як нелінійної складної адаптивної системи, функціонування якої визначається багаторівневою взаємодією організаційних, технологічних, ресурсних та інформаційних компонентів. Такий підхід дозволяє перейти від фрагментарного аналізу окремих процесів до цілісного відтворення системної динаміки будівельного виробництва.

Особливу увагу приділено інтегративно-когнітивному підходу, який поєднує формалізовані математичні моделі з експертними знаннями та сценарним мисленням. Це забезпечує можливість відображення причинно-наслідкових зв'язків між ключовими параметрами системи та формування адаптивних механізмів управління. Будівельна організація розглядається як відкрита система, здатна до самоорганізації, реконфігурації та еволюційного розвитку під впливом внутрішніх і зовнішніх факторів.

Ключові слова: нелінійні системи; складні адаптивні системи; будівельна діяльність; когнітивні моделі; системний підхід; техніко-технологічна структура; адаптивність; управління.

Постановка проблеми: Сучасний розвиток будівельної галузі супроводжується зростанням складності організаційно-технологічних процесів, що обумовлює необхідність удосконалення підходів до управління будівельною діяльністю. Традиційні моделі, засновані на лінійних залежностях і жорстко регламентованих процедурах, не забезпечують належного рівня адаптивності в умовах динамічного зовнішнього середовища.

Будівельна діяльність характеризується високим рівнем взаємозалежності між підсистемами, наявністю зворотних зв'язків, стохастичних факторів та часових затримок, що формує нелінійний характер її функціонування. Це

призводить до того, що зміни окремих параметрів можуть спричиняти непропорційні наслідки для всієї системи, ускладнюючи процес прийняття управлінських рішень. Відсутність інтегрованих підходів до відтворення організації будівельної діяльності обмежує можливості комплексного аналізу та прогнозування її розвитку. Особливо це стосується врахування когнітивних аспектів управління, пов'язаних із прийняттям рішень в умовах невизначеності.

Метою дослідження є розроблення теоретико-методологічних засад концептуалізації та інтегративно-когнітивного відтворення організації будівельної діяльності як нелінійної складної адаптивної системи. Для досягнення поставленої мети передбачено вирішення таких завдань: визначення ключових характеристик будівельної діяльності як складної системи, обґрунтування доцільності використання нелінійних моделей для її опису, дослідження ролі когнітивних підходів у процесі управління та формування інтегративної моделі відтворення організаційно-технологічної структури.

Аналіз останніх досліджень і публікацій: Проблематика дослідження складних адаптивних систем активно розвивається у сучасній науці та охоплює широкий спектр підходів, зокрема системну теорію, кібернетику та теорію самоорганізації. У наукових працях підкреслюється важливість розгляду виробничих систем як відкритих динамічних структур, здатних до адаптації та еволюції.

Значний внесок у розвиток системного підходу зроблено у працях, присвячених загальній теорії систем, де обґрунтовано необхідність комплексного аналізу взаємозв'язків між елементами системи. Подальший розвиток цих ідей пов'язаний із дослідженням нелінійних процесів, що характеризуються наявністю зворотних зв'язків і порогових ефектів.

Окремий напрям досліджень стосується когнітивного моделювання, яке дозволяє описувати складні причинно-наслідкові зв'язки між елементами системи. Когнітивні карти та моделі використовуються для аналізу сценаріїв розвитку та підтримки управлінських рішень. У сфері будівництва ці підходи набувають особливої актуальності, оскільки будівельна діяльність характеризується високим рівнем складності та невизначеності. Дослідження показують, що інтеграція системного та когнітивного підходів дозволяє підвищити ефективність управління та забезпечити стійкий розвиток будівельних підприємств.

Виклад основної інформації: Сучасна будівельна діяльність дедалі більше проявляє ознаки складної адаптивної системи, функціонування якої визначається не лише сукупністю техніко-технологічних процесів, а й багаторівневою взаємодією організаційних, інформаційних, ресурсних та управлінських компонентів. У цьому контексті концептуалізація будівельної

організації виходить за межі лінійних моделей планування та контролю й потребує використання системного, нелінійного та когнітивного підходів. Будівельна система розглядається як відкрита динамічна структура, що перебуває у постійному обміні ресурсами, інформацією та управлінськими впливами із зовнішнім середовищем.

Нелінійність будівельної діяльності зумовлена наявністю зворотних зв'язків, порогових ефектів, часових лагів та стохастичних збурень, які формують нерівномірну динаміку виробничих параметрів. Зміни в одному з елементів техніко-технологічної структури (наприклад, у механізації, логістиці або цифрових інструментах управління) можуть спричиняти непропорційні наслідки для всієї системи. Це обумовлює необхідність переходу від жорстко детермінованих схем управління до адаптивних моделей, здатних до самоналаштування та навчанняти [1].

Інтегративно-когнітивний підхід у відтворенні організації будівельної діяльності ґрунтується на поєднанні формалізованих моделей із експертними знаннями, інтуїтивними уявленнями та сценарним мисленням управлінських суб'єктів.

Побудований рисунок 1 відображає логіку функціонування організації будівельної діяльності з позицій інтегративно-когнітивного підходу та системного аналізу.

Рис. 1. Інтегративно-когнітивна блок-схема організації будівельної діяльності як нелінійної адаптивної системи *(розроблено автором на основі [1])*

Динамічна техніко-технологічна структура будівельної системи виступає матеріальним носієм адаптивності, оскільки саме через неї реалізуються управлінські впливи та трансформуються когнітивні моделі у практичні дії. Гнучкість такої структури визначається рівнем технологічної модульності, ступенем цифровізації процесів, можливістю оперативної реконфігурації ресурсних потоків. У цьому сенсі технічні засоби та технології перестають бути пасивними елементами й стають активними агентами системної еволюції.

Інтеграція когнітивних механізмів в систему управління будівельною діяльністю дозволяє підвищити стійкість організаційно-технологічних рішень до невизначеності та зовнішніх збурень. Відтворення будівельної організації як нелінійної складної адаптивної системи забезпечує методологічну основу для переходу від реактивного управління до проактивного, орієнтованого на випереджальне формування сценаріїв розвитку та довгострокову ефективність будівельного виробництва [2].

Концептуалізація організації будівельної діяльності в межах сучасної теорії складних систем ґрунтується на відмові від редукціоністського трактування виробничих процесів та переході до холістичного бачення будівельного підприємства як нелінійної складної адаптивної системи (НСАС). Така система характеризується множинністю елементів, різнорідністю зв’язків між ними, ієрархічною організацією та здатністю до саморегуляції під впливом внутрішніх і зовнішніх збурень.

В межах системної парадигми будівельна діяльність розглядається як сукупність взаємопов’язаних підсистем: організаційної, технологічної, ресурсної, інформаційної та управлінської. Кожна з них має власну динаміку, але загальний стан системи формується внаслідок їхньої когерентної взаємодії. Нелінійність такої взаємодії проявляється у тому, що малі зміни в одному з параметрів можуть спричиняти істотні структурні трансформації всієї системи, зокрема зміну технологічних маршрутів, режимів використання ресурсів або організаційних схем виконання робіт [3].

Формалізований опис будівельної організації як НСАС доцільно здійснювати у вигляді векторної динамічної системи станів:

$$X(t) = \{x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t)\}, \quad (1)$$

де $x_i(t)$ — агреговані змінні стану (продуктивність, рівень ресурсної забезпеченості, технологічна узгодженість, інформаційна насиченість тощо), що еволюціонують у часі під впливом керуючих та збурюючих факторів.

Динаміка системи може бути описана узагальненим нелінійним оператором:

$$\frac{dX(t)}{dt} = F\big(X(t), U(t), E(t)\big), \tag{2}$$

де U(t) — вектор управлінських впливів, E(t) — вектор зовнішніх збурень, F(·) — нелінійна функція системної еволюції.

Наведене рівняння відображає принципову неможливість опису будівельної діяльності через лінійні моделі, оскільки функція F включає взаємодію зворотних зв'язків, порогових ефектів та ефектів накопичення.

Для наочного відображення системної логіки функціонування будівельної діяльності доцільно використати рсиунко 2, який дозволяє узагальнити багаторівневі взаємозв'язки між ключовими підсистемами та контурами зворотного впливу [4].

Рис. 2. Концептуальна модель будівельної організації як нелінійної адаптивної системи *(розроблено автором на основі [4])*

Для кількісної оцінки рівня складності організаційно-технологічної структури доцільно вводити інтегральний показник системної складності:

$$C_s = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} w_{ij} \times \phi(x_i, x_j), \tag{3}$$

де w_{ij} — ваговий коефіцієнт взаємозв'язку між елементами i та j, $\phi(x_i,x_j)$ — функція нелінійної взаємодії між параметрами стану.

Зростання значення C_s свідчить про ускладнення внутрішньої структури системи, підвищення вимог до координації та управлінської узгодженості, а також про зростання чутливості до зовнішніх збурень [5].

З метою систематизації відмінностей між традиційними лінійними підходами та сучасною парадигмою нелінійних адаптивних систем доцільно здійснити порівняльний аналіз їх ключових характеристик у вигляді таблиці 1.

Таблиця 1.

Характеристики будівельної організації як нелінійної складної адаптивної системи *(розроблено автором на основі [5])*

Ознака	**Лінійна система**	**Нелінійна адаптивна система**
Тип зв'язків	Прямі, детерміновані	Нелінійні, зворотні
Реакція на збурення	Пропорційна	Непропорційна
Структура	Статична	Динамічна, реконфігурована
Управління	Регламентне	Адаптивно-когнітивне
Результати	Передбачувані	Сценарно варіативні

Інтегративно-когнітивне відтворення організаційно-технологічної структури будівельної діяльності доцільно розглядати як процес реконструкції та прогнозування еволюції системи у багатовимірному просторі станів, де кожна змінна відображає агрегований вплив відповідної підсистеми. На відміну від традиційних детермінованих моделей, такий підхід орієнтований на відтворення складної нелінійної динаміки, що формується внаслідок взаємодії ресурсних, технологічних, організаційних та управлінських факторів [6].

Когнітивна інтерпретація організаційно-технологічної структури ґрунтується на виділенні ключових концептів, які узагальнюють множину первинних параметрів будівельної діяльності.

Формалізований опис інтегративно-когнітивної динаміки задається дискретною нелінійною моделлю:

$$s_{k+1} = \sigma\,(As_k + Bu_k), \tag{4}$$

де $s_k \in [0,1]^n$ — вектор нормованих змінних стану організаційно-технологічної системи, A — матриця когнітивних впливів, B — матриця управлінської чутливості, u_k — вектор управлінських дій.

На рисунку 3 відображено когнітивну модель організаційно-технологічної структури будівельної діяльності у вигляді орієнтованої мережі взаємопов'язаних концептів.

Вузли моделі репрезентують агреговані змінні стану системи (ресурсне забезпечення, технологічну готовність, організаційну координацію та

інтегральну результативність), тоді як спрямовані дуги відображають причинно-наслідкові впливи між ними [7].

Стрілки різної інтенсивності відображають неоднорідність впливів, що узгоджується з використанням матриці когнітивних ваг A у розрахунковій моделі. Управлінські впливи подані як зовнішні керуючі сигнали, що модифікують стан окремих концептів і опосередковано впливають на інтегральний показник результативності.

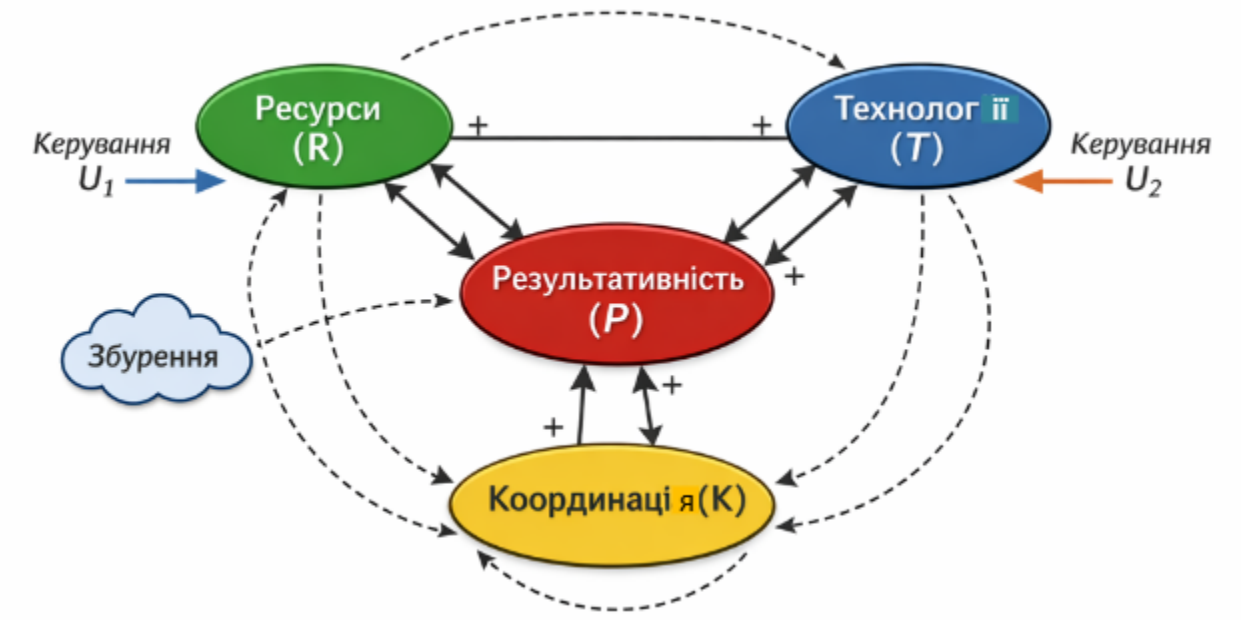


Рис. 3. Когнітивна модель інтегративного відтворення організаційно-технологічної структури будівельної діяльності *(розроблено автором на основі [7])*

Нелінійна функція активації має вигляд:

$$\frac{\sigma(x) = 1}{1 + exp(-\beta x)}, \qquad \beta > 1, \tag{5}$$

що дозволяє відобразити порогові ефекти, притаманні будівельним системам, зокрема явища перевантаження ресурсів, технологічної інерції та обмеженої пропускної здатності організаційних ланок.

Розглянемо систему з чотирма агрегованими концептами. Початковий стан системи:

$$s_0 = [0.35,\ 0.30,\ 0.25,\ 0.20]T.$$

Матриця когнітивних впливів:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0.10 & 0.20 & 0 \\ 0.05 & 0 & 0.15 & 0 \\ 0.10 & 0.10 & 0 & 0.25 \\ 0.30 & 0.25 & 0.35 & 0 \end{bmatrix}.$$

Вектор управлінських дій:

$$u = [0.6,\ 0.4]^T, \qquad B = \begin{bmatrix} 0.15 & 0 \\ 0 & 0.20 \\ 0.10 & 0.05 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

Крок 1. Обчислення лінійної комбінації для показника результативності:

$$x_{P,0} = 0.30R_0 + 0.25T_0 + 0.35K_0 = 0.30 \times 0.35 + 0.25 \times 0.30 + 0.35 \times 0.25 = 0.2675.$$

Крок 2. Нелінійне перетворення:

$$P_1 = \sigma(2.2 \times 0.2675) \approx 0.643.$$

Аналогічні обчислення виконуються для R_1,T_1,K_1, у результаті чого формується новий стан:

$$s_1 \approx [0.592,\ 0.574,\ 0.606,\ 0.643]^T.$$

Крок 3. Аналіз збіжності

Для оцінки стабілізації системи використовується норма приросту:

$$\Delta k = \| s_{k+1} - s_k \| 2.$$

Числові розрахунки показують:

$$\Delta_1 = 0.51, \qquad \Delta_3 = 0.07, \qquad \Delta_6 < 0.01.$$

що свідчить про швидке досягнення квазістаціонарного адаптивного режиму.

Отримані розрахунки демонструють, що інтегративно-когнітивна модель дозволяє кількісно відобразити ефект синергії між ресурсним, технологічним та організаційним контурами управління [8].

Динамічна техніко-технологічна структура будівельної діяльності як складова нелінійної складної адаптивної системи характеризується змінністю конфігурацій, чутливістю до управлінських впливів і здатністю до самоорганізації. У цьому контексті принциповим завданням є оцінювання не лише досягнутого рівня результативності, а й стійкості сформованого режиму функціонування та адаптивного потенціалу системи щодо подальших збурень [11].

Нехай вектор стану організаційно-технологічної системи має вигляд:

$$s_k = [R_k,\ T_k,\ K_k,\ P_k]^T, \tag{6}$$

Тоді фазовий простір формується підпросторами (R, T), (T, K), (K, P), в межах яких можна досліджувати характер руху системи, наявність атракторів та зон нестійкості.

Для двовимірного фазового підпростору (K, P) динаміка може бути представлена у вигляді різницевих рівнянь:

$$\begin{cases} K_{k+1} = \sigma\,(\alpha_1 R_k + \alpha_2 T_k + \alpha_3 P_k), \\ P_{k+1} = \sigma\,(\beta_1 R_k + \beta_2 T_k + \beta_3 K_k), \end{cases} \tag{7}$$

де коефіцієнти α_i, β_i відображають інтенсивність структурних взаємозв'язків. Стійкий адаптивний режим відповідає ситуації, коли фазова траєкторія збігається до обмеженої області — квазістаціонарного атрактора, що інтерпретується як збалансована техніко-технологічна конфігурація [9].

Для аналізу динамічної стійкості та адаптивних властивостей організаційно-технологічної структури будівельної діяльності доцільно перейти до рисунка 4.

Наявність згущення траєкторій у фазовому просторі свідчить про стабілізацію організаційно-технологічної структури, тоді як їх розходження або хаотичні коливання — про втрату керованості та зростання системних ризиків [12].

Кількісна оцінка рівня впорядкованості техніко-технологічної структури може бути здійснена за допомогою інформаційної ентропії. Для нормованих змінних стану $s_{i,k}$ вводиться ентропійний показник:

$$Hk = -\sum_{i=1}^{n} p_{i,k} \ln p_{i,k}, \qquad p_{i,k} = \frac{s_{i,k}}{\sum_{j=1}^{n} s_{j,k}}, \tag{8}$$

Зменшення значення H_k у процесі ітераційного розвитку системи означає зростання впорядкованості та структурної узгодженості, тоді як його збільшення сигналізує про дестабілізацію та підвищення невизначеності в техніко-технологічній конфігурації.

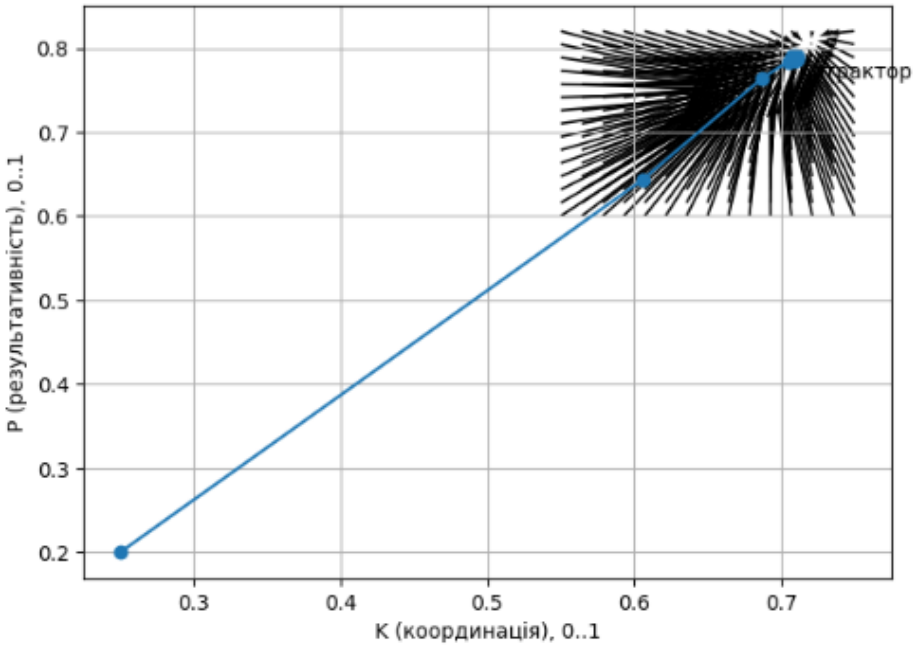


Рис. 4. Фазова траєкторія еволюції показників координації та результативності будівельної системи *(розроблено автором на основі [9])*

Для аналізу адаптивності доцільно використовувати показник чутливості системи до управлінських збурень:

$$S_u = \frac{\partial P^*}{\partial u}, \tag{9}$$

де P^* — стаціонарне значення результативності. Помірні значення S_u свідчать про адаптивну стійкість системи, тоді як надмірно високі — про схильність до різких, потенційно небезпечних структурних зсувів.

Отримані фазові та ентропійні оцінки дозволяють інтерпретувати динамічну техніко-технологічну структуру не як фіксовану сукупність елементів, а як еволюціонуючу конфігурацію, що переходить між режимами розвитку, насичення та стабілізації [10].

Висновок

Сформоване наукове бачення організації будівельної діяльності як нелінійної складної адаптивної системи з динамічною техніко-технологічною структурою дозволяє переосмислити традиційні підходи до управління будівельним виробництвом. Будівельна організація постає як інтегрований системний об’єкт, розвиток якого визначається багаторівневою взаємодією

організаційних, технологічних, ресурсних та інформаційних компонентів, що перебувають у постійному процесі взаємного узгодження та трансформації.

Системна концептуалізація будівельної діяльності обґрунтовує методологічну недостатність лінійних і жорстко детермінованих моделей, оскільки реальні виробничі процеси характеризуються нелінійністю, наявністю зворотних зв'язків, порогових явищ і часових лагів. За таких умов управлінські впливи не зводяться до прямого регулювання окремих параметрів, а реалізуються через зміну структури взаємозв'язків між елементами організаційно-технологічної системи.

Інтегративно-когнітивне відтворення організації будівельної діяльності забезпечує можливість формалізованого опису складної динаміки системи шляхом використання агрегованих концептів і нелінійних моделей станів. Такий підхід дозволяє досліджувати сценарії розвитку, оцінювати ефекти синергії між ресурсним, технологічним та організаційним контурами, а також виявляти критичні зони чутливості до управлінських рішень. Кількісні розрахунки підтверджують, що адаптивні режими функціонування формуються внаслідок збалансованої взаємодії підсистем, а не за рахунок ізольованого посилення окремих факторів/

Література

1. Haken H. Synergetics: An Introduction. Nonequilibrium Phase Transitions and Self-Organization in Physics, Chemistry and Biology. Berlin; Heidelberg: Springer-Verlag, 1977. 325 p.

2. von Bertalanffy L. General System Theory: Foundations, Development, Applications. New York: George Braziller, 1968. 295 p.

3. Ashby W.R. An Introduction to Cybernetics. London: Chapman & Hall, 1956. 295 p.

4. Holland J.H. Hidden Order: How Adaptation Builds Complexity. Reading, MA: Addison-Wesley, 1995. 185 p.

5. Mitchell M. Complexity: A Guided Tour. Oxford: Oxford University Press, 2009. 368 p.

6. Axelrod R. Structure of Decision: The Cognitive Maps of Political Elites. Princeton: Princeton University Press, 1976. 404 p.

7. Checkland P. Systems Thinking, Systems Practice. Chichester: John Wiley & Sons, 1999. 330 p.

8. DIN 69901-5:2009-01. Projektmanagement – Projektmanagementsysteme – Teil 5: Begriffe. Berlin: Deutsches Institut für Normung, 2009. 20 S.

9. VDI 2552 Blatt 1. Building Information Modeling – Fundamentals (Building Information Modeling – Grundlagen). Düsseldorf: VDI, 2020. 56 p.

10. Handbuch Projektsteuerung – Baumanagement / Hrsg. H. Ahrens, K. Bastian, L. Muchowski. 7. Aufl. Düsseldorf: VDI Verlag, 2024.

11. ISO 21500:2021. Guidance on Project Management. Geneva: International Organization for Standardization, 2021.

12. Збірник наукових праць «Управління розвитком складних систем». Київ: Київський національний університет будівництва і архітектури, поточні випуски. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://urss.knuba.edu.ua.

Doctor of Economics, Professor **Iurii Chupryna,**
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine

CONCEPTUALIZATION AND INTEGRATIVE-COGNITIVE REPRODUCTION OF THE ORGANIZATION OF CONSTRUCTION ACTIVITY AS A NONLINEAR COMPLEX ADAPTIVE SYSTEM WITH A DYNAMIC TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL STRUCTURE

Modern construction activity is characterized by a high level of complexity, dynamism, and uncertainty, which necessitates a reconsideration of traditional approaches to its organization and management. Within this study, conceptual foundations are developed for interpreting construction activity as a nonlinear complex adaptive system, the functioning of which is determined by multilevel interactions among organizational, technological, resource, and information components. Such an approach enables a transition from fragmented analysis of individual processes to a holistic representation of the systemic dynamics of construction production.

Particular attention is given to the integrative-cognitive approach, which combines formalized mathematical models with expert knowledge and scenario-based thinking. This ensures the possibility of reflecting cause-and-effect relationships between key system parameters and forming adaptive management mechanisms. A construction organization is considered as an open system capable of self-organization, reconfiguration, and evolutionary development under the influence of internal and external factors.

Keywords: nonlinear systems; complex adaptive systems; construction activity; cognitive models; systems approach; technical and technological structure; adaptability; management.

REFERENCES

1. Haken, H. Synergetics: An Introduction. Nonequilibrium Phase Transitions and Self-Organization in Physics, Chemistry and Biology. Berlin; Heidelberg: Springer-Verlag, 1977. 325 p. {English}

2. von Bertalanffy, L. General System Theory: Foundations, Development, Applications. New York: George Braziller, 1968. 295 p. {English}

3. Ashby, W.R. An Introduction to Cybernetics. London: Chapman & Hall, 1956. 295 p. {English}

4. Holland, J. H. Hidden Order: How Adaptation Builds Complexity. Reading, MA: Addison-Wesley, 1995. 185 p. {English}

5. Mitchell, M. Complexity: A Guided Tour. Oxford: Oxford University Press, 2009. 368 p. {English}

6. Axelrod, R. Structure of Decision: The Cognitive Maps of Political Elites. Princeton: Princeton University Press, 1976. 404 p. {English}

7. Checkland, P. Systems Thinking, Systems Practice. Chichester: John Wiley & Sons, 1999. 330 p. {English}

8. DIN 69901-5:2009-01. Project Management – Project Management Systems – Part 5: Terms. Berlin: Deutsches Institut für Normung, 2009. 20 p. {English}

9. VDI 2552 Blatt 1. Building Information Modeling – Fundamentals. Düsseldorf: VDI, 2020. 56 p. {English}

10. Ahrens, H., Bastian, K., Muchowski, L. (eds.). Handbook of Project Control – Construction Management. 7th ed. Düsseldorf: VDI Verlag, 2024. {English}

11. ISO 21500:2021. Guidance on Project Management. Geneva: International Organization for Standardization, 2021. {English}

12. Collection of Scientific Papers “Management of Development of Complex Systems”. Kyiv: Kyiv National University of Construction and Architecture, current issues. Available at: https://urss.knuba.edu.ua {Ukrainian}

DOI: 10.32347/2786-7269.2026.17.342-354
УДК 004.94:005.51:69

Штиль А.М.,
shtilam@gmail.com, ORCID: 0009-0007-3804-2926,
Київський національний університет будівництва і архітектури

МОДЕЛЮВАННЯ ІНТЕГРОВАНОЇ ЦИФРОВОЇ ПЛАТФОРМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ ДЛЯ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОГО ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ ПРОЄКТІВ

Сучасний етап розвитку будівельної галузі характеризується зростанням складності інвестиційно-будівельних проєктів, підвищенням вимог до ефективності використання ресурсів та необхідністю оперативного реагування на зміни зовнішнього середовища. У таких умовах особливого значення набуває впровадження інтегрованих цифрових платформ підтримки прийняття управлінських рішень, що забезпечують системну обробку великих обсягів різнорідної інформації та формування обґрунтованих управлінських рішень.

Інтегрована цифрова платформа розглядається як багатокомпонентна інформаційно-аналітична система, яка об'єднує різні цифрові середовища управління, зокрема системи інформаційного моделювання будівель, системи управління ресурсами підприємства, спільні інформаційні середовища даних та аналітичні системи бізнес-інтелекту. Така інтеграція дозволяє сформувати єдиний інформаційний простір, у межах якого забезпечується узгодженість даних, синхронізація управлінських процесів та підвищення прозорості функціонування будівельного проєкту.

Особливу увагу приділено використанню математичних методів моделювання та інструментів багатокритеріального аналізу для оцінювання ефективності будівельних проєктів. Запропоновано підхід до формування інтегрального показника ефективності, який враховує вплив фінансово-економічних, часових, ресурсних та ризикових факторів. Це дозволяє здійснювати комплексну оцінку результативності проєкту та визначати оптимальні управлінські рішення.

Ключові слова: цифрові платформи; підтримка прийняття рішень; будівельні проєкти; BIM; ERP; багатокритеріальне оцінювання; цифрова інтеграція; ефективність.

Постановка проблеми: Основною проблемою є відсутність інтегрованого інформаційного середовища, яке б об'єднувало різні аспекти

управління будівельними проєктами. Це призводить до зниження якості управлінських рішень, збільшення ризиків та неефективного використання ресурсів. Ускладнення умов реалізації будівельних проєктів, зростання ролі цифрових технологій та необхідність багатокритеріального оцінювання ефективності обумовлюють потребу у створенні інтегрованих цифрових платформ, здатних забезпечити комплексну підтримку прийняття рішень.

Метою дослідження є розроблення теоретичних і методичних засад моделювання інтегрованої цифрової платформи підтримки прийняття управлінських рішень для багатокритеріального оцінювання ефективності будівельних проєктів. Для досягнення поставленої мети передбачено дослідження структури інтегрованих цифрових систем управління, визначення ключових параметрів оцінювання ефективності та обґрунтування підходів до формування інтегральних показників.

Аналіз останніх досліджень і публікацій: Дослідження показують, що використання цифрових платформ дозволяє підвищити ефективність управління, забезпечити прозорість процесів та знизити рівень ризиків. Особливе місце займають дослідження, присвячені багатокритеріальному оцінюванню ефективності проєктів, що дозволяє врахувати комплексний вплив різних факторів на результати їх реалізації.

Окремий напрям досліджень пов’язаний із розробленням математичних моделей оцінювання ефективності управління, які базуються на використанні інтегральних показників. У наукових працях обґрунтовується доцільність використання вагових коефіцієнтів та нормалізованих показників для комплексної оцінки ефективності.

Виклад основної інформації: Сучасний етап розвитку будівельної галузі характеризується активним впровадженням цифрових технологій у систему управління інвестиційно-будівельними процесами. Зростання складності будівельних проєктів, підвищення вимог до ефективності використання ресурсів та необхідність оперативного реагування на зміни зовнішнього середовища обумовлюють потребу у використанні інтелектуальних інформаційно-аналітичних систем.

Інтегрована цифрова платформа підтримки управлінських рішень у сфері будівництва розглядається як багатокомпонентна інформаційна система, що поєднує технології збору, інтеграції, оброблення та аналітичної інтерпретації даних. Її функціонування базується на об’єднанні різнорідних джерел інформації, серед яких системи управління проєктами, фінансово-економічні бази даних, календарно-мережеві моделі планування, цифрові моделі будівель (BIM), а також інформація щодо використання матеріально-технічних ресурсів [1].

Важливим елементом функціонування такої платформи є застосування математичних методів моделювання та інструментів багатокритеріального аналізу. У процесі оцінювання ефективності будівельних проєктів враховуються фінансово-економічні показники, часові характеристики виконання робіт, рівень використання ресурсного потенціалу, а також параметри організаційних і технологічних ризиків [2]. Для наочного відображення послідовності оброблення інформаційних потоків та формування управлінських рішень в межах інтегрованої цифрової платформи доцільно представити структурну модель її функціонування у вигляді блок-схеми, наведеної на рисунку 1.

Рис. 1. Функціонування інтегрованої цифрової платформи підтримки прийняття управлінських рішень у системі управління будівельними проектами *(розроблено автором на основі [2])*

Інтегрована цифрова система управління будівельним проєктом передбачає взаємодію декількох ключових інформаційних платформ, серед яких провідну роль відіграють системи інформаційного моделювання будівель (BIM), системи управління ресурсами підприємства (ERP), спільні інформаційні середовища даних (CDE), а також аналітичні системи бізнес-

аналітики (BI). Кожна з цих систем генерує окремі інформаційні потоки, що відображають різні аспекти реалізації проєкту: технічні характеристики об'єкта, фінансові параметри, використання ресурсів, календарні графіки виконання робіт та показники ефективності управління [3].

У процесі моделювання інтегрованої цифрової системи доцільно розглядати ефективність управління будівельним проєктом як інтегральний показник, що формується під впливом декількох взаємопов'язаних факторів. Загальний інтегрований показник ефективності функціонування цифрової системи управління будівельним проєктом в момент часу t можна представити у вигляді наступної математичної залежності:

$$E(t) = \sum_{i=1}^{n} w_i \times f_i(xi) \times \varphi_i(t) \times g_i(t), \quad (1)$$

де w_i – ваговий коефіцієнт значущості і-ої цифрової платформи у системі управління, $f_i(x_i)$ – функція ефективності використання відповідної платформи, $\varphi_i(t)$ – коефіцієнт активності використання цифрової системи в момент часу t, $g_i(t)$ – коригувальний коефіцієнт, що враховує вплив адаптивних технологій аналізу даних (AI, IoT), n – кількість інтегрованих цифрових систем.

Для проведення моделювання приймемо, що система управління будівельним проєктом інтегрує чотири ключові платформи: BIM, ERP, CDE та BI. Відповідно до їхньої ролі у формуванні управлінських рішень можна задати такі вагові коефіцієнти:

w_{BIM}= 0.27; w_{ERP}= 0.23; w_{CDE}= 0.22; w_{BI}= 0.28.

Функції ефективності використання платформ у системі управління приймемо на основі експертної оцінки:

f_{BIM}= 0.88; f_{ERP}= 0.81; f_{CDE}= 0.79; f_{BI}= 0.92.

Коефіцієнт активності цифрових систем у процесі управління будівельним проєктом становить:

$\varphi_i(t) = 0.9.$

а коригувальний коефіцієнт використання адаптивних аналітичних інструментів (AI та IoT):

$g_i(t) = 0.95.$

Підставляючи наведені значення у формулу (1), отримаємо інтегрований показник ефективності:

$$E(t) = 0.27 \times 0.88 \times 0.9 \times 0.95 + 0.23 \times 0.81 \times 0.9 \times 0.95 + 0.22 \times 0.79 \times 0.9 \times 0.95 + 0.28 \times 0.92 \times 0.9 \times 0.95.$$

Після проведення розрахунків отримуємо:
$E(t) \approx 0.68.$

Отримане значення інтегрованого показника ефективності свідчить про високий рівень результативності функціонування інтегрованої цифрової системи управління будівельним проєктом [4].

Для наочного представлення логіки функціонування інтегрованої цифрової системи доцільно представити структурну блок-схему інформаційних потоків та аналітичних модулів системи, яка наведена на рисунку 2.

Рис. 2. Схема математичної моделі інтегрованої цифрової системи оцінювання ефективності будівельного проєкту *(розроблено автором на основі [4])*

Для більш детального дослідження впливу цифрової інтеграції на ефективність управління будівельним проєктом проведено аналітичне моделювання залежності інтегрованого показника ефективності від рівня інтеграції цифрових платформ. Результати такого аналізу відображено на графіку, представленому на рисунку 3.

У сучасних умовах цифрової трансформації будівельної галузі ефективність управління інвестиційно-будівельними проєктами значною мірою залежить від рівня використання інформаційних технологій та здатності управлінських систем інтегрувати великі обсяги різнорідних даних. Використання інтегрованих цифрових платформ управління, таких як BIM, ERP, CDE та аналітичні системи бізнес-аналітики, дозволяє створити єдине

інформаційне середовище управління будівельним проєктом [5]. В межах такого середовища забезпечується постійний обмін даними між різними підсистемами управління, що дозволяє підвищити рівень аналітичної обґрунтованості управлінських рішень, оптимізувати використання ресурсів та зменшити ризики реалізації проєкту.

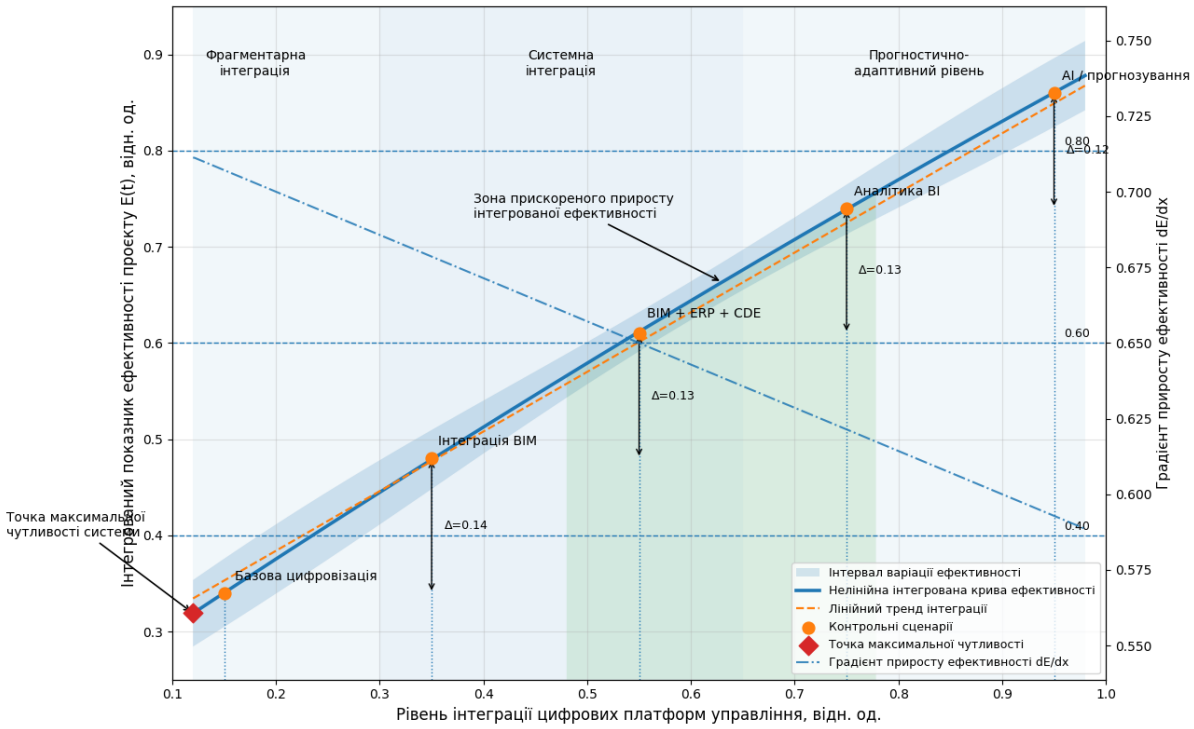


Рис. 3. Графічна залежність інтегрованого показника ефективності будівельного проєкту від рівня інтеграції цифрових платформ управління
(розроблено автором на основі [5])

З метою кількісного оцінювання ефективності управлінських рішень у цифровій системі управління будівельними проєктами доцільно використовувати інтегральний показник, який об'єднує декілька ключових параметрів функціонування системи управління.

Інтегрований показник ефективності управлінських рішень можна представити у вигляді наступної математичної залежності:

$$E_u = \sum_{i=1}^{m} \alpha_i P_i, \tag{2}$$

де E_u – інтегральний показник ефективності управлінських рішень, α_i – ваговий коефіцієнт значущості відповідного параметра, P_i – нормалізоване значення показника ефективності, m – кількість параметрів оцінювання.

Аналітична обґрунтованість управлінських рішень формується на основі інтеграції інформаційних потоків з різних цифрових платформ, що

забезпечують доступ до актуальної інформації щодо стану будівельного проєкту. Даний показник може бути визначений як середнє значення інформаційної точності інтегрованих систем [6]:

$$P_1 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} I_i, \tag{3}$$

де I_i – рівень інформаційної точності і-ої цифрової системи, n – кількість інтегрованих інформаційних платформ.

Другим важливим параметром є ризико-адаптивність системи управління, яка відображає здатність управлінської системи ефективно реагувати на зміни зовнішніх та внутрішніх умов реалізації будівельного проєкту. Цей показник може бути представлений як інтегральна оцінка впливу основних ризиків:

$$P_2 = \sum_{j=1}^{k} r_j l_j, \tag{4}$$

де r_j – ймовірність виникнення j-го ризику, l_j – ступінь впливу відповідного ризику на результати реалізації проєкту.

Економічна ефективність будівельного проєкту визначається на основі показника чистої приведеної вартості, який дозволяє оцінити економічну доцільність реалізації інвестиційного проєкту з урахуванням фактору часу:

$$NPV = \sum_{t=1}^{T} \frac{CF_t}{(1+r)^t} - I_0, \tag{5}$$

де CF_t – грошові потоки проєкту у період t, r – ставка дисконтування, I_0 – початкові інвестиції.

Для подальшого інтегрування в загальну модель показник економічної ефективності нормалізується:

$$P_3 = \frac{NPV}{I_0}, \tag{6}$$

Показник прозорості управлінських процесів характеризує рівень цифровізації управління будівельним проєктом та визначається як частка управлінських операцій, що виконуються через цифрові системи контролю та моніторингу:

$$P_4 = \frac{N_d}{N}, \tag{7}$$

де N_d – кількість управлінських операцій, що виконуються через цифрові системи, N – загальна кількість управлінських операцій.

Ефективність зворотного інформаційного зв'язку визначається швидкістю реагування системи управління на зміну параметрів будівельного проєкту:

$$P_5 = \frac{1}{1+\tau}, \quad (8)$$

де τ – середній час реакції системи управління на зміну параметрів проєкту.

Для систематизації отриманих параметрів ефективності та їх подальшого використання у процесі інтегрального оцінювання доцільно представити узагальнену характеристику основних показників у таблиці 1 [7].

Таблиця 1.

Основні параметри оцінювання ефективності управлінських рішень у цифровій системі управління будівельним проєктом

(розроблено автором на основі [7])

Показник	**Характеристика**
P_1	Аналітична обґрунтованість управлінських рішень
P_2	Ризико-адаптивність системи управління
P_3	Економічна ефективність будівельного проєкту
P_4	Прозорість управлінських процесів
P_5	Ефективність зворотного інформаційного зв'язку

Використовуючи наведені параметри оцінювання, можна сформувати інтегральний показник ефективності управлінських рішень, який дозволяє комплексно оцінити результативність функціонування цифрової системи управління будівельним проєктом:

$$E_u = \alpha_1 P_1 + \alpha_2 P_2 + \alpha_3 P_3 + \alpha_4 P_4 + \alpha_5 P_5, \quad (9)$$

де α_i – вагові коефіцієнти значущості відповідних параметрів оцінювання.

Структурну схему аналітичної моделі оцінювання ефективності управлінських рішень наведено на рисунку 4.

Застосування аналітичної моделі оцінювання ефективності управлінських рішень дозволяє здійснювати комплексний аналіз функціонування цифрової системи управління будівельними проектами [11].

Подальшим етапом дослідження є аналіз практичного впливу інтегрованих цифрових платформ на ефективність управління будівельними

проєктами. У сучасних умовах цифровізації будівельної галузі управління проєктами поступово переходить від традиційних підходів до використання інтегрованих інформаційно-аналітичних систем, які забезпечують обробку великих масивів даних, прогнозування можливих сценаріїв розвитку проєкту та підтримку процесу прийняття управлінських рішень [8].

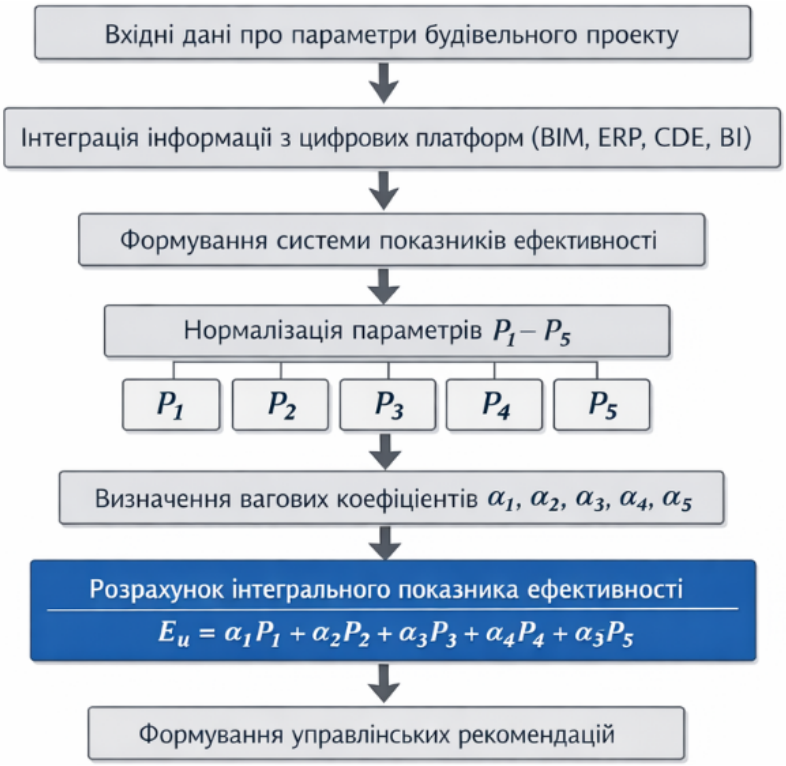


Рис. 4. Блок-схема аналітичної моделі оцінювання ефективності управлінських рішень у цифровій системі управління будівельним проектом *(розроблено автором на основі [8])*

Використання цифрових платформ, таких як BIM, ERP, CDE та аналітичні системи бізнес-аналітики, дозволяє створити єдине інформаційне середовище управління будівельним проєктом. У межах такого середовища забезпечується постійний обмін інформацією між різними підсистемами управління, що дозволяє підвищити точність планування, оптимізувати використання ресурсів та підвищити рівень контролю за виконанням будівельних робіт [9].

З метою систематизації результатів аналізу доцільно представити порівняльну характеристику ключових параметрів ефективності управління будівельними проєктами у таблиці 2.

Для більш наочного представлення отриманих результатів доцільно використати графічну візуалізацію порівняльних параметрів ефективності управління будівельними проєктами [10].

Таблиця 2.

Порівняльна характеристика параметрів ефективності управління будівельними проєктами до та після впровадження цифрових платформ

(розроблено автором на основі [9])

Параметр управління	**До впровадження цифрових систем**	**Після інтеграції цифрових платформ**
Аналітична обґрунтованість управлінських рішень	0.68	0.84
Ризико-адаптивність системи управління	0.42	0.63
Економічна ефективність проєкту	0.51	0.72
Прозорість управлінських процесів	0.57	0.86
Ефективність зворотного інформаційного зв'язку	0.49	0.81

Графічне представлення дозволяє відобразити динаміку зміни показників ефективності та продемонструвати вплив інтеграції цифрових платформ на результати управління будівельними проєктами. Порівняльна візуалізація основних параметрів ефективності управління наведена на рисунку 5.

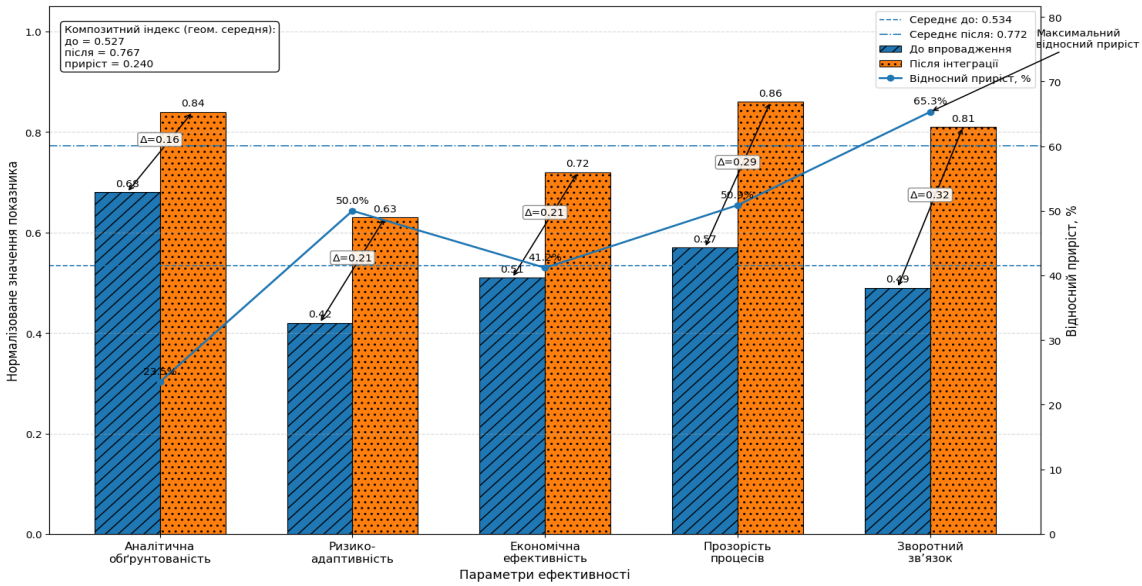


Рис. 5. Графічне порівняння параметрів ефективності управління будівельними проєктами до та після впровадження інтегрованих цифрових платформ

(розроблено автором на основі [10])

Висновок

Таким чином, проведений аналіз підтверджує, що впровадження інтегрованих цифрових платформ управління будівельними проєктами дозволяє підвищити ефективність управлінських рішень, покращити координацію між учасниками проєкту та забезпечити більш високий рівень

контролю за реалізацією будівельних робіт. Інтеграція цифрових технологій у систему управління будівельними проєктами створює передумови для формування сучасного інформаційно-аналітичного середовища управління, що сприяє підвищенню ефективності функціонування будівельних підприємств та реалізації інвестиційно-будівельних проєктів.

Література

1. Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Liston K. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers. 3rd ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2018. 658 p.

2. Marzouk M., Othman A. Applications of Artificial Intelligence in Construction Engineering and Management. Alexandria Engineering Journal. 2020. Vol. 59, No. 6. P. 4639–4654. DOI: 10.1016/j.aej.2020.10.017

3. Olawumi T.O., Chan D.W.M. Critical Success Factors for Implementing Building Information Modeling and Sustainability Practices in Construction Projects: A Delphi Survey. Sustainable Development. 2019. Vol. 27, No. 4. P. 587–602. DOI: 10.1002/sd.1925

4. Kaplan R.S., Norton D.P. The Balanced Scorecard: Translating Strategy into Action. Boston: Harvard Business School Press, 1996. 322 p.

5. Kerzner H. Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling. 12th ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2017. 848 p. URL: https://download.e-bookshelf.de/download/0009/5864/93/L-G-0009586493-0018377107.pdf

6. Brynjolfsson E., McAfee A. The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies. New York: W. W. Norton & Company, 2014. 306 p.

7. Наукові читання професора Григорія Герасимовича Кірейцева (до 90-річчя від дня народження). Збірник тез доповідей Всеукраїнської науково-практичної онлайн-конференції (м. Київ, 22 лютого 2022 р.) / За заг. ред. Гуцаленко Л.В. Київ: НУБіП України, 2022., 407 с.

8. Love P.E.D., Matthews J., Simpson I., Hill A., Olatunji O. A benefits realization management building information modeling framework for asset owners. Automation in Construction. 2014. Vol. 37. P. 1–10. DOI: 10.1016/j.autcon.2013.09.007

9. Ishchenko, T., Chupryna, Y., & Pokolenko, V. (2018). The organization of biosphere compatibility construction: Justification of the predictors of building development and the implementation prospects. International Journal of Engineering and Technology (UAE), 7*(3),* 545–549.

10. Succar B. Building Information Modelling Framework: A Research and Delivery Foundation for Industry Stakeholders. Automation in Construction. 2009. Vol. 18, No. 3. P. 357–375. DOI: 10.1016/j.autcon.2008.10.003

11. Chupryna, I., Ryzhakova, G., Chupryna, K., Tormosov, R., & Gonchar, V. (2022). Designing a toolset for the formalized evaluation and selection of reengineering projects to be

implemented at an enterprise. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1*(*13-115), 6–19.

Shtyl Andrii,
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

MODELING OF AN INTEGRATED DIGITAL DECISION SUPPORT PLATFORM FOR MULTI-CRITERIA EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF CONSTRUCTION PROJECTS

The current stage of development of the construction industry is characterized by increasing complexity of investment and construction projects, growing requirements for resource efficiency, and the need for rapid response to changes in the external environment. Under such conditions, the implementation of integrated digital decision support platforms becomes particularly important, as they ensure systematic processing of large volumes of heterogeneous information and enable the formation of well-grounded managerial decisions.

An integrated digital platform is considered as a multi-component information and analytical system that combines various digital management environments, including building information modeling (BIM) systems, enterprise resource planning (ERP) systems, common data environments (CDE), and business intelligence (BI) analytical systems. Such integration makes it possible to create a unified information space within which data consistency, synchronization of management processes, and increased transparency of construction project implementation are ensured.

Special attention is given to the use of mathematical modeling methods and multi-criteria analysis tools for evaluating the efficiency of construction projects. An approach to the formation of an integrated efficiency indicator is proposed, which takes into account the influence of financial and economic, time-related, resource, and risk factors. This makes it possible to carry out a comprehensive assessment of project performance and to determine optimal managerial decisions.

Keywords: digital platforms; decision support; construction projects; BIM; ERP; multi-criteria evaluation; digital integration; efficiency.

REFERENCES

1. Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Liston K. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers. 3rd ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2018. 658 p. {in English}

2. Marzouk M., Othman A. Applications of Artificial Intelligence in Construction Engineering and Management. Alexandria Engineering Journal. 2020. Vol. 59, No. 6. P. 4639–4654. DOI: https://doi.org/10.1016/j.aej.2020.10.017 {in English}

3. Olawumi T.O., Chan D.W.M. Critical Success Factors for Implementing Building Information Modeling and Sustainability Practices in Construction Projects: A Delphi Survey. Sustainable Development. 2019. Vol. 27, No. 4. P. 587–602. DOI: https://doi.org/10.1002/sd.1925 {in English}

4. Kaplan R.S., Norton D.P. The Balanced Scorecard: Translating Strategy into Action. Boston: Harvard Business School Press, 1996. 322 p. {in English}

5. Kerzner H. Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling. 12th ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2017. 848 p. URL: https://download.e-bookshelf.de/download/0009/5864/93/L-G-0009586493-0018377107.pdf (accessed: 19.03.2026). {in English}

6. Brynjolfsson E., McAfee A. The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies. New York: W. W. Norton & Company, 2014. 306 p. {in English}

7. Scientific Readings of Professor Hryhorii Herasymovych Kireitsev (on the occasion of the 90th anniversary of his birth): Proceedings of the All-Ukrainian Scientific and Practical Online Conference (Kyiv, February 22, 2022) / ed. by L. V. Hutsalenko. Kyiv: National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 2022. 407 p. {in Ukrainian}

8. Love P.E.D., Matthews J., Simpson I., Hill A., Olatunji O. A benefits realization management building information modeling framework for asset owners. Automation in Construction. 2014. Vol. 37. P. 1–10. DOI: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.09.007 {in English}

9. Ishchenko T., Chupryna Y., Pokolenko V. The organization of biosphere compatibility construction: justification of the predictors of building development and the implementation prospects. International Journal of Engineering and Technology (UAE). 2018. Vol. 7, No. 3. P. 545–549. {in English}

10. Succar B. Building Information Modelling Framework: a research and delivery foundation for industry stakeholders. Automation in Construction. 2009. Vol. 18, No. 3. P. 357–375. DOI: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.10.003 {in English}

11. Chupryna I., Ryzhakova G., Chupryna K., Tormosov R., Gonchar V. Designing a toolset for the formalized evaluation and selection of reengineering projects to be implemented at an enterprise. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2022. Vol. 1 (13–115). P. 6–19. {in English}

DOI: 10.32347/2786-7269.2026.17.355-370
УДК 528.48

Боднар С.П.,
bodnarsp@knu.ua, ORCID: 0000-0002-1052-5543,
Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ВИЗНАЧЕННЯ РОБОЧОЇ ЗОНИ КУТІВ ПОВОРОТУ БАР-КОДОВОЇ РЕЙКИ НА ОСНОВІ РОБАСТНОЇ ОЦІНКИ ПОВТОРНИХ ВИМІРЮВАНЬ

У практиці виконанні високоточних робіт: геодезичного контролю осідань, моніторингу деформацій споруд в стіснених умовах (ущільнена забудова, вузькі коридори споруд, технологічні проходи, тунелі) виникають випадки відсутності можливості встановлення бар-кодової рейки з дотриманням умови наближено ортогонального орієнтування її площини відносно візирного променю труби цифрового нівеліра. В таких ситуаціях спостереження виконуються під кутом до рейки розвернутої навколо власної вертикальної осі на деякий кут θ, що потенційно викликає появу систематичних похибок у відліках та погіршення повторюваності результатів. Метою дослідження є визначення в лабораторних умовах гранично допустимого кута повороту рейки за критерієм якості повторних вимірювань і формулювання рекомендацій застосування цифрового нівеліра Sokkia SDL30. Запропоновано алгоритм обчислення дескриптора за повторними відліками початку/кінця (start/end) штриха, визначення критерія стабільності $u_A(\theta)$ та робастного порогу $u_{95}=P95(u_A(\theta))$, який утворює робочу множину кутів Θ_W із гарантованою відтворюваністю. Емпіричними тестами на відстані 2 м підтверджено наявність значущої залежності між кутом повороту рейки θ та нормованим дескриптором $A_{norm}(\theta)$(ANOVA: $F=2354{,}11$, $p<0{,}001$, $\eta^2\approx 0{,}992$), а використання регресійного моделювання (поліномом 3-го порядку) продемонструвало отримання $R^2 = 0{,}976$.

Результати дослідження можуть бути використані для обґрунтованого вибору допустимих кутів спостереження рейки в умовах суттєвих просторових обмежень.

Ключові слова: цифрове нівелювання; бар-кодова рейка; кут повороту рейки; просторові обмеження; повторюваність; стандартна похибка.

Постановка проблеми. Цифрові нівеліри з бар-кодовими рейками забезпечують високу продуктивність та повторюваність вимірювань, однак коректність зчитування штрихового поля суттєво залежить від геометрії та умов спостережень. В ідеальному випадку робоча площина рейки має бути

ортогональною до візирного променю, а відхилення від такого положення зводитися до мінімуму. При вирішені задач моніторингу осідань і деформацій в стіснених умовах будівництва та експлуатації споруд (вузькі проходи, близькість огороджувальних конструкцій, наявність перешкод, технологічні небезпеки тощо) нерідко неможливо забезпечити рекомендоване положення рейки. В такому випадку вимірювання виконуються під кутом до рейки θ, що змінює проєкційні характеристики штрихів інформаційного поля та може призводити до систематичних аберацій і зростання впливу випадкової складової похибок вимірювання.

В даній роботі запропоновано формалізований підхід до визначення параметрів граничного кута повороту рейки навколо власної вертикальної осі за результатами серій повторних вимірювань цифровим нівеліром Sokkia SDL30 на відстані 2 м.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Цифрове нівелювання з використанням бар-кодових рейок є одним із найбільш ефективних методів високоточного визначення перевищень, однак точність і відтворюваність таких вимірювань суттєво залежать від умов візування та взаємного положення системи «нівелір - рейка». Нормативна основа оцінювання точності вимірювання цифровими нівелірами у польових умовах задається стандартом ISO 17123-2:2001 (в Україні ДСТУ ISO 17123-2:2006 ч. 2 Нівеліри), де точність розглядається через призму результатів контрольних процедур і статистичної оцінки повторюваності [1, 2]. Разом із тим в стандарті не розглядається застосування випадку вимушеного повороту бар-кодової рейки навколо власної вертикальної осі, що виникає за відсутності умов встановлення ортогонального орієнтування робочої площини рейки до візирного променю нівеліра, який характерний для стіснених умов щільної забудови.

Відомо, що принцип цифрового зчитування шкали бар-кодової ґрунтується на алгоритмах кореляційної обробки зображення видимої частини штрихового поля. Цей підхід ґрунтовно проаналізований у матеріалах по використанню цифрових нівелірів Leica DNA, з акцентом на роль обчислювальної інтерпретації штрихів та відповідність проєкційних властивостей зображення еталонному шаблону [3]. Виникає, здавалось би, логічний висновок, що будь-які геометричні деформації штрихового поля рейки (перспектива, нерівномірне масштабування, зміщення меж штрихів) потенційно впливають на результат визначення відліку.

Практичні інструкції та технічні вимоги до умов зчитування бар-кодових рейок наведені у керівництві користувача та технічних специфікаціях для нівелірів серії SDL компанії Sokkia та однотипних нівелірів DL компанії Topcon [4, 5]. Ці джерела визначають допустимі режими роботи, загальні обмеження та

рекомендації, однак вони не пропонують формалізованого принципу встановлення допустимого граничного кута повороту рейки та визначення чіткого критерію для досягнення надійного результату при обмежених (з точки зору ортогональності положення площини штрихового поля) умовах вимірювань.

Окремий напрям досліджень пов’язаний із калібруванням цифрових нівелірів та виявленням систематичних складових похибок у системі «нівелір-рейка». У роботі Woschitz [5] з'ясовано, що цифрові нівеліри можуть проявляти стійкі систематичні складові похибок, які виявляються та компенсуються за допомогою високоточного лабораторного компараторного контролю (зокрема із застосуванням еталонних вимірювальних засобів). Подібну ідею розвивають Beshr та Ehigiator-Irughe [7], пропонуючи математичні моделі та процедури калібрування цифрових нівелірів для забезпечення прецизійних вимірювань. В роботі Baričević з співавторами подається методика калібрування бар-кодових рейок з оцінкою неоднозначності визначення положення країв штрих інформаційного поля та визначення масштабу сантиметрового градуювання [8]. Разом із тим, такі підходи орієнтовані переважно на калібрування в лабораторних умовах або за спеціальними технологіями і не вирішують прикладну задачу визначення допустимих кутів повороту рейки θ у випадках з обмеженими просторовими можливостями спостережень.

Важливими (на думку автора) є публікації, присвячені впливу зовнішніх чинників на точність вимірювань цифровими нівелірами. Beshr вказує, що результати цифрового нівелювання можуть погіршуватися за мінливих умов освітлення, що призводить до флуктуації точності та збільшення розсіювання результатів повторних вимірів [9]. В роботі Тревого з співавторами описана методика оцінки та підвищення точності цифрового нівелювання по одностороннім кодовим рейкам [10]. Результати експериментальних досліджень впливу вібрації при короткопроменевому нівелюванні цифровим нівеліром висвітлені в роботі Бурака [11]. Аналіз наведених публікацій підтверджує практичний висновок: факт успішного зчитування штрихового коду не гарантує метрологічної надійності, особливо в нестабільних умовах спостережень.

У дослідженні Mirzaev з співавторами систематизовано підходи до метрологічного забезпечення вимірювальної системи «цифровий нівелір - бар-кодова рейка», зроблено акцент на застосуванні лабораторних процедур контролю та необхідності вдосконалення методичних аспектів оцінювання впливових чинників [12]. Хоча ця робота є важливою щоб порушити питання метрологічної проблематики, у ній не наведено операційного критерію, який дозволяв би при виконанні робіт безпосередньо на об’єкті, визначати

допустимий кут повороту рейки та обрати стабільні значення за повторюваністю відліків.

Ще низка публікацій спрямована на геометричний аналіз штрихового (бар-кодового) поля та оцінювання перспективних спотворень його зображення при зміні умов візування. Зокрема, Aksamitauskas і Rekus досліджують точність аналізу кодових рейок із використанням цифрових фотознімків, підкреслюючи, що штрихове поле може розглядатися як об'єкт кількісної оцінки геометричних параметрів та похибок відтворення меж штрихів [13]. Це створює теоретичне підґрунтя для трактування повороту рейки як джерела перспективних спотворень і виникнення похибок у визначенні відліку. Найбільш близькою до даного напряму є роботи Honcharenko та співавторів [14, 15], де розглядається пряма кореляція впливу перспективного спотворення бар-кодового поля на точність зчитування цифровим нівеліром та обґрунтовується важливість контролю геометричних умов візування. Водночас навіть у таких роботах зазвичай відсутній формалізований механізм визначення саме граничного кута повороту рейки на підставі повторюваності, придатний для стандартизованого застосування на практиці.

Таким чином, аналіз публікацій свідчить, що наявні джерела: перше - задають типові стандартизовані підходи до оцінювання точності нівелірів і загальні принципи контролю [1, 2]; друге - пояснюють алгоритмічні основи цифрового зчитування бар-кодових шкал та технічні умови роботи приладів [3 - 5]; третє - описують калібрувальні процедури та систематику цифрових вимірювань [6 - 8]; четверте - підтверджують «чутливість» цифрових нівелірів до зовнішніх умов та чинників спостереження [9 - 12]; п'яте - демонструють можливість геометричного аналізу штрихового поля й вивчення впливу перспективних спотворень [13 - 15].

Проте недостатньо висвітленою залишається прикладна задача формалізованого визначення робочої множини кутів Θ_W та визначення граничного кута θ_{lim} саме для сценарію нівелювання з обмеженими можливостями ортогонального наведення на рейку.

Оригінальність і практична новизна даного напряму досліджень полягає у переході від «геометричного» поняття допустимого кута повороту рейки до «метрологічного» визначення допустимих меж через критерій якості повторних вимірювань. Це дозволить об'єктивно відбирати стабільні результати і гарантувати відтворюваність відліків отриманих цифровими нівелірами в обмежених умовах виконання робіт.

Виклад основного матеріалу.

Умови та протокол експерименту. Експеримент виконано в лабораторних умовах за фіксованої відстані D = 2 м з варіюванням кута

повороту бар-кодової рейки навколо власної вертикальної осі в межах «−78°…+78°». Рейка була встановлена вертикально на жорсткому стенді, а нівелір SDL30 знаходився в статичному положенні на штативі з фіксованою лінією візування. Для кожного значення кута θ серія спостережень виконувалась за незмінних умов геометрії (D, висота візування, положення приладу та рейки) та освітлення, що забезпечувало порівнюваність результатів серій і усьому діапазоні θ.

Фіксація кута повороту θ. Кут θ задавали поворотом рейки навколо вертикальної осі так, щоб при $\theta = 0°$ робоча площина рейки була максимально ортогональною до візирного променю нівеліра. Далі рейку повертали дискретно в напрямках «−» та «+» до досягнення заданих умовами експерименту граничних значень ±78°. Для зменшення похибки позиціювання перед кожною серією відліків перевіряли фіксацію кута (за шкалою кутоміра) та стабільність вертикального положення рейки (електронним інклінометром).

Схема відліків *start/end (S-E)* та повторність вимірювань. Для кожного θ виконували $n = 20$ повторів вимірювань за схемою S-E: реєстрували відлік у зоні початку штриха $S_i(\theta)$ та відлік у зоні кінця цього ж штриха $E_i(\theta)$. Одне повторювання вважалося завершеним після отримання пари значень $S_i(\theta)$, $E_i(\theta)$ без зміни θ. За потреби (поодинокі збої розпізнавання) вимірювання виконували повторно, без зміни кута θ. Для контролю «дрейфу» умов серію нульового положення $\theta = 0°$ фіксували двічі: на початку та вкінці повного циклу спостережень.

Обчислення дескриптора різниці та статистики якості. Для i-го повтору на куті θ обчислювали різницю відліків кінців штриха:

$$A_i(\theta) = E_i(\theta) - S_i(\theta), \qquad i = 1 \ldots n \tag{1}$$

За результатами n повторів обчислювали середнє значення різниці $\bar{A}(\theta)$, характеристику розкидання $\sigma_A(\theta)$ та стандартну похибку середнього

$$u_A(\theta) = \sigma_A(\theta)/\sqrt{n}$$

Саме $u_A(\theta)$ використовували як індикатор сталості серії вимірювання за умови: малі значення u_A відповідають високій повторюваності та надійності визначення $\bar{A}(\theta)$ при даному куті попороту рейки.

Компенсація відносно $\theta = 0°$ та нормування. Для однозначного порівняння результатів між кутами введено компенсацію відносно нульового положення:

$$A_c(\theta) = \bar{A}(\theta) - \bar{A}(0) \tag{2}$$

Наступним кроком виконували нормування на ширину штриха $W = 49{,}8$ мм (виміряна фактична довжина штриха бар-кодового поля рейки):

$$A_{norm}(\theta) = A_c(\theta)/W \tag{3}$$

Такий перехід забезпечує безрозмірний дескриптор, який відображає саме зміну результату під впливом повороту рейки і зменшує залежність від абсолютного рівня відліків.

Відбір стабільних кутів та формування робочої множини Θ_W. Оскільки повторюваність може погіршуватися для окремих значень θ (через перспективні спотворення, зниження контрасту або нестабільність локалізації меж штрихів), запропоновано робастний поріг якості, визначений як 95-й процентиль вибірки з множини значень $u_A(\theta)$: $u_{95}=P95(u_A(\theta))$

Кути класифікували за зонами якості (табл. 1). Робоча множина кутів, придатних для надійного результату цифрового нівелювання, задається як:

$$\Theta_W=\{\theta : u_A(\theta) \leq u_{95}\}$$

Таблиця 1

Статус якості кутів

Статус якості	Умова за $u_A(\theta)$	Коротке пояснення
ПРИЙНЯТНО	$u_A(\theta)\leq u_{95}$	Висока повторюваність, кут входить в робочу зону Θ_W
ПОПЕРЕДЖЕННЯ	$u_{95} < u_A(\theta) \leq 1,25\cdot u_{95}$	Гранична якість: допустимо для аналізу із застереженнями
ВІДХИЛЕНО	$u_A(\theta) > 1,25\cdot u_{95}$ або $u_A(\theta)$ не визначено	Нестабільні/некоректні дані, кут виключається

Подальші графіки та висновки, щодо граничного кута повороту, сформульовані з урахуванням Θ_W, що дозволяє перейти від «геометричного» поняття граничного кута до «якісного» - за стабільністю повторних вимірювань.

Результати та їх обґрунтування. В результаті експерименту отримано повні залежності нормованого дескриптора асиметрії штрихового $A_{norm}(\theta)$ та метрики повторюваності $u_A(\theta)$ для цифрового нівеліра Sokkia SDL30. Встановлено, що $A_{norm}(\theta)$ змінюється систематично в усьому дослідженому діапазоні кутів. Це свідчить про наявність вираженого впливу повороту рейки на різницю відліків по протилежним кінцям штриха.

Загальний вигляд залежності $A_{norm}(\theta)$. На рис. 1 наведено залежність нормованого дескриптора $A_{norm}(\theta)$ від кута повороту θ у діапазоні «-78°…+78°».

Отримана функція $A_{norm}(\theta)$ демонструє систематичну зміну зі збільшенням $|\theta|$, що підтверджує чутливість цифрового алгоритму зчитування штрихового поля до проєкційних змін при повороті рейки. Зафіксовано наявність виразних екстремумів:

- максимум $A_{norm}(\theta)$ при θ = -78° : $A_{norm}(\theta)=5,120\cdot10^{-6}$;
- мінімум $A_{norm}(\theta)$ при θ = +69°: $A_{norm}(\theta)=-1,205\cdot10^{-5}$.

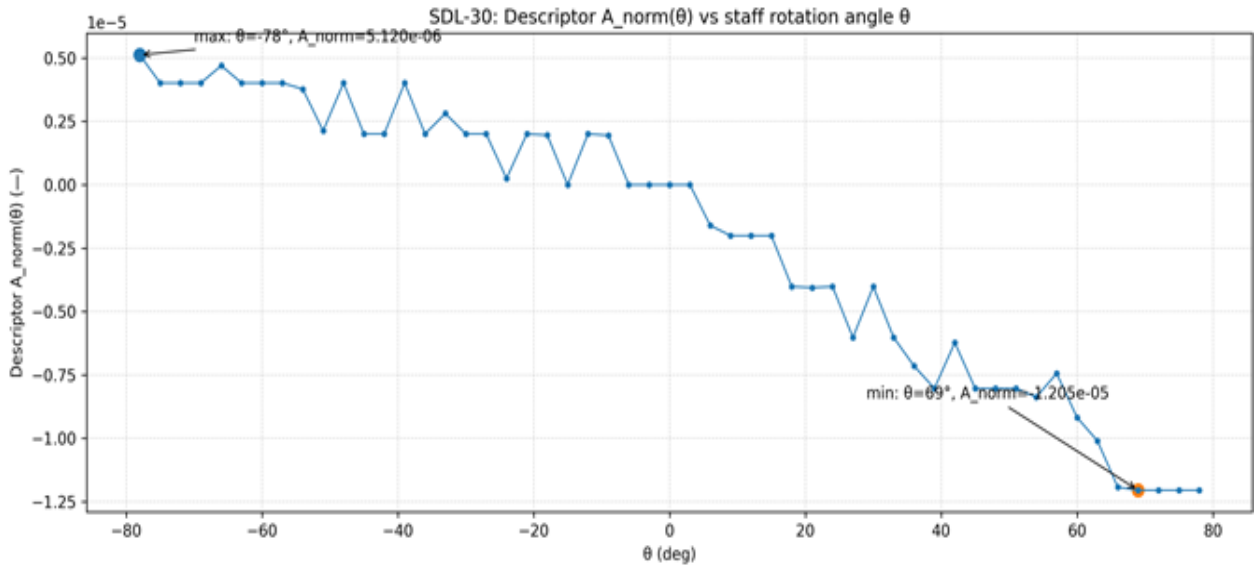


Рис. 1. Залежність дескриптора асиметрії штрихового поля $A_{norm}(\theta)$ від кута повороту рейки θ (SDL30, n = 20 пар *S-E* на кут).

Наявність екстремальних значень на кінцевих ділянках діапазону підтверджує, що при великих кутах повороту формується стійке систематичне зміщення результатів, яке вже не можна розглядати як випадкову похибку.

Таким чином, $A_{norm}(\theta)$ є інформативною характеристикою впливу геометрії візування на результат відліку.

Повторюваність вимірювань та метрика якості $u_A(\theta)$. На рис. 2 наведено залежність стандартної похибки середнього $u_A(\theta)$, яка використовується як робастна метрика якості та критерій відбору кутів у робочу множину. Значення $u_A(\theta)$ оцінює стабільність середнього значення $\bar{A}(\theta)$ за результатами n = 20 повторних відліків для кожного кута θ, тобто характеризує рівень випадкового розсіювання та відтворюваність вимірювань.

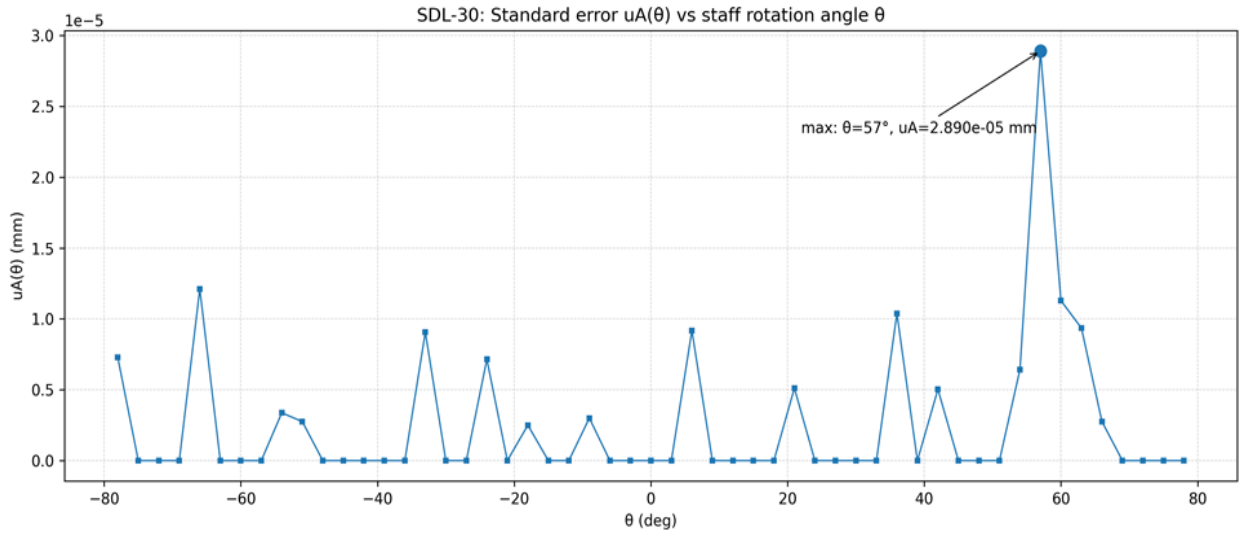


Рис. 2. Залежність стандартної похибки середнього $u_A(\theta)$ *(S-E)* від кута повороту рейки θ (SDL30, n = 20).

Встановлено, що $u_A(\theta)$ змінюється нерівномірно по діапазону кутів повороту рейки і має локальні ділянки погіршення. Найбільше значення метрики якості зафіксовано при $\theta = +57°$, $u_A(\theta) = 2{,}890 \cdot 10^{-5}$ *мм*.

Практична значущість цього результату полягає в тому, що навіть за відносно згладженої поведінки $A_{norm}(\theta)$ можуть існувати окремі кути, для яких повторюваність результатів різко погіршується внаслідок зростання дисперсії повторів. Такі ефекти можуть бути зумовлені деградацією контрасту та зміною геометрії проєкції штрихів при повороті рейки, нестабільністю локалізації меж штрихів за перемінного освітлення, а також впливом внутрішніх чинників автоматичного розпізнавання алгоритмами цифрового нівеліра.

Побудова робочої множини кутів Θ_W та встановлення межі допустимості. Виявлені «зони нестабільності» означають, що граничний кут повороту рейки не може визначатися лише геометрично (за $|\theta|$), а повинен враховувати ***якість повторюваності***. Для цього використано робастну оцінку порогу $u_{95}=P95(u_A(\theta))$ та сформовано робочу множину кутів $\Theta_W=\{\theta : u_A(\theta) \leq u_{95}\}$.

Практично це означає, що надійними при виконанні цифрового нівелювання в умовах обмежених можливостей орієнтації рейки є ті значення θ, для яких вимірювання зберігають стабільність, а саме u_{95}, не перевищує робастний поріг якості. Всі інші кути слід розглядати як ***критичні***, адже вони можуть призводити до нестійкого відліку навіть при достатній кількості повторних вимірювань.

Статистичне підтвердження впливу θ на результат. Щоб довести, що зміни $A_{norm}(\theta)$ не є випадковими та мають закономірний характер, було виконано комплекс статистичних перевірок, що поєднують довірчі інтервали для середнього значення, дисперсійний аналіз (ANOVA), регресійне моделювання та структурну перевірку непарної та парної складових.

Для кожного кута θ за $n = 20$ повторів обчислено середнє значення різниці $\bar{A}(\theta)$ та стандартну похибку середнього u_{95}.

95% довірчий інтервал (95% ДІ) для $\bar{A}(\theta)$ задається як

$$95\%\ ДІ\ \{\ \bar{A}(\theta)\ \} = \bar{A}(\theta) \pm t_{0,975,n-1} \cdot u_A(\theta) \qquad (4).$$

Наявність стійкого відхилення $A_{norm}(\theta)$ від нуля на значній частині діапазону кутів (рис. 3) свідчить, що відстежена тенденція не пояснюється випадковими флуктуаціями повторних відліків.

Нульову гіпотезу H_0 сформульовано як відсутність впливу кута повороту, тобто: усі середні значення $A(\theta)$ для різних θ статистично однакові. Альтернативна гіпотеза H_1 базується на тому, що існує принаймні один кут, для якого середнє значення $A(\theta)$ відрізняється.

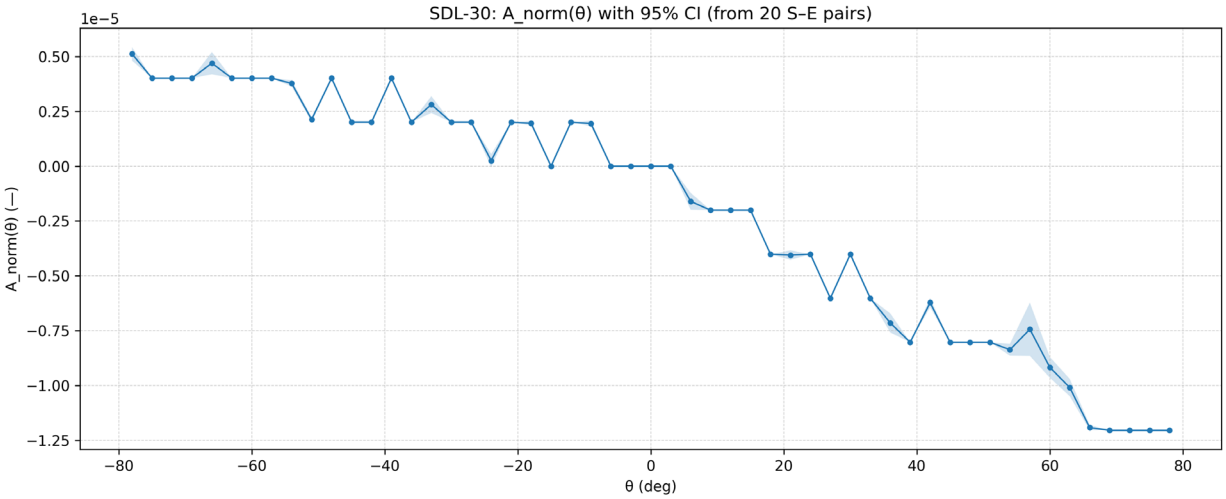


Рис. 3. Залежність $A_{norm}(\theta)$ від θ з 95% довірчими інтервалами (n=20 пар *S-E* на кожен кут).

Однофакторний дисперсійний аналіз (ANOVA), виконаний за усіма повторами, дав значення критерія Фішера F = 2354,11 при рівні статистичної значущості p<0,001, що дозволяє впевнено відхилити H_0 та підтвердити істотний вплив кута θ на результат. Оцінка розміру ефекту η^2 = 0,992 свідчить, що переважна частка дисперсії результатів пояснюється саме зміною кута повороту рейки, а не випадковою похибкою повторів.

Для кількісного опису залежності нормованого дескриптора $A_{norm}(\theta)$ від кута повороту бар-кодової рейки θ застосовано поліноміальну регресійну модель третього порядку:

$$A_{norm}(\theta) = b_0 + b_1\theta + b_2\theta^2 + b_3\theta^3 + \varepsilon \quad (5).$$

Оцінки параметрів моделі та їх статистичні характеристики наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Оцінки параметрів поліноміальної регресійної моделі $A_{norm}(\theta)$.

Параметр	**Величина (*b*)**	**Стандартна похибка (*S-E*)**	***t*-статистика**	***p*-value**
b_0	$-7{,}776654\cdot10^{-7}$	$1{,}754105\cdot10^{-7}$	-4,433	< 0,001
b_1	$-1{,}231973\cdot10^{-7}$	$6{,}510611\cdot10^{-9}$	-18,923	< 0,001
b_2	$-5{,}879567\cdot10^{-10}$	$6{,}267913\cdot10^{-11}$	-9,380	< 0,001
b_3	$2{,}390812\cdot10^{-12}$	$1{,}575215\cdot10^{-12}$	1,518	0,1354

Наведені результати показують, що коефіцієнти b_0, b_1 та b_2 є статистично значущими (p<0,001), тобто кут повороту рейки формує істотну зміну $A_{norm}(\theta)$ і виявляє комбінований характер залежності (лінійна та квадратична складові). Натомість кубічний член b_3 не досягає рівня значущості (p=0,1354), що свідчить про відсутність суттєвого додаткового внеску третього ступеню в межах розглянутої експериментальної вибірки.

Статистичну значущість впливу кута θ на результати зчитування цифровим нівеліром підтверджено однофакторним дисперсійним аналізом (ANOVA), результати якого наведені в табл. 3.

Таблиця 3

Однофакторний дисперсійний аналіз (ANOVA) впливу кута θ на $A_{norm}(\theta)$

Джерело варіації	***SS* (сума квадратів)**	***df***	***MS* (середній квадрат)**	***F***	***p*-value**
Між групами (кут θ)	$7{,}737991 \cdot 10^{-5}$	52	$1{,}488075 \cdot 10^{-6}$	2354,1104	< 0,001
Всередині груп (похибка)	$6{,}491850 \cdot 10^{-7}$	1027	$6{,}321178 \cdot 10^{-10}$	—	—
Загалом	$7{,}802909 \cdot 10^{-5}$	1079	—	—	—

Для кількісного опису форми експериментальної залежності використано поліноміальну регресійну модель третього порядку (5).

Отримано високий рівень пояснення варіації результатів: R^2=0,976, а значущість моделі в цілому за F-тестом становить $p = 2{,}233 \cdot 10^{-40}$. Це підтверджує систематичний характер залежності $A_{norm}(\theta)$ та її високу узгодженість з обраною функціональною формою.

Для однозначного порівняння результатів між різними кутами повороту введено компенсоване значення різниці відліків A_{comp} відносно нульового положення рейки:

$$A_{comp} = \bar{A}(\theta) - \bar{A}(0) \quad (6).$$

де $\bar{A}(\theta)$ - середнє значення різниці відліків кінців штриха для кута θ, а $\bar{A}(0)$ відповідне значення при $\theta = 0°$.

Введення A_{comp} виключає постійний базовий зсув та дозволяє аналізувати «чистий» ефект, зумовлений саме поворотом рейки.

Для додаткової верифікації фізичної природи ефекту виконано структурне розкладання A_{comp} на ***непарну*** та ***парну*** складові (рис. 4) відносно знаку кута повороту:

$$A_{odd} = \frac{A_{comp}(\theta) - A_{comp}(-\theta)}{2}$$

$$A_{odd}(\theta) = \frac{A_{comp}(\theta) - A_{comp}(-\theta)}{2}, \qquad A_{even}(\theta) = \frac{A_{comp}(\theta) + A_{comp}(-\theta)}{2}, \quad (7).$$

Непарна складова $A_{odd}(\theta)$ відображає компоненту, узгоджену з перспективною зміною проєкційних характеристик штрихів при зміні знаку кута, тоді як парна складова $A_{even}(\theta)$ вказує на наявність симетричних систематичних похибок, зумовлених умовами мінливості освітлення, геометрією експерименту або особливостями автоматичного розпізнавання

штрих-кодового інформаційного поля внутрішніми (програмними) алгоритмами цифрового нівеліра.

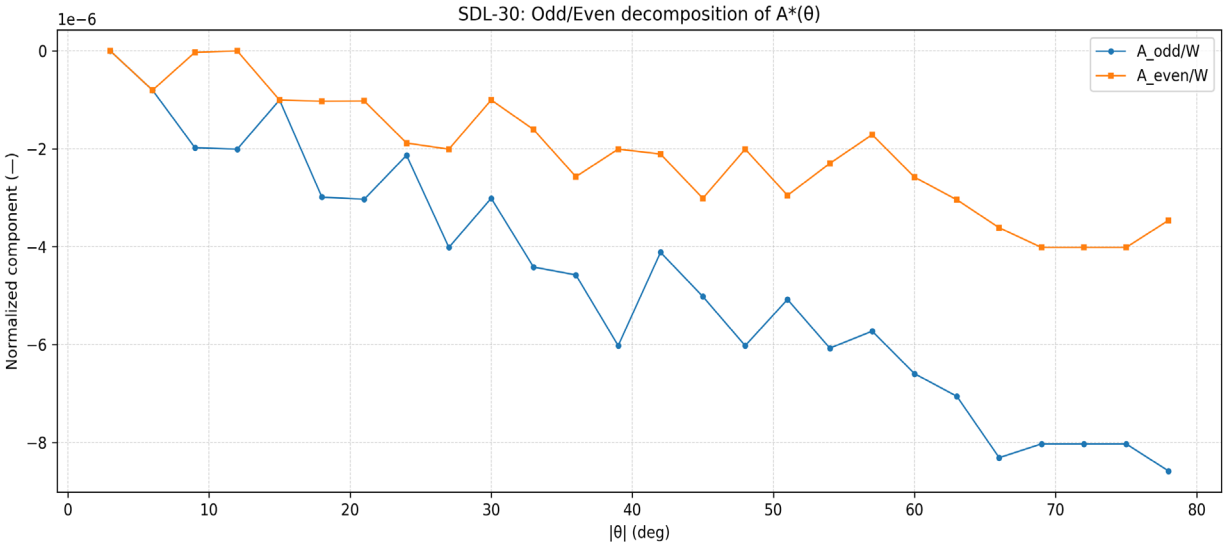


Рис. 4. Розкладання A_{comp} на непарну $A_{odd}(\theta)$ та парну $A_{even}(\theta)$ складові.

Для перевірки гіпотези про випадковий характер зв'язку між кутом повороту θ та дескриптором $A_{norm}(\theta)$ виконано перестановочний тест, в якому значення $A_{norm}(\theta)$ випадково перемішувалися між кутами (B = 10000 перестановок).

Після кожної перестановки обчислювався коефіцієнт детермінації поліноміальної регресії 3-го порядку. Спостережуване значення становить R^2=0,976 тоді як максимальне з 10000 випадкових значень не перевищує 0,375 (рис. 5).

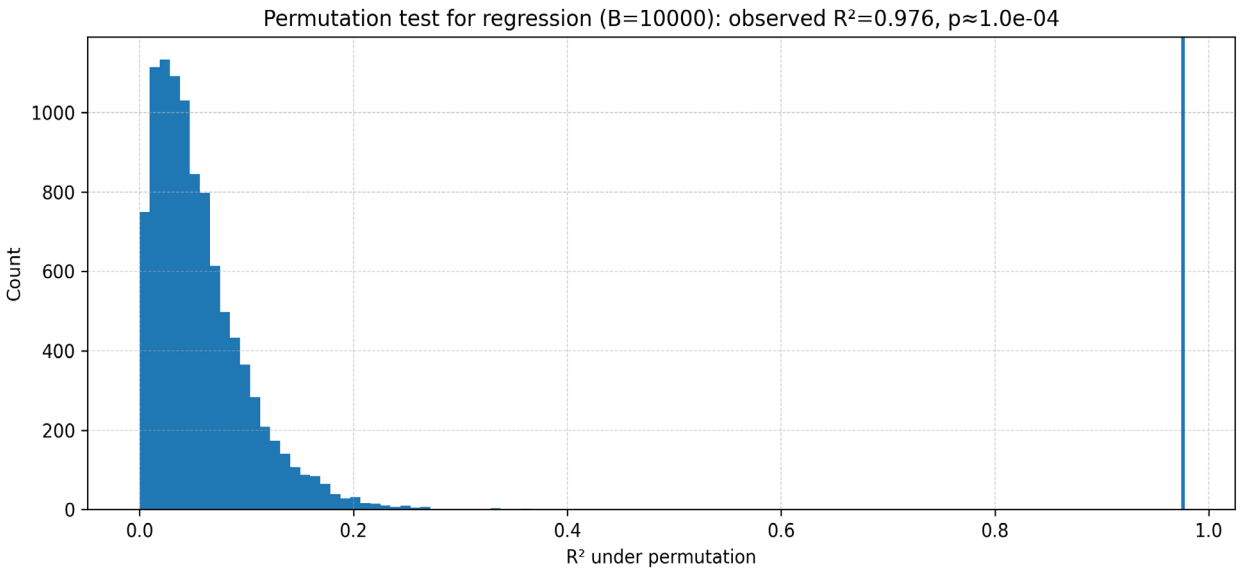


Рис. 5. Розподіл R^2 для B перестановок (пермутаційний тест); вертикальна лінія - спостережуване R^2.

Емпірична p-оцінка ($p \approx 1{,}0 \cdot 10^{-4}$), отримана перестановочним тестом, означає, що ймовірність спостерігати настільки високе значення узгодження (наприклад, R^2) випадково, за умови відсутності реального зв'язку між θ та $A_{norm}(\theta)$, становить близько 0,01%. Це підтверджує статистично значущу не випадковість встановленої залежності.

Додатково для підтвердження стійкого зв'язку між кутом повороту θ та дескриптором $A_{norm}(\theta)$, застосовано *непараметричні кореляційні критерії*, які не вимагають нормального розподілу та лінійної залежності.

Таблиця 4

Кореляційні оцінки зв'язку між θ та $A_{norm}(\theta)$

Метрика	Оцінка	*p*-value
Pearson r	-0,965449	< 0,001
Spearman ρ	-0,985188	< 0,001
Kendall τ	-0,922910	< 0,001

Усі три оцінки (Pearson, Spearman, Kendall) демонструють сильний від'ємний зв'язок з високою статистичною значущістю p < 0,001 (див. табл. 4).

Узагальнення результатів та рекомендації для прикладного застосування. Отримані експериментальні залежності $A_{norm}(\theta)$ для нівеліра Sokkia SDL30 на відстані D = 2 м засвідчили наявність статистично значущого впливу кута повороту бар-кодової рейки θ на результат цифрового зчитування штрихового поля. Встановлено, що $A_{norm}(\theta)$ змінюється систематично зі зростанням $|\theta|$, а метрика якості $u_A(\theta)$ має нерівномірний характер і формує локальні зони погіршення повторюваності. Це означає, що практичну межу допустимих кутів доцільно визначати не суто геометрично, а за критерієм надійності повторних вимірювань. Для цього запропоновано формувати робочу множину кутів $\Theta_W = \{\theta : u_A(\theta) \leq u_{95}\}$, яка забезпечує відтворюваність відліків в умовах, коли ортогональне встановлення рейки є неможливим. Комплексна перевірка (ANOVA, регресійний аналіз, перестановочний тест і кореляційні оцінки) демонструє узгодженість висновків: кутовий ефект перспективних спотворень має систематичний і відтворюваний характер, а відтак є обов'язковим чинником для врахування в практиці цифрового нівелювання.

Обговорення. В обмежених умовах ортогональне наведення відносно робочої площини бар-кодової рейки нерідко є неможливим, тому завдання визначення «граничного кута повороту рейки» доцільно характеризувати не лише за геометричними аспектами, а й за критерієм якості вимірювань. Експеримент показав, що за зростання $|\theta|$ змінюється не тільки дескриптор $A_{norm}(\theta)$, але й повторюваність результатів, причому для окремих кутів виникають локальні зони нестабільності (підвищення шуму та варіативності відліків). Для робастного відбору стабільних кутів запропоновано поріг

$u_{95}=P95(u_A(\theta))$, який дозволяє сформувати робочу множину $\Theta_W=\{\theta : u_A(\theta) \leq u_{95}\}$ орієнтовану на відтворюваність повторних вимірювань.

Перевагою підходу є його адаптивність. Поріг якості визначається за статистикою конкретної серії вимірювань та може переноситися на інші комбінації системи «нівелір - рейка - умови спостережень» після відповідної калібрувальної перевірки.

Висновки. Запропоновано методику визначення робочої зони кутів Θ_W для цифрового нівелювання в обмежених умовах спостережень на основі робастної оцінки повторюваності результатів. Експериментально підтверджено статистично значущий, систематичний і відтворюваний вплив кута повороту рейки θ на $A_{norm}(\theta)$ та на якість зчитування штрихового поля, що узгоджено з результатами ANOVA і регресійного аналізу. Обґрунтовано практичне визначення граничного кута як $\theta_{lim} = max_{\theta \in \Theta_W} |\theta|$, тобто через максимальне $|\theta|$, для якого забезпечується прийнятна повторюваність результатів. Запропоновані рекомендації щодо використання метрики $u_A(\theta)$ і порогу u_{95}, які забезпечують надійне зчитування відліків по бар-кодовій рейці нівеліром SDL30 у випадках, коли ортогональне наведення є технічно недосяжним.

Список використаних джерел:

1. ISO 17123-2:2001. Optics and optical instruments - Field procedures for testing geodetic and surveying instruments - Part 2: Levels. International Organization for Standardization, 2001. [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: URL: https://cdn.standards.iteh.ai/samples/30199/2fd7dcc2975245d1bd33ea262ef0bd6a/ISO-17123-2-2001.pdf
2. ДСТУ ISO 17123-2:2006 Оптика та оптичні прилади. Методики випробування геодезичних та знімальних приладів у польових умовах. Частина 2. Нівеліри (ISO 17123-2:2001, IDT) [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=50712
3. Schneider F., Dixon B. The New Leica Digital Levels DNA03 and DNA10 // FIG Working Week 2002. Washington, D.C., USA, 2002. [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: URL: https://www.discountpdh.com/wp-content/themes/discountpdh/pdf-course/electronic-digital-level.pdf
4. Sokkia (Topcon). SDL30 / SDL50 Digital Level: Operator's Manual (13th edition) [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: URL: https://eu.sokkia.com/sites/default/files/sc_files/downloads/sdl30-50_operators_manual_-_13th_ed.pdf
5. Sokkia (Topcon). Digital Levels SDL30 / SDL50: Brochure / Specifications [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: URL: https://eu.sokkia.com/sites/default/files/product/downloads/sokkia_sdl30_sdl50_brochure_b_team_en_eu_low.pdf
6. Woschitz H. System Calibration of Digital Levels: Experimental Results of Systematic Effects. Graz University of Technology, 2002. [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: URL: https://www.researchgate.net/publication/228885905_System_Calibration_of_Digital_Levels-Experimental_Results_of_Systematic_Effects

7. Beshr A. A. A., Ehigiator-Irughe R. Development and Implementation of Calibration Mathematical Models and Procedures for Precise Digital Level // European Journal of Environment and Earth Sciences. 2020. Vol. 1, No. 4. URL: https://doi.org/10.24018/ejgeo.2020.1.4.50.

8. Baričević S., Staroveški T., Barković Đ., Zrinjski M. Measuring uncertainty analysis of the new leveling staff calibration system // *Sensors*. 2023. 23(14). 6358. https://doi.org/10.3390/s23146358

9. Beshr A. A. A. Investigating the accuracy of digital levels and reflectorless total stations for purposes of geodetic engineering // Alexandria Engineering Journal. 2011. URL: https://doi.org/10.1016/j.aej.2011.12.004.

10. Тревого І., Ільків Є, Ткаченко Ю. Точність цифрового нівелювання з врахуванням додаткових переміщень рейок // *Геодезія, картографія і аерофотознімання*. 2011. (74). 10–13. [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: URL: https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2017/may/1810/gka74201103.pdf

11. Буряк К., Шпаківський О. Експериментальне дослідження впливу вібрації на результати високоточного нівелювання коротким променем цифровим нівеліром SDL30M. // *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва.* 2011. 2(22). 134–135. [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: URL: https://ena.lpnu.ua/items/08505546-9bfb-4f2e-9be2-26fbde49c0dc

12. Mirzaev A., Yekimov S., Khavina I., Pyurko O., Hlebova N. Modern state of metrological support of “digital level – barcode staff” measurement systems // E3S Web of Conferences. 2024. Vol. 587. 03018. URL: https://doi.org/10.1051/e3sconf/202458703018.

13. Aksamitauskas V. Č., Rekus D. Accuracy research on coded levelling staff using digital photos // Geodesy and Cartography. 2009. Vol. 35, No. 4. P. 140–143. URL: https://doi.org/10.3846/1392-1541.2009.35.140-143.

14. Гончаренко О., Боднар С., Дубницька М. Вплив перспективного спотворення поля бар-кодової нівелірної рейки на точність відліків цифрового нівеліра // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Військово-спеціальні науки. 2025. № 2 (62). С. 73–77. URL: https://doi.org/10.17721/1728-2217.2025.62.73-77.

15. Honcharenko O., Bodnar S., Dubnytska M., Molochko M. Impact of Perspective Distortion on the Accuracy of Digital Level Measurements: Experimental and Modeling Insights // International Conference of Young Professionals «GeoTerrace-2025», Oct. 2025, Volume 2025, p.1 – 5. https://doi.org/10.3997/2214-4609.202552053.

Serhii Bodnar,
Taras Shevchenko National University of Kyiv

DETERMINATION OF THE WORKING ZONE FOR BARCODE STAFF ROTATION ANGLES BASED ON ROBUST ESTIMATION OF REPEATED MEASUREMENTS

This paper presents a repeatability-driven methodology for determining the working range of rotation angles of a barcode leveling staff about the vertical axis in digital leveling, addressing practical conditions where the staff plane cannot be aligned orthogonally to the line of sight due to restricted space (construction sites, narrow corridors, engineering niches, and deformation monitoring setups). Unlike purely geometric interpretations of a “limiting angle,” the proposed approach defines admissibility through measurement quality, i.e., the stability of repeated readings at

each rotation angle. The experimental study was carried out under laboratory conditions using a Sokkia SDL30 digital level at a fixed distance of D = 2 m across the full rotation interval barcode rail −78°…+78°. For each angle θ, n = 20 repeated observations were collected using the *S-E* scheme, where the digital level readings were taken at the start and end edges of the same stripe. Based on the repeated measurements, the mean difference $\bar{A}(0)$, the dispersion estimate $\sigma_A(\theta)$, and the standard error of the mean $u_A(\theta)$ were computed to quantify both the systematic trend and repeatability of the descriptor. To ensure consistent inter-angle comparison and suppress configuration-specific offsets, the results were compensated relative to the reference position θ=0° and normalized by the stripe width W=49,8 mm, producing the dimensionless descriptor $A_{norm}(\theta)$. A robust selection threshold is introduced as $u_{95}=P95(u_A(\theta))$, which separates stable and unstable angles and enables forming the working set $\Theta_W=\{\theta : u_A(\theta) \leq u_{95}\}$. The effect of staff rotation on descriptor behavior and repeatability was statistically validated using a set of complementary tests, including ANOVA, regression modeling, permutation testing, and correlation measures, confirming that θ significantly influences digital stripe reading results. The proposed framework provides actionable recommendations for selecting admissible staff rotation angles and establishing an operational "working zone" Θ_W, thereby improving the reliability of digital leveling when orthogonal staff alignment is impossible and consistent accuracy is required in constrained measurement geometries.

Keywords**:** digital leveling; barcode staff; staff rotation angle; spatial constraints; repeatability; standard error.

REFERENCES

1. ISO 17123-2:2001 (2001). Optics and optical instruments - Field procedures for testing geodetic and surveying instruments - Part 2: Levels. International Organization for Standardization,. {in English}

2. DSTU ISO 17123-2:2006 (2006). Optyka ta optychni prylady. Metodyky vyprobuvannya heodezychnykh ta znimal′nykh pryladiv u pol′ovykh umovakh. Chastyna 2. Niveliry (ISO 17123-2:2001, IDT). {in Ukrainian}

3. Schneider F., Dixon B. (2002).The New Leica Digital Levels DNA03 and DNA10 // FIG Working Week 2002. Washington, D.C., USA. {in English}

4. Sokkia (Topcon). SDL30 / SDL50 Digital Level: Operator's Manual (13th edition) {in English}

5. Sokkia (Topcon). Digital Levels SDL30 / SDL50: Brochure / Specifications {in English}

6. Woschitz H. (2002). System Calibration of Digital Levels: Experimental Results of Systematic Effects. Graz University of Technology. {in English}

7. Beshr A.A.A., Ehigiator-Irughe R. (2020). Development and Implementation of Calibration Mathematical Models and Procedures for Precise Digital Level // European Journal of Environment and Earth Sciences. Vol. 1, No. 4. {in English}

8. Baričević S., Staroveški T., Barković Đ., Zrinjski M. (2023). Measuring uncertainty analysis of the new leveling staff calibration system // *Sensors*. 2023. 23(14). 6358. {in English}

9. Beshr A.A.A. (2011). Investigating the accuracy of digital levels and reflectorless total stations for purposes of geodetic engineering // Alexandria Engineering Journal {in English}

10. Trevoho I., Ilkiv Ye., Tkachenko Yu. (2011). Tochnistʹ tsyfrovoho nivelyuvannya z vrakhuvannyam dodatkovykh peremishchenʹ reyok // Heodeziya, kartohrafiya i aerofotoznimannya. (74). p. 10-13. {in Ukrainian}

11. Burak K., Shpakivskyi O. (2011). Eksperymentalʹne doslidzhennya vplyvu vibratsiyi na rezulʹtaty vysokotochnoho nivelyuvannya korotkym promenem tsyfrovym nivelirom SDL30M. // Suchasni dosyahnennya heodezychnoyi nauky ta vyrobnytstva.2(22). p. 134–135. {in Ukrainian}

12. Mirzaev A., Yekimov S., Khavina I., Pyurko O., Hlebova N. (2024). Modern state of metrological support of “digital level – barcode staff” measurement systems // E3S Web of Conferences. 2024. Vol. 587. 03018. {in English}

13. Aksamitauskas V.Č., Rekus D. (2009). Accuracy research on coded levelling staff using digital photos // Geodesy and Cartography. Vol. 35, No. 4. p. 140–143. {in English}

14. Honcharenko O., Bodnar S., Dubnytska M. (2025). Vplyv perspektyvnoho spotvorennya polya bar-kodovoyi nivelirnoyi reyky na tochnistʹ vidlikiv tsyfrovoho nivelira // Visnyk Kyyivsʹkoho natsionalʹnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka. Viysʹkovo-spetsialʹni nauky. 2025. № 2(62). p. 73–77. {in Ukrainian}

15. Honcharenko O., Bodnar S., Dubnytska M., Molochko M. Impact of Perspective Distortion on the Accuracy of Digital Level Measurements: Experimental and Modeling Insights // International Conference of Young Professionals «GeoTerrace-2025», Oct. 2025, Volume 2025, p. 1 – 5. {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2786-7269.2026.17.371-376
УДК 528.72

Бондар С.А.,
bondar.sa@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-9378-6588,
Сіренко Б.А.,
sirenko_ba@knuba.edu.ua,
Київський національний університет будівництва і архітектури,
доктор філософії **Булгаков А.А.,**
bulgandriy@gmail.com, ORCID: 0000-0003-4139-6761,
Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України

ЗАСТОСУВАННЯ БПЛА ПРИ ІНВЕНТАРИЗАЦІЇ ЗЕМЕЛЬ

На сьогоднішній день розвиток цифрових технологій крокує дуже швидко, що обумовлює появу нових методів дослідження місцевості. Одним із прикладом надсучасного способу для топографо-геодезичних та землевпорядних робіт – використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА), що значно скорочує час виконання та дозволяє отримати деталізовані дані.

За невеликий час БПЛА в повітрі, можна отримати інформацію для складання ортофотопланів з сантиметровою точністю для певного об'єкту, які, в свою чергу, є хорошою основою для інвентаризації земель та земельного моніторингу.

В сучасному світі, коли не останню роль відіграє економічна складова, інвентаризація земель потребує запровадження більш автоматизованих технологій, що потребують мінімальних трудових затрат та скорочення часу виконання. Тому метод застосування безпілотних літальних апаратів ідеально підходить для поставлених завдань [6].

Ключові слова: БПЛА; знімання місцевості; інвентаризація земель.

Актуальність. Безпілотні літальні апарати знайшли широке застосування у військовій справі, в науці, в різних галузях народного господарства. Є ще не багато досліджень в цьому напрямку. В даній роботі, в короткій формі, описано і продемонстровано використання БПЛА при інвентаризації земель на прикладі конкретної ділянки.

Постановка задач. Мета даної роботи – продемонструвати, чому метод використання безпілотних літальних апаратів для інвентаризації земель - це хороша альтернатива наземного знімання із забезпеченням належної точності та отриманням більш коректних та об'ємних вихідних даних для процесу інвентаризації.

Аналіз досліджень і публікацій. Тема використання БПЛА в різних галузях з'явилась в останні десять років і продовжує набувати нових можливостей. В розглянутих публікаціях описано області застосування БПЛА [5,7], автоматизацію обліку в агропромислових підприємствах [1], дистанційного моніторингу надзвичайних ситуацій [2], аналіз і перспективи аерознімання [3], аналіз результатів для створення ортофотопланів та цифрових моделей рельєфу [4], перспективи застосування сучасних технологій БПЛА при проведенні інвентаризації земель [6].

Основна частина. БПЛА – це лише невелика складова багатофункціонального комплексу, який включає: робоче місце оператора БПЛА забезпечене необхідним потужним ПК, програмним забезпеченням для здійснення польотів та обробки даних польоту, геодезичні прилади для контролю точності та закріплення опознаків [6].

В даній роботі ми використовуємо приклад виконання інвентаризації земель комунальної власності, які надаються громадянам для ведення особистого сільського господарства, із залученням: БПЛА DJI Fantom 4 TEO AGNSS RTK PPK L1/L2, програмного забезпечення для програмування польотів Map Pilot Pro, програмного комплексу для обробки даних картографування Pix4D, веб-сервісів SystemNet. Для закріплення опорних (контрольних) точок використовується метод RTK з використанням DNSS приймача Topcon Hiper SR та контролер. Для векторизації растрових зображень використовується програмне забезпечення Digitals.

Рис.1. Маршрут польоту БПЛА

Польові геодезичні робити виконуються для отримання максимально точної моделі місцевості. В нашому проекті ми закріпили п’ять опорних і шість контрольних точок для перевірки точності моделі.

Здійснили польоти за попередньо наміченим маршрутом.

По завершенню обробки даних, маємо щільну хмару точок, яку можемо редагувати за необхідністю, та 3D текстуровану поверхню.

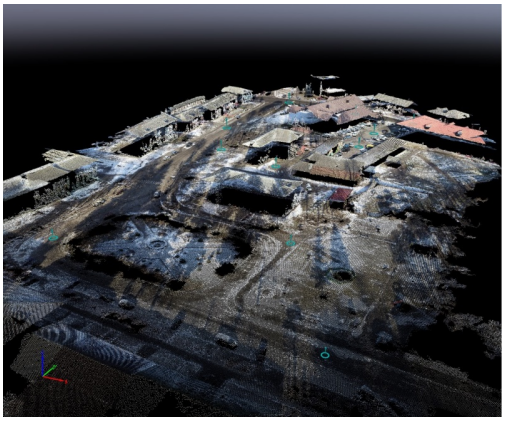
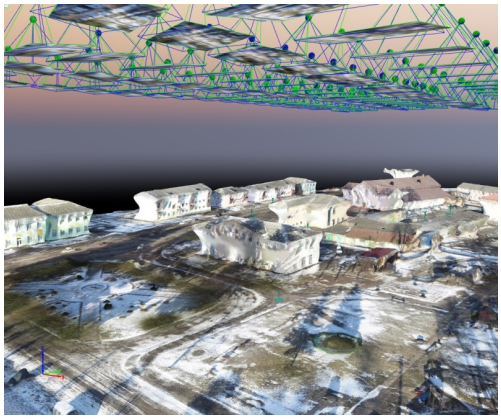
а)  б) 

Рис.2. а)хмара точок; б) 3D текстурована поверхня

Останній етап обробки в якому ми отримаємо прив’язаний ортофотоплан, ЦМР та ЦММ (рис.3).

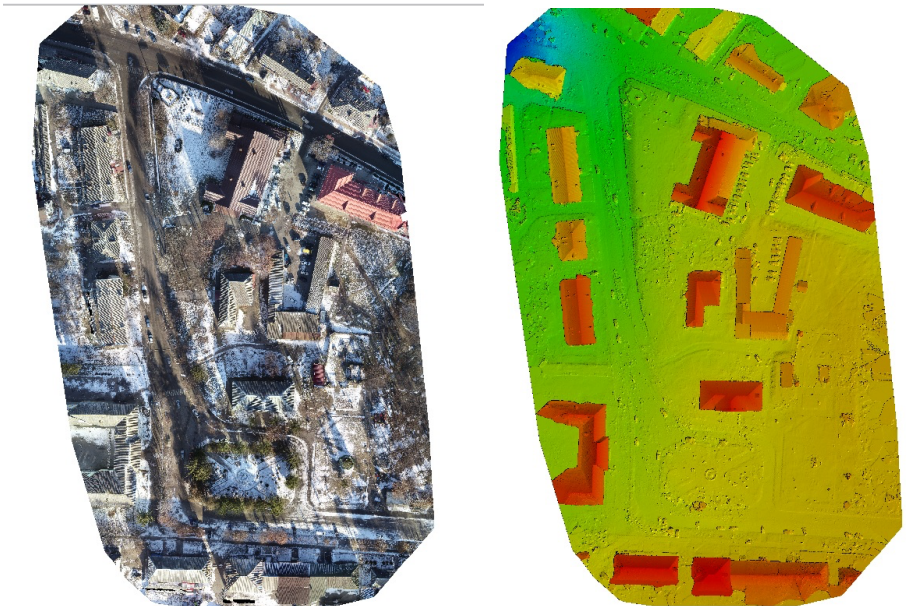


Рис.3. а) ортофотоплан; б) цифрова модель місцевості та рельєфу

Для нашого проекту було використано програмний комплекс Digitals для збору ділянки інвентаризації.

Результати всіх етапів обробки зберігаються в директорії, що була задана при створенні проекту. Записані результати можуть бути використані в інших програмних продуктах для подальшої обробки.

Рис.5. Ділянка успішно сформована.

Висновки. Важливо враховувати той факт, що точність всього проекту не може бути кращою, ніж точність опорних точок GCP або GNSS безпілотника. Тож, навіть у разі застосування дронів RTK/PPK, краще використовувати контрольні точки для відстеження результату.

В нашій роботі ми розібрали об’єкт інвентаризації за допомогою БПЛА, затративши мінімум часу та ресурсів, ми отримали повну інформацію про ділянку інвентаризації та навколо неї, що в подальшому дає можливість використовувати її для наступних об’єктів, тим самим, ще скоротивши час виконання**.**

Застосування БПЛА, в тому числі, з метою інвентаризації земель, у воєнний та поствоєнний час є не лише зручним, але і єдиним безпечним методом.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Шевчук О.А., Брик М.М. Автоматизація обліку в агропромислових підприємствах із використанням безпілотних літальних апаратів //Економічний вісник Запорізької державної інженерної академії. – 2018. – №. 3. – С. 152-156.

2. Азаров І., Сидоренко В., Середа Ю. Використання безпілотного літального апарата як засобу дистанційного моніторингу надзвичайних ситуацій //Безпека життєдіяльності. – 2015. – №. 2. – С. 30.

3. Глотов В. и др. Аналіз і перспективи аерознімання з безпілотного літального апарата //Вісник Національного університету «Львівська

політехніка». Сер.:«Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2014. – С. 131-136.

4. Вовк А., Глотов В., Гуніна А. [та ін.]. Аналіз результатів для створення ортофотопланів та цифрових моделей рельєфу з застосуванням БПЛА TRIMBLE UX-5 //Геодезія, картографія і аерофотознімання. – 2015. – №. 81. – С. 90-103.

5. Воронько В., Воронько І. Області застосування безпілотних літальних апаратів //Publishing house «UKRLOGOS Group». – 2020. – С. 122-136.

6. Перспективи застосування сучасних технологій БПЛА при проведенні інвентаризації земель. Яремко Ю.І., Груша О.С. – 2021 / IV Міжнародна науково-практична конференція «Вплив кліматичних змін на просторовий розвиток територій Землі: наслідки та шляхи вирішення» (10-11 червня 2021 року)

7. Surveying Drones: How to Use Drones for Surveyingby / Vision Aerial | May 25, 2021 | Industry Information, Surveying & Mapping

Bondar Svitlana, Sirenko Bohdan,
Kiev National University of Construction and Architecture,
Ph.D., Professor **Bulhakov Andrii,**
Central Research Institute of the Armed Forces of Ukraine

APPLICATION OF DRONES IN LAND INVENTORY

Today, the development of digital technologies is very fast. What determines the emergence of new methods of terrain research. One example of a state-of-the-art method for topographic-geodetic and land management works is the use of unmanned aerial vehicles (Drons), which significantly reduces the execution time and allows obtaining detailed data.

During the short time the UAV is in the air, it is possible to obtain information for compiling orthophoto plans with centimeter accuracy for a certain object. Which in turn are a good basis for land inventory and land monitoring.

In the modern world, the economic side plays an important role. The inventory requires the introduction of more automated technologies that require minimal labor costs and shorten the execution time. Therefore, the method of using unmanned aerial vehicles is ideal for the tasks.

In this work, we use the example of carrying out an inventory of communally owned lands, which are provided to citizens for personal agriculture, with the involvement of Drons.

Keywords: unmanned aerial vehicles; terrain surveying; land inventory.

REFERENCES

1. Automation of accounting in agro-industrial enterprises using unmanned aerial vehicles / O.A. Shevchuk, M.M. Brik // Economic Bulletin of the Zaporizhzhya State Engineering Academy. - 2018. - Issue 3. - P. 152-156. - Access mode: http://nbuv.gov.ua/UJRN/evzdia_2018_3_30 {in Ukrainian}.

2. Azarov I. The use of an unmanned aerial vehicle as a means of remote monitoring of emergency situations / I. Azarov, V. Sydorenko, Yu. Sereda // Safety of life. - 2015. - No. 2. - P.30. {in Ukrainian}.

3. .Analysis and prospects of aerial surveying from an unmanned aerial vehicle / V. Glotov, A. Tserklevych, O. Zbrutskyi [and others] // Modern achievements of geodetic science and production: coll. of science pr. / Western geodetic district Ukrainian Institute of Geodesy and Cartography, Nat. Lviv Polytechnic University. – Lviv, 2014. - Vol. 1 (27). - P. 131-136. {in Ukrainian}.

4. Vovk A., Glotov V., Gunina A. [etc.] (2015) Analysis of results for the creation of orthophoto plans and digital terrain models using the Trimble UX-5 UAV // Geodesy, cartography and aerial photography: interdisciplinary. science and technology coll. / National Lviv Polytechnic University. - Lviv, 2015. - Issue 81. – P. 90-103. {in Ukrainian}.

5. Voronko V.V., Voronko I.O. (2021) Fields of application of unmanned aerial vehicles. – 2021 / Electronic resource with access at: https://doi.org/10.36074/csriteenat.ed-1.08 {in Ukrainian}.

6. Prospects for the use of modern UAV technologies during land inventory. Yaremko Y.I., Grusha O.S. – 2021 / IV International Scientific and Practical Conference "Impact of Climate Change on the Spatial Development of the Earth's Territories: Consequences and Solutions" (June 10-11, 2021) {in Ukrainian}.

7. Surveying Drones: How to Use Drones for Surveyingby / Vision Aerial | May 25, 2021 | Industry Information, Surveying & Mapping {in USA}

DOI: 10.32347/2786-7269.2026.17.377-392
УДК 528.482:72.025.3
Гринішак М.Я.,
mykola.hrynishak@nung.edu.ua, ORCID: 0000-0002-0422-8681,
Михайлишин В.П.,
volodymyr.mykhailyshyn@nung.edu.ua, ORCID: 0000-0003-2236-1707,
к.т.н., доцент **Гера О.В.,**
oksana.hera@nung.edu.ua, ORCID: 0000-0001-6670-2820,
к.т.н., доцент **Олеськів Р.Є.**,
roksolana.oleskiv@nung.edu.ua, ORCID: 0000-0003-0334-3028,
к.т.н. **Дорош Л.І.,**
liubov.dorosh@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2971-4034,
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

ГЕОДЕЗИЧНИЙ КОНТРОЛЬ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ПАМ'ЯТКИ АРХІТЕКТУРИ В М. ІВАНО-ФРАНКІВСЬКУ

Розглянуто актуальні питання комплексного інженерно-геодезичного контролю технічного стану будівлі, що є пам'яткою архітектури в місті Івано-Франківську. Об'єктом дослідження виступає споруда початку XX століття, яка потребує капітальних реставраційних робіт через тривалу експлуатацію та вплив несприятливих чинників, таких як нерівномірне осідання фундаментів, природний знос будівельних матеріалів та зовнішні навантаження.

Метою роботи є виконання комплексної оцінки стану конструкцій на основі геодезичних спостережень. У ході дослідження реалізовано методику циклічного моніторингу деформаційних процесів. Для оцінки вертикальних зміщень фундаментних конструкцій застосовано високоточне геометричне нівелювання деформаційних марок із використанням сучасного електронного нівеліра. Параметри нахилу та відхилення несучих стін від вертикалі визначалися проєкційним методом за допомогою електронного тахеометра. Окрему увагу приділено динаміці розкриття тріщин у стінах, для чого було встановлено мережу спеціальних маяків-тріщиномірів, що дозволяють фіксувати взаємні переміщення елементів будівлі у просторі.

За результатами восьми серій спостережень встановлено фактичний стан конструкцій у деформаційному контексті. Виконано аналіз нерівномірності осідань та ідентифіковано зони найбільш активного розвитку деформаційних процесів у структурі будівлі. Результати свідчать про складний характер переміщень окремих частин споруди одна відносно одної. Одержані дані слугують основою для розроблення технічних рішень щодо

збереження пам'ятки та підтверджують ефективність обраного підходу для моніторингу історичних будівель в умовах відновлювальних робіт

Ключові слова: деформаційна марка; геометричне нівелювання; маяк-тріщиномір; пам'ятка архітектури; геодезичний моніторинг.

Постановка проблеми. Об'єктом представленого дослідження слугує пам'ятка архітектури місцевого значення, для якої заплановано проведення реставраційних робіт. Архітектурні пам'ятки є невід'ємною складовою історичного та культурного обличчя міста. Вони зберігають у собі відбиток епохи, особливості місцевої архітектурної школи та свідчення соціально-економічного розвитку регіону. Їхнє збереження є не лише питанням культурної спадщини, а й важливою складовою сталого розвитку міських територій.

Вплив часу неминуче відображається на технічному стані будівлі. До несприятливих факторів, які впливають на конструкцію, належать: власна вага, осідання фундаментних конструкцій; слабкий несучий ґрунт, шари подрібненого піску; знос та деградація фундаментів будівель, нерівномірне або надмірне навантаження фундаментів; коливання умов навколишнього середовища, навантаження, спричинені вітром, снігом; динамічні впливи (наприклад, вібрація), неточності, допущені під час зведення будівлі, знос будівельних матеріалів [4]. Кожна історична будівля має неповторну специфіку та потребує індивідуального підходу. Сучасні методи вимірювань дозволяють отримати детальний опис геометрії будівлі, а також визначити переміщення та деформації конструкцій з високою точністю результатів.

Геодезичні методи моніторингу стану будівлі дають можливість отримати кількісну характеристику її зміщення у просторі завдяки влаштуванню локальних систем відліку. Закріплення вимірювальних точок на будівлі дозволяє визначати їхнє переміщення відносно заданої системи координат з часом. Споруда може піддаватись впливу деформацій різного виду: осідання, горизонтальне зміщення, крен, прогин, скручування. З метою виявлення положення та форми будівлі потрібно виконувати періодичні цикли вимірювань значень встановлених параметрів. Результати кожного чергового вимірювання опрацьовуються та порівнюються із даними, визначеними під час початкового вимірювання (т. зв. нульового циклу).

Окрім геодезичних методів, застосовують також фізичні методи, які за допомогою спеціального вимірювального обладнання забезпечують визначення фізичних параметрів, як от механічне напруження чи розміри тріщин. Для досліджень будівлі можуть знадобитись екстензометри, щупи, дилатометри та інклінометри [7].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Засади та порядок провадження геодезичного контролю за станом інженерних споруд є предметом зацікавлення багатьох науковців та практиків, наприклад праці Kuttykadamov et al. (2016), Bao et al. (2018), Shults et al. (2023) [8, 2, 12]. Метою геодезичного дослідження є отримання даних, що описують абсолютні значення крену, зміщення та осідання, а також визначення їхньої швидкості згасання з часом. Отримані дані слугують основою для розроблення та впровадження заходів щодо запобігання можливих деформацій.

Ґрунтовний аналіз існуючих методів моніторингу деформацій будівель і споруд наведений працівниками Київського ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» у роботі [20]. Отримані цікаві результати моніторингу деформацій сучасних висотних будівель Києва та пам’яток архітектури столиці. Ці ж науковці у роботі [21] пропонують використовувати для моніторингу розкриття тріщин розроблений ними прилад SDM50/500, робота якого базується на вимірюванні зміни ширини розкриття тріщини з допомого індикатора годинникового типу і забезпечує високу точність отримання результатів.

У [4] розглянуто ситуацію із актуальними методиками оцінки деформацій споруд, чинними нормативними документами в Латвії щодо цього питання; обґрунтовано доцільність використання автоматизованих систем контролю за навантаженням на споруду та її станом.

Для вимірювання зміщень конструкцій найчастіше використовуються вертикальні, полярні, тригонометричні та напрямні методи. Вибір методики залежить від типу споруди, ступеню доступу до неї, необхідної точності та наявних приладів. Так, у праці [9] детально досліджено можливості використання сучасних геодезичних методів вимірювань для моніторингу стану гідротехнічної споруди, а саме тимчасового кесону. Здійснено порівняння технологій моторизованої тахеометрії та наземного лазерного сканування з класичними методами для визначення горизонтальних зміщень та наведено результати.

У роботі [1] представлено результати дослідження BIM-геодезичного моніторингу деформацій будівельних конструкцій, спричинених зовнішніми факторами. Наведено практичні результати комбінованого застосування лазерного сканування та геодезичних досліджень з використанням тахеометрів на етапах проєктування, будівництва та експлуатації інженерної споруди. Описано технологію проведення геодезичного моніторингу з використанням BIM-технологій: шляхом поєднання та порівняння виконавчої та проєктної BIM-моделей виконують аналіз просторового та часового розташування конструкцій. Дослідження Bauer and Lienhart [3] стосується питання

консолідації інформаційного моделювання будівель BIM на будівельних майданчиках та впровадження Інтернету речей (IoT) у міське планування. Інформаційне моделювання будівель для збереження та підтримки архітектурної та культурної спадщини є предметом дослідження Nieto-Julián et al. [10]. Створення моделі HBIM дозволяє керувати геометрією будівлі та обмінюватися інформацією між експертами, що займаються збереженням історичних будівель.

У праці Pawlak et al. [11] запропонована та апробована процедура моніторингу конструкції історичної дерев'яної будівлі на основі результатів комбінованих геодезичних вимірювань та показників датчиків нахилу. Для дослідження історичних споруд баштового типу ефективність довів фотограмметричний метод на основі знімання з БПЛА [5]. Науковці акцентують увагу на превентивному моніторингу структурних та ґрунтових деформацій на території розташування об’єктів культурної спадщини для попередження виникнення геонебезпек, що можуть призвести до їхньої руйнації [13].

Загалом, для кожного окремого об’єкту дослідження слід підібрати найефективнішу методику досліджень, розробити програму спостережень [6]. Важливо приділити достатньо уваги на надійність геодезичної опорної мережі, з якої будуть виконані геодезичні вимірювання [14,15].

Метою досліджень у публікації є виконання комплексної оцінки стану конструкцій та фундаменту будівлі-пам’ятки архітектури, яка споруджена на початку XX ст., на основі геодезичних спостережень.

Основна частина

Основою даного дослідження є отримання достовірних даних про фактичний стан, у деформаційному контексті, конструкцій та фундаментів пам'ятки архітектури, що розташована у середмісті Івано-Франківська. Будинок побудований у стилі функціоналістичного модерну в 1903 році на замовлення благодійниці. На фасаді є окремі автентичні елементи декору, що зумовлює приналежність цієї споруди до об’єктів культурної спадщини. Понад 100 років експлуатації зумовили виникнення пошкоджень як у конструктивних елементах будинку (тріщини в стінах, руйнування покрівельних конструкцій), так і пошкодження оздоблювальних елементів. У ході виконання капітальних реставраційних будівельно-відновлювальних робіт виникла необхідність комплексного інженерно-геодезичного контролю технічного стану пам’ятки.

У результаті детального аналізу ситуації, прийнято рішення проводити спостереження за осіданням фундаменту будівлі методом високоточного геометричного нівелювання. Крен зовнішній стін будівлі вирішили визначати проєкційним методом точним електронним тахеометром. Зміни розкриття

тріщин, наявних у несучих конструкціях будинку, відслідковували з використанням спеціальних маяків-тріщиномірів.

На всіх етапах геодезичний моніторинг деформаційних процесів здійснювався з урахуванням вимог [16, 17, 18, 19]. Перший етап геодезичних робіт полягав у візуальному обстеженні будівлі та прилеглої території, а також підборі оптимальних методів геодезичного моніторингу, які забезпечили б отримання достовірної інформації про деформаційні процеси будівлі.

За результатами обстежень визначені місця встановлення деформаційних марок у фундаменті будівлі для спостережень за осіданнями, керуючись вимогами [19]. Для моніторингу електронним тахеометром крену стінових площин змонтовано контрольні індикатори у вигляді плівкових відбивачів на зовнішніх стінах. Крім того у погоджених із замовником місцях були закладені датчики для моніторингу розкриття тріщин у стінах будівлі.

Спостереження за осіданнями фундаменту будівлі виконувалося методом високоточного геометричного нівелювання коротким променем електронним нівеліром TOPCON DL-501. Вихідним пунктом для всіх серій геометричного нівелювання послужив стінний репер Rp100 (рис. 1), встановлений на сусідній будівлі з урахуванням вимог п. 6.1.1.6 [19]. Висота Rp100 визначена від трьох стінних реперів міської висотної основи і уточнювалася перед кожною серією спостережень шляхом прокладання контрольних нівелірних ходів.

Для забезпечення моніторингу пам'ятки архітектури закладено 21 деформаційну марку. Місця для встановлення фундаментних марок обрані таким чином, щоб максимально ефективно контролювати можливі зміщення та деформації стін будівлі (у зоні розташування несучих стін по периметру будинку, у місцях примикання до них поздовжніх і поперечних стін, у зонах із наявними тріщинами елементів стін та фундаменту).

Вимірювання проводилися кількома серіями за методикою спостережень, яка забезпечує середньоквадратичну похибку визначення висоти найслабшої фундаментної марки мережі величиною 0,5 мм. Схема вимірів у мережі включає замкнутий нівелірний хід, що з’єднує деформаційні марки, встановлені у фундаменті будівлі пам'ятки архітектури, з вихідним репером Rp100 (рис. 1).

Початкові значення висот деформаційних марок встановлено станом на 13 листопада 2024 року за результатами високоточного геометричного нівелювання в умовній системі, прийнятій для даного об’єкту. Протягом періоду з 13.11.2024 р. по 12.05.2025 р. виконано вісім серій спостережень, результати чого наведені у таблиці 1. Відсутність значень висот деяких деформаційних марок (№ 2 та № 7 в останніх двох серіях зумовлена заблокованим доступом до них через будівельно-відновлювальні роботи.

Динаміку зміни висот деформаційних марок за результатами останніх чотирьох серій спостережень відображено у стовпцях 7-9.

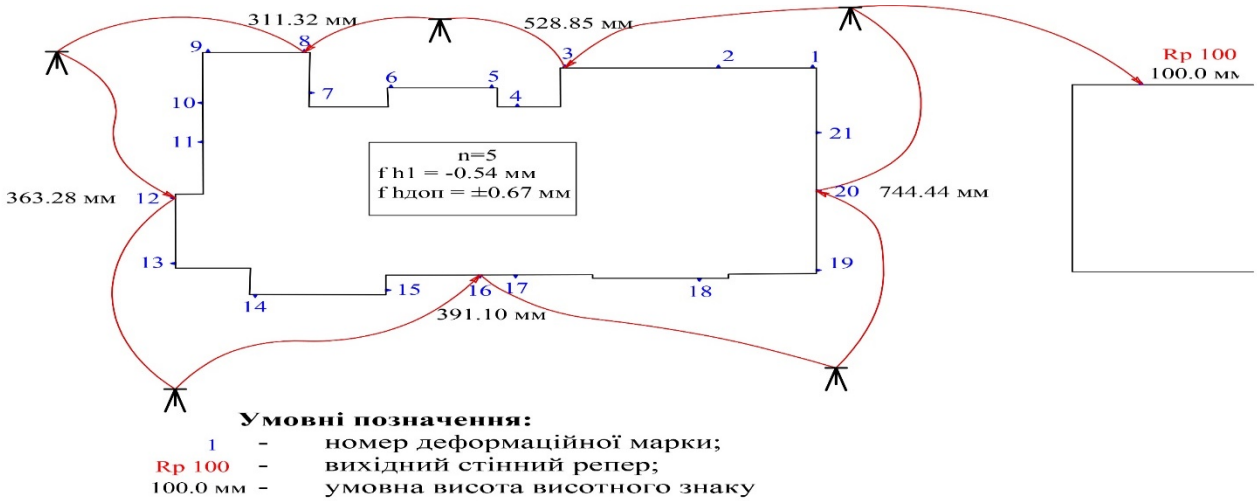


Рис.1. Схема нівелірної мережі

Зафіксовані нерівномірні осідання деформаційних марок за весь період спостережень (6 місяців). Так, у районі фасаду пам’ятки архітектури (марки 1-9) осідання практично відсутні тоді, як протилежна сторона фундаменту будівлі осіла більше, ніж на 4 мм; а на кутовій марці 19 осідання становить -11,7 мм. (стовпець 9 табл. 1, рис. 2). Подано загальну схему переміщення деформаційних марок на архітектурній пам’ятці за результатами серії вимірювань станом на 12 травня 2025 року (рис. 2).

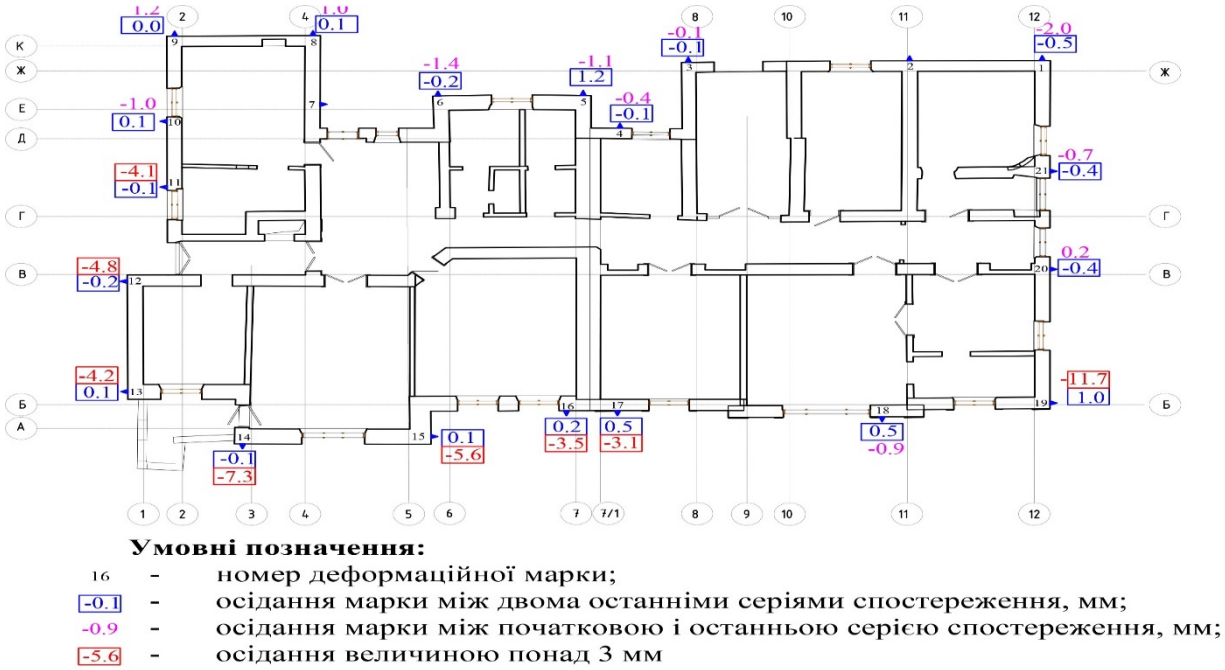


Рис. 2. Схема осідань деформаційних марок за результатами спостережень у серії 12.05.2025 р.

Таблиця 1.

Відомість висот фундаментних деформаційних марок будівлі пам’ятки архітектури за період 13.11.2024 р. – 12.05.2025 р.

Назва деф. марки	Висота (мм) 13.11	Висота (мм) 04.12	Висота (мм) 18.12	Висота (мм) 15.01	Висота (мм) 12.05	Осідання (мм)		
						Між серіями (мм) 15.01/18.12	Між серіями (мм) 12.05/15.01	за весь період
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	730,39	728,795	728,29	728,80	728,35	0,52	-0,45	-2,04
2	730,82	730,606	730,11					
3	528,96	527,626	528,35	529,00	528,85	0,65	-0,14	-0,10
4	547,48	545,796	546,66	547,16	547,04	0,50	-0,12	-0,44
5	567,34	565,496	564,49	565,01	566,22	0,52	1,21	-1,12
6	506,49	504,412	504,92	505,35	505,13	0,43	-0,22	-1,36
7	469,33	465,856	467,18					
8	310,35	309,276	310,61	311,26	311,32	0,65	0,06	0,97
9	312,80	312,319	313,38	313,98	314,03	0,60	0,05	1,22
10	409,99	407,274	408,42	408,92	409,03	0,50	0,11	-0,96
11	534,80	529,564	530,43	530,82	530,72	0,39	-0,10	-4,08
12	368,05	362,727	363,11	363,51	363,28	0,40	-0,23	-4,78
13	358,12	353,417	353,36	353,80	353,95	0,44	0,15	-4,17
14	400,82	393,582	393,23	393,63	393,55	0,40	-0,07	-7,27
15	413,01	407,8	406,80	407,30	407,38	0,50	0,08	-5,63
16	394,57	390,162	390,15	390,86	391,10	0,71	0,25	-3,46
17	571,33	567,245	567,13	567,69	568,23	0,56	0,55	-3,10
18	297,42	295,1	295,34	296,02	296,53	0,67	0,51	-0,89
19	105,68	103,205	92,44	93,03	94,00	0,59	0,97	-11,68
20	744,27	744,783	744,22	744,89	744,44	0,67	-0,45	0,17
21	730,39	730,138	729,66	730,16	729,72	0,49	-0,44	-0,68

Спостереження за зміною крену несучих стін будівлі виконували електронним тахеометром SOUTH NTS-350R і вони полягали у моніторингу

зміни величини нахилу несучих стін. У результаті визначення величин відхилень площин стін від вертикалі встановлено, що на початковому етапі спостережень (13 листопада 2024 року) вони коливалися від 0 до 79 мм. У наступних серіях спостережень було зафіксовано зміни величин відхилень в межах 5 мм. Схему результатів спостережень в останній серії наведено на рис. 3, а динаміку зміни величин відхилень за період спостережень відображено в табл. 2. Так, лише у трьох січеннях зафіксовані зміни відхилень перевищують величину 5 мм.

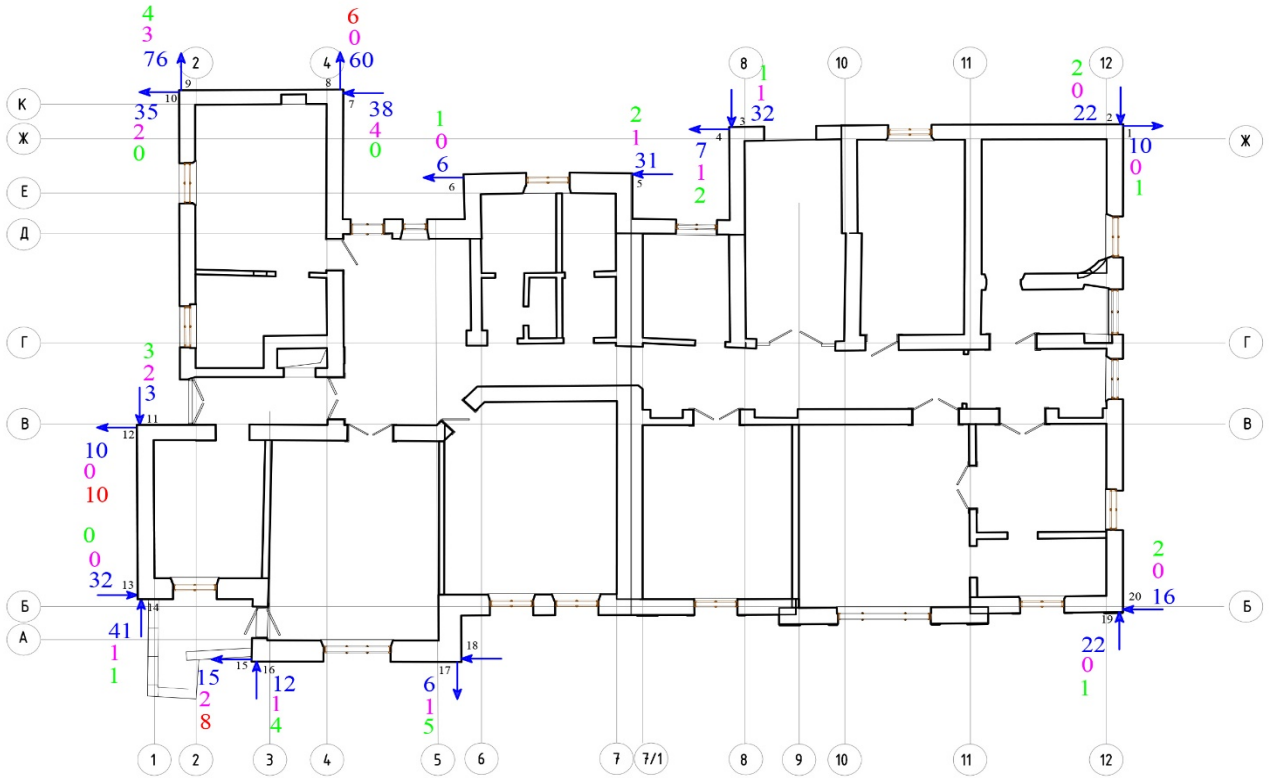


Рис. 3. Схема з результатами визначення відхилень площин несучих стін від вертикалі у серії спостережень 12.05.2025 р.

Особливу увагу приділено геодезичним спостереженням за розкриттям тріщин стін об’єкту дослідження. З цією метою на стінах першого та другого поверхів будівлі у місцях утворення тріщин закладено спеціальні маяки-тріщиноміри (рис. 4), які дозволяють фіксувати зміну величини розкриття в часі. Маяки нерухомо кріпилися до стіни по обидва боки від тріщини, а їх конструкція забезпечувала моніторинг за розкриттям тріщини (вісь X) та вертикальним зміщенням (вісь У). Величину розкриття тріщини фіксували

двічі: за шкалою маяка та вимірювали штангенциркулем між спеціальними мітками на маяку.

Таблиця 2.

Відомість відхилень від вертикальності стін будівлі пам’ятки архітектури за період 13.11.2024 р. – 12.05.2025 р.

Номер маяка	Величина відхилення від вертикальності в мм станом на								Зміна відхилення між серіями, мм 12.05/15.01	Зміна відхилення за весь період, мм
	13.11.2024	20.11.2024	27.11.2024	04.12.2024	11.12.2024	18.12.2024	15.01.2025	12.05.2025		
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
1	9	10	10	10	10	10	10	10	0	1
2	-20	-20	-20	-19	-20	-21	-22	-22	0	-2
3	-34	-34	-32	-32	-33	-33	-32	-33	-1	1
4	4	3	4	6	5	5	7	6	-1	2
5	-34	-34	-36	-35	-36	-35	-31	-32	-1	2
6	-7	-8	-7	-7	-7	-6	-6	-6	0	1
7	-42	-42	-42	-42	-42	-42	-38	-42	-4	0
8	66	65	64	64	64	64	60	60	0	**-6**
9	75	80	80	80	79	77	76	79	3	4
10	37	40	39	41	41	39	35	37	2	0
11	-8	-8	-8	-8	-6	-4	-3	-5	-2	3
12	54	60	60	12	14	11	10	10	0	**10**
13	-29	-30	-30	-29	-29	-29	-32			
14	-41	-42	-41	-41	-40	-41	-41	-42	-1	-1
15	9	12	18	16	16	16	15	17	2	8
16	-15	-16	-12	-12	-13	-12	-12	-11	1	4
17	0	1	5	5	5	5	6	5	-1	5
18										
19	-23	-25	-24	-26	-23	-24	-22	-22	0	1
20	-18	-16	-15	-14	-14	-15	-16	-16	0	2

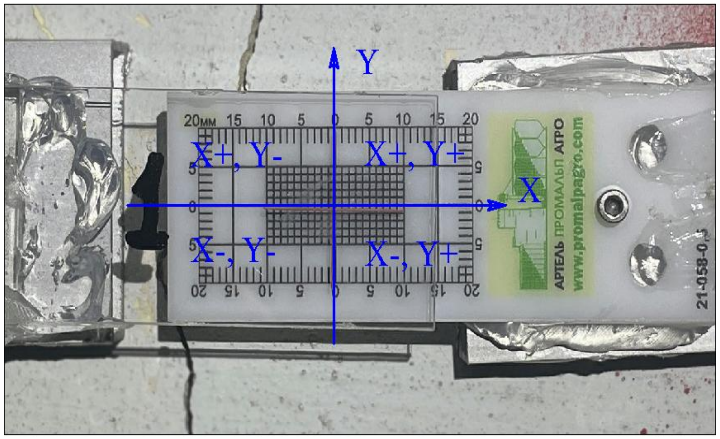


Рис. 4. Загальний вигляд маяка-тріщиноміра

Загалом було встановлено 27 маяків, схеми розташування яких на першому та другому поверхах будівлі наведені відповідно на рис. 5 та 6.

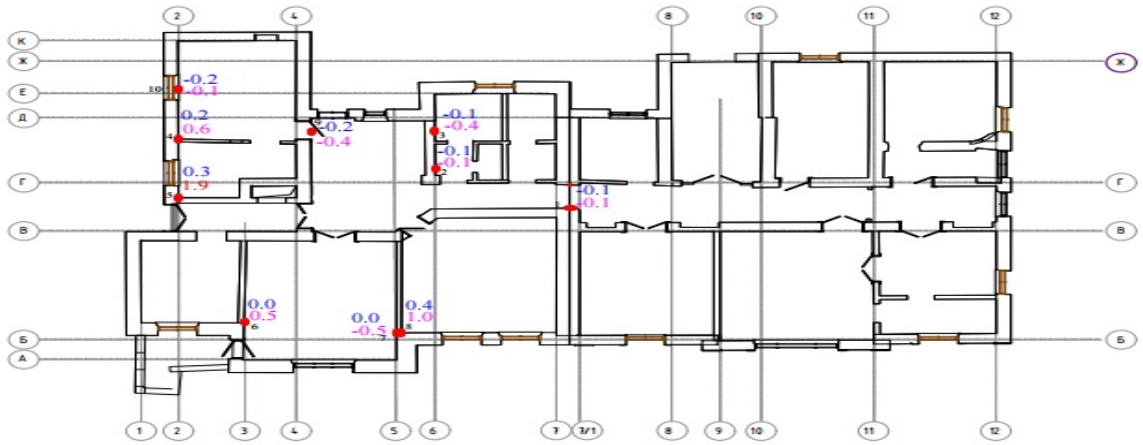


Рис. 5. Схема руху маяків на першому поверсі за результатами обстежень 12.05.2025 р.

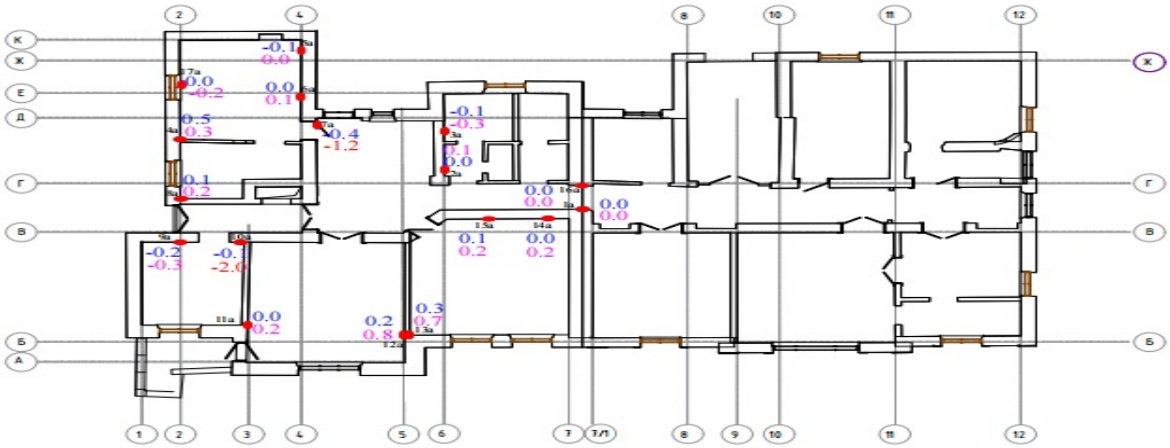


Рис. 6. Схема руху маяків на другому поверсі за результатами обстежень 12.05.2025 р.

Таблиця 3.

Відомість динаміки розкриття тріщин у стінах будівлі пам’ятки архітектури за період 13.11.2024 р. – 12.05.2025 р.

	Номер маяка	Серія 13.11.2024			Серія 12.05.2025			Величина деформації за період 13.11.2024 - 12.05.2025, мм		
		Віддаль між мітками S, мм	Відліки за школою маяка, мм		Віддаль між мітками S, мм	Відліки за школою маяка, мм				
			X	Y		X	Y	Δ S	Δ X	Δ Y
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
перший поверх	1	86,0	0	-0,5	**86,0**	0	0	-0,1	0,0	0,5
	2	85,1	1	0	**85,0**	1	0,5	-0,1	0,0	0,5
	3	86,1	0	-1	**85,7**	-0,5	-1	-0,4	-0,5	0,0
	4 (реб)	12,3	0,5	0	**12,9**	1	0	0,6	0,5	0,0
	5 (реб)	12,8	0	-1	**14,7**	2	-1	1,9	2,0	0,0
	6	85,4	0	0	**85,9**	0	1,5	0,5	0,0	1,5
	7	86,7	0	1	**86,2**	0	2	-0,5	0,0	1,0
	8	13,4	0	-1	**14,4**	-0,5	-1,5	1,0	-0,5	-0,5
	9	86,6	0	0	**86,2**	0	-1,5	-0,4	0,0	-1,5
	10	88,6	0	0	**88,5**	0	0	-0,1	0,0	0,0
другий поверх	1a	84,1	-2	0						
	2a	86,6	-1	1	**86,7**	-0,5	1	0,1	0,5	0,0
	3a	86,6	1	-1	**86,3**	0,5	-1	-0,3	-0,5	0,0
	4a	14,1	0	1	**14,4**	0,5	1,5	0,3	0,5	0,5
	5a	85,9	0,5	0	**85,9**	0,5	0,5	0,0	0,0	0,5
	6a	85,8	0	0	**85,9**	0	0	0,1	0,0	0,0
	7a	14,0	0	0	**12,7**	-1	1	-1,2	-1,0	1,0
	8a (реб)	12,1	0	0	**12,3**	0,5	0	0,2	0,5	0,0
	9a	86,6	0	-3	**86,3**	0	-3,5	-0,3	0,0	-0,5
	10a	85,9	0	0	**83,9**	-2,5	-1	-2,0	-2,5	-1,0
	1	2	3	4	8	9	10	14	15	16
	11a	87,0	0,5	0	**87,2**	0,5	-0,5	0,2	0,0	-0,5
	12a	85,8	0	0,5	**86,6**	0,5	-1,5	0,8	0,5	-2,0
	13a (реб)	6,0	6	-1	**6,7**	7	-3	0,7	1,0	-2,0
	14a	87,5	1,5	1,5	**87,6**	1,5	1,5	0,2	0,0	0,0
	15a	86,1	0	-0,5	**86,3**	0	-1	0,2	0,0	-0,5
	16a	86,6	1	-1	**86,6**	0,5	-0,5	0,0	-0,5	0,5
	17a	88,6	0	-0,5	**88,4**	0	-1	-0,2	0,0	-0,5

Результати вимірювань у першій та останній серіях наведені в таблиці 3. У ході реставраційних робіт маяк 1а був пошкоджений, тому в серії 12.05.2025 р. він не спостерігався. Результати вимірювань розкриття тріщин за допомогою штангенциркуля та шкали маяка-тріщиноміра не відрізняються більше, ніж на

0,5 мм. За остаточний результат приймалося значення, обчислене за показами штангенциркуля.

За весь період спостережень зафіксовані розкриття величиною понад 1 мм на маяку 5 першого поверху та маяках 7а, 10а другого поверху. На рис. 5, 6 бачимо, що ці маяки розташовані в одній і тій же частині будівлі. Крім того зафіксовані вертикальні зміщення понад 1 мм на маяках 6, 9, 12а, 13а, розташованих у тій же частині будівлі. Отримані результати свідчать про рух елементів будівлі один відносно одного як в плані, так і по висоті.

Висновки. За результатами комплексного геодезичного моніторингу встановлено величини планових та висотних деформацій конструктивних елементів будівлі пам’ятки архітектури в м. Івано-Франківську. Отримані дані свідчать про швидкий розвиток деформаційних процесів у правому крилі будівлі, що слід врахувати в ході проведення реставраційних робіт.

Отримані результати свідчать про доцільність використання запропонованого комплексу методів моніторингу деформацій під час проведення реставраційних та відновлювальних робіт, що на сьогодні є особливо актуальним, зважаючи на кількість будівель, пошкоджених в результаті військових дій.

З огляду на архітектурну та історичну цінність об’єкта, подальші дослідження передбачають організацію багаторівневої системи технічного моніторингу, спрямованої на обґрунтування оптимальних методів збереження пам’ятки архітектури.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Annenkov A. Monitoring the deformation process of engineering structures using BIM technologies. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XLVI-5/W1-2022, 2022. P. 15–20. DOI:10.5194/isprs-archives-XLVI-5-W1-2022-15-2022.

2. Bao Y., Guo W., Wang G. et al. Millimeter-accuracy structural deformation monitoring using stand-alone GPS: case study in Beijing, China. Journal of Surveying Engineering. Vol. 144, Issue 1, 2018. P. 05017007. DOI:10.1061/(ASCE)SU.1943-5428.0000242.

3. Bauer P., Lienhart W. Augmentation approaches for geodetic permanent monitoring systems in dynamic urban environments. Survey Review. Vol. 56, Issue 398, 2024. P. 500–508. DOI:10.1080/00396265.2023.2293555.

4. Celms A., Trevoho I., Celmina V. et al. Technologies of building deformation monitoring in Latvia. Mod. Achiev. Geod. Sci. Ind. Vol. 2, 2022. P. 53–59.

5. García-Nieto M.C., Huesca-Tortosa J.A., Martínez-Segura M.A. et al. Structural deformation monitoring using UAV photogrammetry to assess slender historic buildings. Journal of Building Engineering. Vol. 100, 15.04.2025. P. 111766. DOI: 10.1016/j.jobe.2025.111766.

6. Gera O., Oleskiv R., Dorosh L. et al. Geodetic monitoring of the subsidence of a multi-storey building foundation. Budownictwo i Architektura. Vol. 24, Issue 3, 2025. P. 005–014. DOI:10.35784/bud-arch.6827.

7. Kuczyńska, Gabriela, Stawska, Magdalena, Walicka, Anna. Modern geodetic techniques in the monitoring of historic buildings. E3S Web Conf. Vol. 97, 2019. P. 04043. DOI:10.1051/e3sconf/20199704043.

8. Kuttykadamov M.E., Rysbekov K., Milev I. et al. Geodetic monitoring methods of high-rise constructions deformations with modern technologies application. Vol. 93, 15.11.2016. P. 24–31.

9. Muszyński Z., Rybak J. Evaluation of terrestrial laser scanner accuracy in the control of hydrotechnical structures. Studia Geotechnica et Mechanica. Vol. 39, Issue 4, 2017. P. 45–57. DOI:10.1515/sgem-2017-0036.

10. Nieto-Julián J.E., Antón D., Moyano J. J. Implementation and management of structural deformations into historic building information models. International Journal of Architectural Heritage. Vol. 14, Issue 9, 2020. P. 1384–1397. DOI:10.1080/15583058.2019.1610523.

11. Pawlak Z.M., Wyczałek I., Marciniak P. Two complementary approaches toward geodetic monitoring of a historic wooden church to inspect its static and dynamic behavior. Sensors. Vol. 23, Issue 20, 2023. DOI:10.3390/s23208392.

12. Shults R., Ormambekova A., Medvedskij Y. et al. GNSS-assisted low-cost vision-based observation system for deformation monitoring. Applied Sciences. Vol. 13, Issue 5, 2023. P. 2813. ISBN 2076-3417.

13. Themistocleous K., Danezis C., Gikas V. Monitoring ground deformation of cultural heritage sites using SAR and geodetic techniques: the case study of Choirokoitia, Cyprus. Applied Geomatics. Vol. 13, Issue 1, 2021. P. 37–49. DOI:10.1007/s12518-020-00329-0.

14. Vynohradenko S., Khainus D., Hrek M. et al. The geodetic network analysis, prerequisites and factors of the need for geodetic monitoring of settlements and structures deformations. Baltic Surveying. 2024. P. 51. DOI: 10.22616/j.balticsurveying.2024.20.006.

15. Vynohradenko S., Makieieva L., Ryasnyanska A. et al. The structure of geodesic monitoring improvement by horizontal and vertical displacements by applying combination of methods. Baltic Surveying. 2023. P. 28.

16. ДБНВ.1.3-2:2010. Система забезпечення точності геометричних параметрів у будівництві. Геодезичні роботи у будівництві. Київ: Мінрегіон України, 2010. 55 с.

17. ДБНВ.2.1-10:2018. Основи та фундаменти споруд. Основні положення. Київ: Мінрегіон України, 2018. 36 с.

18. ДБН В 1.2-5:2007. Науково-технічний супровід будівельних об'єктів. Київ: Мінрегіон України, 2007. 17 с.

19. ДСТУ Б В.2.1-30:2014. Ґрунти. Методи вимірювання деформацій основ будинків і споруд. Київ: Мінрегіон України, 2015. 30 с.

20. Яковенко М., Мелашенко Ю., Зорін Є., Бень І. Багаторічний моніторинг деформацій будівель і споруд геодезичними методами. Наука та будівництво. 2023. № 3 (37). С. 71-87. DOI: https://doi.org/10.33644/2313-6679-3-2023-8.

21. Яковенко М., Нестеренко О., Зорін Є., Бень І. Моніторинг сезонного розкриття тріщин на прикладі Національного заповідника «Софія Київська». Сучасні проблеми Архітектури та Містобудування. 2021. № (61). С. 276–291. https://doi.org/10.32347/2077-3455.2021.61.276-291.

Assistant Professor **Hrynishak Mykola**,
Assistant Professor **Mykhailyshyn Volodymyr,**
PhD in Technical Sciences, Associate Professor **Gera Oksana,**
PhD in Technical Sciences, Associate Professor **Oleskiv Roksolana,**
PhD in Technical Sciences, Assistant Professor **Dorosh Liubov**
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas,
Ivano-Frankivsk, Ukraine

GEODETIC MONITORING OF THE TECHNICAL CONDITION OF THE ARCHITECTURAL MONUMENT IN IVANO-FRANKIVSK

The article discusses topical issues in comprehensive engineering and geodetic control of the technical condition of a building that is an architectural monument in the city of Ivano-Frankivsk. The object of the study is a building from the early 20th century that requires major restoration work due to prolonged use and the effects of adverse factors, including uneven foundation settlement, natural wear and tear of building materials, and external loads.

The aim of the work is to perform a comprehensive assessment of the condition of structures based on a series of geodetic observations. During the study, a methodology for cyclic monitoring of deformation processes was developed.

To assess the vertical displacement of foundation structures, high-precision geometric levelling of deformation marks was used with a modern electronic level. The parameters of the inclination and deviation of load-bearing walls from the vertical were determined by the projection method using an electronic total station.

Special attention is paid to the dynamics of crack opening in the walls, for which a network of special crack-monitoring telltales was installed, allowing for the recording of mutual displacements of building elements in space.

Based on eight series of observations, the actual state of the structures in a deformation context has been established. An analysis of settlement unevenness was conducted, and the zones of the most active deformation processes in the building structure were identified. The results indicate the complex nature of the relative

displacements of individual parts of the structure. The obtained data serve as a basis for developing technical solutions to preserve the monument and confirm the effectiveness of the chosen approach for monitoring historical buildings during restoration work.

Keywords: deformation mark; geometric levelling; crack-monitoring telltale; architectural monument; geodetic monitoring.

REFERENCES

1. Annenkov A. Monitoring the deformation process of engineering structures using BIM technologies. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XLVI-5/W1-2022, 2022. P. 15–20. DOI:10.5194/isprs-archives-XLVI-5-W1-2022-15-2022. {in English}

2. Bao Y., Guo W., Wang G. et al. Millimeter-accuracy structural deformation monitoring using stand-alone GPS: case study in Beijing, China. Journal of Surveying Engineering. Vol. 144, Issue 1, 2018. P. 05017007. DOI:10.1061/(ASCE)SU.1943-5428.0000242. {in English}

3. Bauer P., Lienhart W. Augmentation approaches for geodetic permanent monitoring systems in dynamic urban environments. Survey Review. Vol. 56, Issue 398, 2024. P. 500–508. DOI:10.1080/00396265.2023.2293555. {in English}

4. Celms A., Trevoho I., Celmina V. et al. Technologies of building deformation monitoring in Latvia. Mod. Achiev. Geod. Sci. Ind. Vol. 2, 2022. P. 53–59. {in English}

5. García-Nieto M.C., Huesca-Tortosa J.A., Martínez-Segura M.A. et al. Structural deformation monitoring using UAV photogrammetry to assess slender historic buildings. Journal of Building Engineering. Vol. 100, 15.04.2025. P. 111766. DOI: 10.1016/j.jobe.2025.111766. {in English}

6. Gera O., Oleskiv R., Dorosh L. et al. Geodetic monitoring of the subsidence of a multi-storey building foundation. Budownictwo i Architektura. Vol. 24, Issue 3, 2025. P. 005–014. DOI:10.35784/bud-arch.6827. {in English}

7. Kuczyńska, Gabriela, Stawska, Magdalena, Walicka, Anna. Modern geodetic techniques in the monitoring of historic buildings. E3S Web Conf. Vol. 97, 2019. P. 04043. DOI:10.1051/e3sconf/20199704043. {in English}

8. Kuttykadamov M.E., Rysbekov K., Milev I. et al. Geodetic monitoring methods of high-rise constructions deformations with modern technologies application. Vol. 93, 15.11.2016. P. 24–31. {in English}

9. Muszyński Z., Rybak J. Evaluation of terrestrial laser scanner accuracy in the control of hydrotechnical structures. Studia Geotechnica et Mechanica. Vol. 39, Issue 4, 2017. P. 45–57. DOI:10.1515/sgem-2017-0036. {in English}

10. Nieto-Julián J. E., Antón D., Moyano J. J. Implementation and management of structural deformations into historic building information models. International Journal of Architectural Heritage. Vol. 14, Issue 9, 2020. P. 1384–1397. DOI:10.1080/15583058.2019.1610523. {in English}

11. Pawlak Z. M., Wyczałek I., Marciniak P. Two complementary approaches toward geodetic monitoring of a historic wooden church to inspect its static and dynamic behavior. Sensors. Vol. 23, Issue 20, 2023. DOI:10.3390/s23208392. {in English}

12. Shults R., Ormambekova A., Medvedskij Y. et al. GNSS-assisted low-cost vision-based observation system for deformation monitoring. Applied Sciences. Vol. 13, Issue 5, 2023. P. 2813. ISBN 2076-3417. {in English}

13. Themistocleous K., Danezis C., Gikas V. Monitoring ground deformation of cultural heritage sites using SAR and geodetic techniques: the case study of Choirokoitia, Cyprus. Applied Geomatics. Vol. 13, Issue 1, 2021. P. 37–49. DOI:10.1007/s12518-020-00329-0. {in English}

14. Vynohradenko S., Khainus D., Hrek M. et al. The geodetic network analysis, prerequisites and factors of the need for geodetic monitoring of settlements and structures deformations. Baltic Surveying. 2024. P. 51. DOI: 10.22616/j.balticsurveying.2024.20.006. {in English}

15. Vynohradenko S., Makieieva L., Ryasnyanska A. et al. The structure of geodesic monitoring improvement by horizontal and vertical displacements by applying combination of methods. Baltic Surveying. 2023. P. 28. {in English}

16. DBNV.1.3-2:2010. Systema zabezpechennia tochnosti heometrychnykh parametriv u budivnytstvi. Heodezychni roboty u budivnytstvi. Kyiv: Minrehion Ukrainy, 2010. 55 s. {in Ukranian}

17. DBNV.2.1-10:2018. Osnovy ta fundamenty sporud. Osnovni polozhennia. Kyiv: Minrehion Ukrainy, 2018. 36 s. {in Ukranian}

18. DBN V 1.2-5:2007. Naukovo-tekhnichnyi suprovid budivelnykh obiektiv. Kyiv: Minrehion Ukrainy, 2007. 17 s. {in Ukranian}

19. DSTU B V.2.1-30:2014. Grunty. Metody vymiriuvannia deformatsii osnov budynkiv i sporud. Kyiv: Minrehion Ukrainy, 2015. 30 s. {in Ukranian}

20. Yakovenko M., Melashenko Yu., Zorin Ye., Ben I. Bahatorichnyi monitorynh deformatsii budivel i sporud heodezychnymy metodamy. Nauka ta budivnytstvo. 2023. № 3 (37). S. 71-87. DOI: https://doi.org/10.33644/2313-6679-3-2023-8. {in Ukranian}

21. Yakovenko M., Nesterenko O., Zorin Ye., Ben I. Monitorynh sezonnoho rozkryttia trishchyn na prykladi Natsionalnoho zapovidnyka «Sofiia Kyivska». Suchasni problemy Arkhitektury ta Mistobuduvannia. 2021. № (61). S. 276–291. https://doi.org/10.32347/2077-3455.2021.61.276-291. {in Ukranian}

DOI: 10.32347/2786-7269.2026.17.393-404
УДК 528.48

к.т.н., доцент **Ісаєв О.П.**,
geo_i@ukr.net, ORCID: 0000-0002-2175-0324,
асистент **Бондар С.А.**,
bondar.sa@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-9378-6588
ст. викладач **Чуланов П.О.**,
chulanov.po@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-6735-3770,
Київський національний університет будівництва і архітектури,
доктор філософії **Булгаков А.А.,**
bulgandriy@gmail.com, ORCID: 0000-0003-4139-6761,
Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України, м. Київ

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕНЗОДАТЧИКІВ В МОНІТОРИНГУ НЕСУЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Розглянуто застосування тензорезисторів, що належать до класу тензодатчиків, у процесі моніторингу будівельних конструкцій. Зокрема, досліджено інженерно-будівельний моніторинг вигину відносно високих колон. Використання тензодатчиків дає можливість безперервно оцінювати відносні напруження та відносні деформації, що виникають в елементах будівельних конструкцій під впливом динамічних та зростаючих навантажень.

Зауважено, що такий підхід характеризує лише стан окремих елементів і стосується виключно локальних зон та точок конструкції. Він не відображає зміщення конструкції, її частин, тобто не фіксує зміни просторового положення елементів. Для вимірювання планово-висотних зміщень та кренів необхідним є залучення методів і засобів геодезичного моніторингу. На цьому ґрунтується висновок про доцільність впровадження комплексного геодезичного та інженерно-будівельного моніторингу.

Ключові слова: моніторинг технічного стану конструкцій; геодезичний моніторинг; деформації згину; елементи будівельних конструкцій; тензодатчики; напружено-деформований стан.

Актуальність теми. Деякі сучасні інженерні споруди мають значні розміри та вагу. Їх проєктують із великими прольотами й значними висотами між несучими конструкціями, що зумовлює великі навантаження на їхні елементи. Водночас несучі елементи не можуть бути громіздкими: їх виготовляють із сучасних технологічних матеріалів для зменшення ваги та площі поперечного перерізу, що потребує високої точності виробництва та монтажу. Якість розрахунків також має бути надзвичайно високою та

враховувати якомога більшу кількість факторів зовнішнього впливу. Проте унікальність таких споруд передбачає постійний контроль за їхнім напружено-деформованим станом.

Постановка задачі. Характер підходу до моніторингу несучих конструкцій, а також методи й засоби вимірювань визначаються поставленими завданнями. У цій статті розглянуто окремі аспекти моніторингу, зокрема моніторинг згину елементів будівельних конструкцій (ЕБК). Від параметрів згину, особливо за умови їхнього наближення до розрахункових значень, залежить міцність елемента та його придатність до експлуатації. Моніторинг зміщень і деформацій здійснюється із застосуванням геодезичних та інженерно-будівельних методів і засобів. Використання виключно методів геодезичного моніторингу є недостатнім, оскільки чутливість і точність вимірювань мають бути надзвичайно високими. Водночас застосування лише датчиків деформації не дає інформації вцілому, оскільки результати вимірювань відображають лише відносні деформації в окремих локальних точках елемента. Отже, обґрунтованою є необхідність впровадження комплексного моніторингу, який забезпечує отримання даних про вектори й величини навантажень, реальне просторове положення елементів, а також про види, значення та напрямки деформацій.

Основний матеріал. Ця стаття є розвитком робіт [1-4], присвячених моніторингу будівельних стержневих конструкцій. Об’єктом розгляду є елемент будівельної конструкції у формі консольної балки.

Для забезпечення надійної роботи елементів будівельних конструкцій, їхньої міцності та стійкості, вони мають бути встановлені у проєктне положення із заданою точністю. У процесі подальшої експлуатації їхнє планово-висотне положення та форма рівноваги повинні зберігатися в межах розрахункових навантажень. Основним завданням служб моніторингу є контроль за положенням та станом конструкцій. Особливо важливо розпочинати моніторинг на початкових етапах зведення споруд. Наприклад, встановлення колони в плані починають із її позиціонування відносно монтажних осей. По-перше, точка перетину геометричних осей нижнього перерізу колони має збігатися з точкою перетину монтажних осей. По-друге, колона має бути встановлена вертикально. Однак у реальних умовах будівництва колона зазвичай має первинні горизонтальні та кутові зміщення, а також нахил. Після монтажу та закріплення колони на робочих схемах виконавчої зйомки відображають фактичне просторове положення конструкції, тобто первинну вихідну геометрію розташування осей і точок колони відносно проєкту. Для несучих елементів принципово важливим є фіксування їхнього фізичного стану. Йдеться про первинний (вихідний) фізичний стан, що

визначається за показниками датчиків безпосередньо після завершення монтажних робіт.

У процесі експлуатації змінюється геометрія конструкції, що зумовлює зміщення точок прикладання навантаження (ексцентриситет навантаження). Змінюються (збільшуються) внутрішні зусилля, зокрема згинальних моментів, що, відповідно, трансформує фізичний стан об'єкта. На рис. 1,а показано початкове, так зване «змінене» положення, тобто стан, що відрізняється від проєктного внаслідок кутових і лінійних похибок положення осей та точок їхнього перетину. На рис. 1,б продемонстровано відхилення центра верхнього перерізу відносно нижнього, що свідчить про нахил колони. Ці похибки, як правило, є незначними й перебувають у межах допуску; проте надалі, під дією суттєвих зовнішніх навантажень та відповідних напружень, вони можуть вирішальним чином вплинути на напружено-деформований стан (НДС) [5].

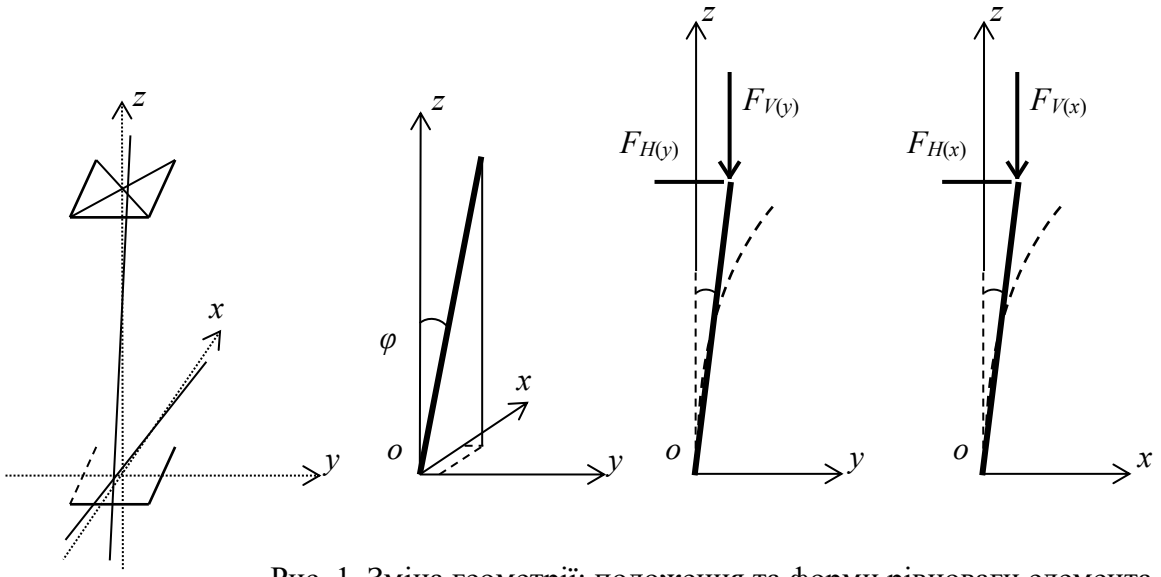


Рис. 1. Зміна геометрії: положення та форми рівноваги елемента
а) лінійні та кутові переміщення; б) крен; в, г) згин

У процесі подальшого зведення та експлуатації колона зазнає навантаження, що має вертикальну та горизонтальну складові. Це навантаження може бути значним, а також прикладеним із відхиленням від проєкту. За певних умов виникають деформації, напрямки та величини яких на початковому етапі визначаються вихідним положенням колони та першим розрахунково-допустимим навантаженням, прикладеним після монтажу. Зазвичай ці показники відповідають проєктним (розрахунковим) і нормативним значенням та не мають суттєвого впливу на міцність чи стійкість конструкції. Проте у разі виникнення додаткових неврахованих впливів природного та/або антропогенного характеру, що спричиняють посилення зовнішнього силового, температурного чи іншого факторів, крен колони може зрости, що супроводжуватиметься появою деформацій згину [1-5].

Контрольні вимірювання крену здійснюють геодезичними методами, проте постійний та безперервний моніторинг нахилу колони можна забезпечити за допомогою інклінометрів. Ці прилади закріплюють на колоні вздовж її поздовжніх вертикальних осей для фіксації кутів нахилу у вертикальних площинах осей *x* та *y*. Можливість застосування інклінометрів для такого моніторингу розглянуто у [5].

Деформації згину елементів будівельних конструкцій (ЕБК), а також напруження в них, можна виміряти різними методами та приладами, зокрема за допомогою тензометричних датчиків (тензодатчиків). У терміні «тензодатчик» префікс «тензо-» вказує на зв'язок із вимірюванням напружень або деформації; він походить від латинського слова *tensus*, що означає «натягнутий» або «напружений». Конструкції тензодатчиків є надзвичайно різноманітними. Загальний принцип їхньої роботи ґрунтується на перетворенні механічних деформацій матеріалу, до якого вони прикріплені, у певний фізичний параметр, що піддається вимірюванню та подальшому перетворенню у зручний для обробки сигнал.

З метою обґрунтованого вибору тензодатчиків відповідно до завдань цієї статті, наведемо перелік пристроїв, які переважно застосовуються у будівництві та під час експлуатації інженерних споруд. Подамо цей перелік у вигляді стислої класифікації.

1. Тензодатчики за характером вимірюваних деформацій та зовнішніх навантажень.

Статичні тензодатчики. Призначені для вимірювання плавних (повільних) деформацій. Застосовуються для моніторингу напружено-деформованого стану будівельних конструкцій, мостів, опор ліній електропередачі (ЛЕП) тощо. До цієї групи належать, зокрема, тензорезистивні датчики (тензодатчики опору).

Динамічні тензодатчики. Використовуються для реєстрації швидкозмінних деформацій, вібрацій, ударних навантажень; наприклад, під час моніторингу вібраційних процесів у мостових спорудах або залізничних коліях. До таких пристроїв належать п’єзоелектричні та оптичні тензодатчики.

2. За принципом вимірювання та типом конструкції датчика.

Тензорезистивні датчики. Найбільш розповсюджені у будівництві та моніторингу інженерних споруд для вимірювання деформацій у бетоні, металі та композитних матеріалах. Застосовуються для контролю напружено-деформованого стану колон, балок, фундаментів та інших несучих елементів. Принцип дії полягає у перетворенні деформації об'єкта, що визначається, у вимірюваний електричний сигнал.

Тензодатчики ємнісні. Можуть використовуватись в будівництві для моніторингу стану елементів будівельних конструкцій. Принцип роботи базується на вимірюванні зміни ємності конденсатора, спричиненої деформацією. Характеризуються високою чутливістю та стабільністю при малих навантаженнях.

Тензодатчики оптичні. Використовуються для довготривалого моніторингу складних та відповідальних споруд (мостів, дамб, висотних будівель, промислових об'єктів тощо), зокрема у специфічних умовах зовнішнього середовища. Принцип роботи ґрунтується на вимірюванні змін оптичних характеристик світлового потоку внаслідок деформації об'єкта. Прикладом є різноманітні волоконно-оптичні датчики.

П'єзоелектричні тензодатчики. Застосовуються для вимірювання динамічних навантажень і вібрацій, наприклад, при моніторингу динамічних впливів на конструкції. Принцип дії базується на п'єзоелектричному ефекті, який полягає у виникненні електричного заряду при деформації кристалічної решітки матеріалу.

Тензодатчики магнітоелектричні. Принцип роботи ґрунтується на зміні магнітних властивостей матеріалу під впливом механічних деформацій. Використовуються для вирішення спеціальних промислових і наукових завдань, де необхідна висока чутливість сенсорів.

3. Класифікувати також можна за призначенням та місцем встановлення.

У будівельному виробництві під час монтажу конструкцій та моніторингу інженерних споруд найбільшого застосування набули тензорезистивні датчики (або тензорезистори), принцип дії яких ґрунтується на тензорезистивному ефекті. Тензорезистивний ефект — це фізичне явище, що полягає у зміні електричного опору матеріалу під впливом його механічної деформації (розтягування або стиснення). Сутність явища полягає в тому, що під час розтягування або стиснення чутливого елемента змінюються його довжина та площа поперечного перерізу, що призводить до зміни електричного опору. Відносна зміна опору $\Delta R/R$ та відносна деформація ε пов'язані такою залежністю $\Delta R/R = k\varepsilon$ де k — коефіцієнт тензочутливості.

Конструкція типового тензорезистивного датчика, що застосовується в різноманітних приладах для вирішення широкого спектра завдань, складається з корпусу, який захищає пружний металевий елемент, та закріпленого на ньому чутливого елементу (або, як правило, декількох таких елементів). Пружний елемент може бути різної форми та розмірів, наприклад, у вигляді металевої пластини, так званої балки, колони, s-подібні тощо. Вони виготовляються з металів, таких як легована конструкційна сталь, нержавіюча сталь, алюмінієві,

нікелеві, титанові сплави. Коли пружний елемент деформується, чутливий елемент деформується разом із ним, повторюючи його деформацію.

Чутливий елемент також може бути різних типів, основними з яких є металеві (фольгові, дротяні), напівпровідникові, тонкоплівкові та з наноматеріалів. Останні застосовуються в сучасних датчиках високої точності, їхній коефіцієнт чутливості на кілька порядків перевищує коефіцієнт чутливості металевих. Однак металеві найбільш прості, стабільні, точні і тому широко використовуються в геодезичному та інженерно-технічному моніторингу.

Варіантів тензорезистивних датчиків із металевим чутливим елементом є декілька. У будівництві використовуються тензорезистори, тензометричні бази та датчики, що вбудовуються всередину елемента конструкції (заливаються в бетон).

Металевий чутливий елемент у вигляді тензорезистора є тонкою прямокутною пластиною (поліімідною підкладкою), по всій площі якої укладена у вигляді змійки довга смужка металевої фольги, до кінців якої приєднані проводки (виведення на вимірювальний прилад) [5]. Зверху нанесено захисний шар (лак, герметик). Якщо вигнути (деформувати) пластину, зміниться електричний опір фольгової змійки, який вимірюється.

Для вимірювання деформацій згину прямолінійного стержня використовують з’єднання тензорезисторів за схемами «повний міст», «напівміст» або «чвертьміст», залежно від кількості активних тензорезисторів [14]. Найбільш ефективною є схема «повного моста», що складається з чотирьох тензорезисторів: під час деформації опір двох із них зростає внаслідок розтягування, а двох інших — зменшується через стиснення. Це спричиняє розбалансування моста, у результаті чого виникає вихідна напруга. У високовартісних прецизійних датчиках може застосовуватися більша кількість тензорезисторів, що дає змогу підсилити реєстрований сигнал, забезпечити температурну компенсацію та підвищити точність вимірювань.

Місця встановлення тензодатчиків визначаються просторовим положенням елемента, способом його закріплення (в’язями), характером статичної або динамічної роботи під навантаженням, а також формою поперечного перерізу тощо. Елементи, один кінець яких жорстко (нерухомо) защемлений, а інший має можливість зміщуватися під дією зовнішніх сил, розглядаються як консольні балки. Ригель, один вузол якого зміщується відносно іншого внаслідок осідання опори, працює за схемою консолі. Вертикальна колона, защемлена в основі та рухома у верхній частині, також функціонує як консольна балка. Зона максимального згину (найбільших напружень) у такому елементі локалізована в нижній частині — безпосередньо

в місці його жорсткого закріплення, а найбільше зміщення при згині спостерігається у верхній точці колони.

Зміщення, а отже, і напрямки вигину, розкладемо за двома взаємно перпендикулярними вертикальними площинами *xoz; yoz*, що проходять крізь монтажні осі. Навантаження, яке діє на колону, також розкладемо на складові за цими координатними площинами. У результаті маємо силові площини, що збігаються з головними площинами колони. У кожній головній площині колона має складову вигину, яка є плоским вигином і, крім того, для високих колон є чистим вигином. Правильно встановлені тензодатчики вимірюють плоский вигин за двома координатними напрямками. Для надійного та достовірного вимірювання вигину їх закріплюють у силових площинах на лінії поздовжньої осі — по чотири активні датчики на рівні одного поперечного перерізу, розміщуючи їх у зонах декількох перерізів. Якщо колона є, наприклад, чотиригранною, датчики розташовують на протилежних гранях таким чином, щоб частина з них працювала на розтягнення, а частина — на стиснення. Насамперед їх слід встановлювати біля основи колони, де виникає максимальний момент. Для температурної компенсації також застосовують неактивні датчики. Прикладом є підключення за такою схемою: на одному рівні розташовуються чотири датчики однієї силової площини та чотири датчики другої. Тобто два активних датчики на протилежних сторонах (навантажені, для фіксації вигину) та два пасивних (ненавантажені, проте розміщені в тих самих температурних умовах). Це дозволяє виключити вплив температури, значення якої на високих металевих об'єктах суттєво змінюється протягом доби.

Місця встановлення датчиків потребують ретельної підготовки. Фольгові тензорезистори наклеюють безпосередньо на поверхню колони з подальшою герметизацією. На бетонних колонах закріплюють тензометри з великою базою (100–150 мм) для усереднення деформацій; струнні тензометри часто закладають безпосередньо в бетонну суміш (замонолічують).

Усі датчики за допомогою кабельних ліній підключаються до тензометричної станції, яка здійснює посилення сигналу, фільтрацію шумів, а також компенсацію температурного впливу та дрейфу [13]. Надалі інформація надходить до реєстратора для запису, зберігання та передачі в систему моніторингу.

Тензодатчики, зокрема тензорезистивні, посідають важливе місце в системі сучасного інженерно-технічного моніторингу будівельних конструкцій. Вони мають високу чутливість і реєструють мікродеформації, що виникають у конструктивних елементах, з високою роздільною здатністю та точністю (за умови дотримання необхідних вимог). З їх допомогою отримують кількісну

інформацію про напружено-деформований стан елементів у реальному часі. При цьому слід враховувати, що тензометричні вимірювання мають локальний характер і відображають стан матеріалу лише в точках встановлення датчиків. Це зумовлює вимоги до обґрунтованого вибору місць їх розміщення з урахуванням розрахункових схем і зон концентрації напружень. Крім того, коректність результатів суттєво залежить від врахування температурних впливів, а точність — від якості монтажу та умов експлуатації датчиків.

За виміряними деформаціями з урахуванням механічних характеристик матеріалу розраховують напруження та оцінюють фактичні зусилля, що діють в елементах конструкції. Це дає змогу зіставити реальні умови роботи споруди з розрахунковими моделями, уточнюючи основні параметри міцності, жорсткості та стійкості. Таким чином, тензометрія виступає інструментом верифікації інженерних розрахунків і чисельних моделей.

Особливого значення тензодатчики набувають під час моніторингу конструкцій, що функціонують у складних умовах та під впливом мінливих чинників, як-от динамічних навантажень, температурних впливів тощо. У стані статики вони дають змогу відстежувати деформації розтягу-стиску, згину, кручення, ексцентриситет прикладання навантаження та наслідки його перерозподілу. У динаміці тензодатчики дозволяють обчислити демпфування (тобто інтенсивність затухання коливань) та виявити появу мікротріщин.

Отже, підбиваючи підсумок щодо застосування засобів вимірювання, можна стверджувати, що датчики переміщень та деформацій у системі інженерно-технічного моніторингу забезпечують безперервне отримання інформації про внутрішні процеси, які відбуваються в елементах будівельних конструкцій у режимі реального часу. Ця інформація відображає фізичний стан об’єкта. Нами неодноразово було описано з геодезичної точки зору вплив на внутрішні фізичні процеси точності взаємного положення елементів будівельної конструкції, їхньої геометричної форми, а особливо — зміни їхнього взаємного розташування та формозміни під дією навантаження і різноманітних зовнішніх чинників. Для отримання цілісної картини просторового положення та стану об’єкта в заданий момент часу необхідно пов’язати дані вимірювань геометричних і фізичних параметрів у реальному часі. Для забезпечення такого зв’язку необхідно синхронізувати вимірювання датчиків та роботизованих тахеометрів.

Висновки та перспективи подальших досліджень.

В умовах експлуатації сучасних будівель і споруд, що характеризуються значними навантаженнями на високі колони та великопрогонові балки, традиційні геодезичні методи контролю деформацій виявляються недостатніми. Це зумовлено низкою чинників: дискретністю, обмеженою точністю, низькою

оперативністю, відсутністю безперервності вимірювань, а також геометричними обмеженнями об'єктів. У зв'язку з цим найбільш доцільною є концепція мультимодального моніторингу, що поєднує дискретні абсолютні вимірювання (RTS) з безперервними відносними вимірюваннями (тензометрія, інклінометрія). Комплексне застосування роботизованих тахеометрів, розподілених тензометричних та інклінометричних систем є найбільш обґрунтованим і ефективним підходом до моніторингу будівельних конструкцій. Кожен із зазначених інструментів фіксує певні аспекти роботи елементів будівельних конструкцій. Це повною мірою відображає синергію методів та усуває невизначеності. Інтеграція наведених підходів дозволяє вирішити задачу ідентифікації напружено-деформованого стану (НДС) конструкції. Водночас роботизований тахеометр дає змогу за координатами визначати зміни форми елементів, їхні абсолютні планово-висотні зміщення, відхилення від вертикалі, а також зміни взаємного положення у конструкції. Таким чином встановлюється геометрія будівельної конструкції та сукупність її елементів як єдиного цілого. Тензометрія забезпечує високоточну реєстрацію локальних деформацій і дозволяє оцінювати напружений стан елемента. Інклінометрія надає інформацію про локальні кутові зміни форми елемента, на підставі яких можна контролювати крен та згин. Інтеграція даних різних вимірювальних систем дає змогу сформувати цілісне уявлення про роботу конструкції, зокрема виявити причинно-наслідкові зв'язки між навантаженнями, деформаціями та переміщеннями. Це суттєво підвищує достовірність діагностики, дозволяє своєчасно виявляти відхилення від розрахункових моделей, а також забезпечує можливість прогнозування подальшої поведінки споруди.

Список літератури

1. Isaev O., Annenkov A., Demianenko R., Chulanov P. Monitoring of the elements stability of building constructions by means of example of vertical elastic rod of high flexibility. Опір матеріалів і теорія споруд. 2022. № 109. С. 416-425. DOI: 10.32347/2410-2547.2022.109.416-425.

2. Ісаєв О.П., Бондар С.А., Медведський Ю.В., Чуланов П.О., Циколенко О.В. Моніторинг споруд з несучими елементами у вигляді довгих вертикальних стрижнів. Опір матеріалів і теорія споруд. 2023. № 111. С. 251-262. DOI: 10.32347/2410-2547.2023.111.251-262 .

3. Ісаєв О.П., Куліковська О.Є., Катушков В.О. Вплив похибок положення на стійкість несучого вертикального стержня великої гнучкості. Містобудування та територіальне планування. Київ, 2022. Вип. 80. С. 203-209.

4. Ісаєв О.П., Кузьмич О.Й., Бондар С.А., Чуланов П.О. Застосування інклінометрів для установки колон. Містобудування та територіальне планування. Київ, 2026. Вип. 91. С. 600-611.

5. Писаренко Г.С., Квітка О.Л., Уманський Е.С. Опір матеріалів: підручник. Київ: Вища школа, 2004. 655 с.

6. Кваша В.Г. Обсеження та випробування автодорожніх мостів. Львів: НУ «Львівська політехніка», 2002. 104 с.

7. ДСТУ 8855:2019. Будівлі та споруди. Визначення класу наслідків (відповідальності). Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019. 13 с.

8. ДСТУ-Н Б В.1.2-17:2016. Настанова щодо науково-технічного моніторингу будівель і споруд. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2017. 58 с.

9. ДСТУ 9273:2024. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінювання їхнього технічного стану. Механічний опір та стійкість. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2024. 73 с.

10. ДБН В.1.2-14:2018. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд. Київ: ДП «Укрархбудінформ», 2018. 30 с.

11. ДСТУ Б В.2.6-200:2014 Конструкції металеві будівельні. Вимоги до монтажу [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://dbn.co.ua/dstu_stalnie_konstrukzii_montaj (дата звернення: 15.12.2025).

12. ДСТУ Б В.2.6-210:2016 Оцінка технічного стану сталевих будівельних конструкцій, що експлуатуються. Київ: ДП «УкрНДІпроектстальконструкція», 2016. с. 57.

13. Structural Health Monitoring: A Machine Learning Perspective. Author(s):Charles R. Farrar, Keith Worden/.First published:1. 2012.- 656 p. DOI:10.1002/9781118443118

14. Sensing Issues in Civil Structural Health Monitoring / Ed. by F. Ansari. — Dordrecht: Springer, 2005. — 496 p.

15. NDE Handbook Non-Destructive Examination Methods for Condition Monitoring1989, Pages 295-301

16. Guidelines for Structural Health Monitoring. Winnipeg, Manitoba: ISIS Canada Corporation, 2001. 78 p. (ISIS Canada Educational Module ; no. 2).

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor **Isayev Oleksandr,**
Bondar Svitlana, **Chulanov Petro,**
Kyiv National University of Construction and Architecture,
Ph.D., Professor **Bulhakov Andrii,**
Central Research Institute of the Armed Forces of Ukraine

APPLICATION OF STRAIN GAUGES IN MONITORING LOAD-BEARING ELEMENTS OF BUILDING STRUCTURES

The paper addresses the application of strain gauges, classified as strain-based sensors, in structural health monitoring of engineering constructions. Particular attention is given to monitoring the bending behavior of relatively tall columns subjected to variable and increasing loads. It is shown that the use of resistive strain gauges enables continuous measurement of relative strains and the indirect evaluation of stresses within structural elements with high sensitivity and accuracy. This allows for the detection of adverse changes in structural behavior at early stages, including stress redistribution and the initiation of damage. It is emphasized that strain measurements are inherently local, reflecting the state of the material only at specific points where sensors are installed. Therefore, they do not directly provide

information about the global displacements of structures, such as deflections, tilts, or planimetric and vertical movements. To assess these parameters, geodetic monitoring methods must be employed using robotic total stations and other high-precision measurement instruments.

Based on the analysis, the necessity of an integrated approach combining strain measurement and geodetic monitoring is substantiated. Such an approach enables the simultaneous acquisition of local stress–strain state characteristics and global spatial behavior parameters, significantly improving the reliability of structural assessment and prediction. The paper also discusses practical aspects of monitoring system design, including the selection of locations and mounting techniques for strain gauges, determination of the required number of sensors, and optimization of their layout. Special attention is paid to coordinating the placement of strain gauges with reflective targets used for coordinate measurements by robotic total stations. This ensures the effective integration of heterogeneous data sources and enhances the overall effectiveness of comprehensive structural monitoring.

Keywords: Structural Health Monitoring (SHM); geodetic monitoring; bending deformations; structural elements; strain gaugesяя; stress–strain state.

REFERENCES

1. Isaev O., Annenkov A., Demianenko R., Chulanov P. Monitoring of the elements stability of building constructions by means of example of vertical elastic rod of high flexibility. Opir materialiv i teoriia sporud. 2022. № 109. S. 416-425. DOI: 10.32347/2410-2547.2022.109.416-425. {in Ukrainian}

2. Isaiev O.P., Bondar S.A., Medvedskyi Yu.V., Chulanov P.O., Tsykolenko O.V. Monitorynh sporud z nesuchymy elementamy u vyhliadi dovhykh vertykalnykh stryzhniv. Opir materialiv i teoriia sporud. 2023. № 111. S. 251-262. DOI: 10.32347/2410-2547.2023.111.251-262 . {in Ukrainian}

3. Isaiev O.P., Kulikovska O.Ie., Katushkov V.O. Vplyv pokhybok polozhennia na stiikist nesuchoho vertykalnoho sterzhnia velykoi hnuchkosti. Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia. Kyiv, 2022. Vyp. 80. S. 203-209. {in Ukrainian}

4. Isaiev O.P., Kuzmych O.I., Bondar S.A., Chulanov P.O. Zastosuvannia inklinometriv dlia ustanovky kolon. Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia. Kyiv, 2026. Vyp. 91. S. 600-611. {in Ukrainian}

5. Pysarenko H.S., Kvitka O.L., Umanskyi E.S. Opir materialiv: pidruchnyk. Kyiv : Vyshcha shkola, 2004. 655 s. {in Ukrainian}

6. Kvasha V.H. Obsezhennia ta vyprobuvannia avtodorozhnikh mostiv. Lviv: NU «Lvivska politekhnika», 2002. 104 s. {in Ukrainian}

7. DSTU 8855:2019. Budivli ta sporudy. Vyznachennia klasu naslidkiv (vidpovidalnosti). Kyiv: DP «UkrNDNTs», 2019. 13 s. {in Ukrainian}

8. DSTU-N B V.1.2-17:2016. Nastanova shchodo naukovo-tekhnichnoho monitorynhu budivel i sporud. Kyiv: DP «UkrNDNTs», 2017. 58 s. {in Ukrainian}

9. DSTU 9273:2024. Nastanova shchodo obstezhennia budivel i sporud dlia vyznachennia ta otsiniuvannia yikhnoho tekhnichnoho stanu. Mekhanichnyi opir ta stiikist. Kyiv: DP «UkrNDNTs», 2024. 73 s. {in Ukrainian}

10. DBN V.1.2-14:2018. Systema zabezpechennia nadiinosti ta bezpeky budivelnykh obiektiv. Zahalni pryntsypy zabezpechennia nadiinosti ta konstruktyvnoi bezpeky budivel i sporud. Kyiv: DP «Ukrarkhbudinform», 2018. 30 s. {in Ukrainian}

11. DSTU B V.2.6-200:2014 Konstruktsii metalevi budivelni. Vymohy do montazhu [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu: https://dbn.co.ua/dstu_stalnie_konstrukzii_montaj (data zvernennia: 15.12.2025). {in Ukrainian}

12. DSTU B V.2.6-210:2016 Otsinka tekhnichnoho stanu stalevykh budivelnykh konstruktsii, shcho ekspluatuiutsia. Kyiv: DP «UkrNDIproektstalkonstruktsiia», 2016. s. 57. {in Ukrainian}

13. Structural Health Monitoring: A Machine Learning Perspective. Author(s):Charles R. Farrar, Keith Worden/.First published:1. 2012.- 656 p. DOI:10.1002/9781118443118 {in English}

14. Sensing Issues in Civil Structural Health Monitoring / Ed. by F. Ansari. — Dordrecht: Springer, 2005. — 496 p. {in English}

15. NDE Handbook Non-Destructive Examination Methods for Condition Monitoring1989, Pages 295-301 {in English}

16. Guidelines for Structural Health Monitoring. Winnipeg, Manitoba: ISIS Canada Corporation, 2001. 78 p. (ISIS Canada Educational Module; no. 2). {in English}

DOI: 10.32347/2786-7269.2026.17.405-417
УДК 378.6.04:528]:37.091.33-027.22
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,
Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини

ПРАКТИЧНА ПІДГОТОВКА МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ З ГЕОДЕЗІЇ ТА ЗЕМЛЕУСТРОЮ

Аналізуються особливості практичної підготовки майбутніх спеціалістів у галузі геодезії та землеустрою з урахуванням перспектив розвитку топографо-геодезичної та земельно-кадастрової діяльності. Значну увагу приділено аналізу організації практичної підготовки.

Практична підготовка майбутніх спеціалістів у галузі геодезії та землеустрою в навчальному процесі Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини організована як цілісна система взаємопов'язаних компонентів. Вона включає такі етапи: навчальну практику з топографії та геофізичних дисциплін у 2-му семестрі, навчальну практику з геодезії у 4-му семестрі, навчальну практику із землеустрою у 6-му семестрі, а також виробнича практика, яка проводиться протягом 7-го та 8-го семестрів.

Організація навчальних і виробничих практик відіграє ключову роль у професійній підготовці майбутніх фахівців у сфері геодезії та землеустрою. Ефективне проведення таких практик потребує точного розуміння їхньої значущості, а також ретельного підбору форм, змісту та методів на кожному етапі навчального процесу. Тільки через інтеграцію практик у систему фахової підготовки з урахуванням основних структурних елементів можливо забезпечити формування необхідних професійних компетенцій.

Розкрито специфіку організації навчальних та виробничої практик для підготовки майбутніх спеціалістів у галузі геодезії та землеустрою з урахуванням потреби у формуванні їхніх професійних компетентностей.

Практична підготовка студентів є невід'ємною та важливою частиною освітньо-професійної програми для фахівців у галузі геодезії та землеустрою. Вона спрямована на поглиблення і закріплення професійних знань, навичок та умінь, які студенти здобувають у процесі навчання в університетських аудиторіях.

Показано, що кваліфікація майбутнього спеціаліста визначається його здатністю опановувати знання та навички, необхідні для виконання

виробничих завдань, які передбачають планування та організацію виробничих процесів.

Розглянуті аспекти практичної підготовки студентів освітньо-професійної програми «Геодезія та землеустрій» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти свідчать про те, що навчання майбутніх фахівців ґрунтується на різноманітних формах дослідницько-пошукової діяльності. Такий методичний підхід сприяє розвитку креативного мислення та формуванню творчих навичок для ефективного вирішення професійних завдань.

Ключові слова: топографія; геодезія; землеустрій; практична підготовка; майбутні фахівці із геодезії та землеустрою; навчальні і виробнича практики.

Постановка проблеми. Одним із ключових аспектів у підготовці майбутніх фахівців з геодезії та землеустрою є вдосконалення їхньої практичної підготовки, зокрема таких важливих і взаємопов'язаних складових, як навчальні та виробнича практики.

Практична підготовка відіграє ключову роль у формуванні професійних навичок, адже вона стає базою для виконання завдань, пов'язаних із дослідженням та проєктуванням земельних ділянок. Завдяки цій підготовці фахівці набувають здатність ефективно використовувати теоретичні знання на практиці, а також беруть активну участь в обстеженнях, топографо-геодезичних, картографічних, земельно-кадастрових і проєктних роботах, що є невід'ємною частиною їхньої подальшої професійної діяльності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасний фахівець в галузі геодезії та землеустрою повинен вміти використовувати набуті знання для розв'язання традиційних так і прикладних завдань, виконувати різноманітні роботи, які передбачають використання різних інформаційних технологій, тому при підготовці фахівців даного профілю особливу увагу необхідно приділяти практичній підготовці [1. С. 49].

В статті 5^1 Закону України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність» відмічається, що професійно топографо-геодезичною, земельно-кадастровою і картографічною діяльністю можуть займатися особи, які мають відповідну за спеціальностями і кваліфікаціями вищу освіту в галузі геодезії та землеустрою [2].

Деякі аспекти практичної підготовки здобувачів освіти спеціальності «Геодезія та землеустрій» розглянуто в статтях В.П. Кирилюка [3,4], В.П. Кирилюка, Т.А. Рожі [5], М. Маренича, В. Оніпко [6] в яких висвітлено як доцільніше організувати навчання та навчальні та виробничу практики.

Практична підготовка є невід’ємною складовою підготовки бакалаврів зі спеціальності геодезія та землеустрій. Вона відіграє важливу роль у професійній діяльності геодезистів і землевпорядників, оскільки слугує основою в подальшій їх професіональній діяльності при проєктуванні, будівництві та експлуатації різного виду інженерних споруд [7, С. 16].

Є.В. Дорожко [8, С. 114] відмічає, що щоб ефективно виконувати завдання з інженерно-геодезичного забезпечення як цивільного так і промислового будівництва майбутні фахівці з геодезії та землеустрою окрім теоретичних знань мають ґрунтовно оволодіти практичною підготовкою у сфері топографо-геодезичних і земельно-кадастрових досліджень, методів та способів геодезичних вимірювань і проведення розмічувальних робіт. Як видно, що обсяг такої спеціалізованої інформації, якою має оволодіти майбутній фахівець, є значним. Тому якісна практична підготовка вимагає значної взаємодії як з боку майбутніх фахівців, так і викладачів щоб успішно опанувати навчальний матеріал і сформувати необхідні пізнавальні навички а здібності, які будуть визначати їх потенціал для ефективної професіональної діяльності.

Отже, практична підготовка є невід'ємною складовою й ключовим компонентом фахової підготовки майбутніх спеціалістів у галузі геодезії та землеустрою.

Мета цієї статті – обґрунтування сучасних підходів до організації та проведення практичної складової підготовки майбутніх фахівців у галузі геодезії та землеустрою в Уманському державному педагогічному університеті імені Павла Тичини.

Виклад основного матеріалу. В освітньо-професійній програмі підготовки фахівців освітнього ступеня бакалавр спеціальності «Геодезія та землеустрій» [9] вирішальним і невід’ємним освітнім компонентом є практична підготовка.

У процесі підготовки фахівців за спеціальністю «Геодезія та землеустрій» вагоме значення мають навчальні та виробничі практики. Вони покликані розвивати базові професійні вміння та навички, закріплювати теоретичні знання, а також сприяти формуванню просторового мислення і вміння використовувати сучасні методи геодезичних вимірів. Практики слугують своєрідним містком між академічною освітою та майбутньою професійною діяльністю.

Щоб забезпечити наскрізну практичну підготовку майбутніх спеціалістів у галузі геодезії та землеустрою, з поступовим формуванням необхідних професійних умінь і навичок, навчальні плани та графіки освітнього процесу передбачають такі види практик (табл. 1).

Таблиця 1

Види практик

№ пор.	Вид практики	Семестр	Кредитів ECTS	Загальний обсяг, годин
1	Навчальна практика топографії та геофізичних дисциплін	2	6	180
2	Навчальна практика з геодезії	4	3	90
3	Навчальна практика із землеустрою	6	3	90
4	Виробнича практика	7,8	12	360

Перелік видів і обсягів навчальних або виробничих завдань, які виконуються студентами під час практики, а також порядок їх організації та проведення встановлюються робочими програмами відповідних практик.

Робочі програми з навчальних практик з топографії та геофізичних дисциплін, геодезії, землеустрою і виробничої практики розроблені на підставі освітньо-професійної програми «Геодезія та землеустрій» [9] та навчального плану підготовки фахівців за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти спеціальності «Геодезія та землеустрій» [10], погодженими та затвердженими 29.05.2025 р. Вченою радою Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини (протокол № 15), «Положення про організацію практик в Уманському державному педагогічному університеті імені Павла Тичини (Нова редакція)» [11], (затвердженому на засіданні Вченої ради Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини від 25.06.2024 р., протокол № 18).

Навчально-методичне забезпечення та реалізацію програми практик здійснює кафедра географії, геодезії та землеустрою. За проведення практики та її якість відповідають викладачі кафедри, котрі виконують обов’язки керівників практики.

Для закріплення теоретичних знань, отриманих під час вивчення дисциплін «Топографія», «Геологія з основами геоморфології» та «Географія ґрунтів з основами ґрунтознавства» за спеціальністю «Геодезія та землеустрій» освітнього ступеня «Бакалавр», передбачено проходження навчальної практики з топографії та геофізичних дисциплін (180 години, 6 кредитів ECTS в 2 семестрі 1 курсу).

Мета навчальної практики з топографії полягає в закріпленні та поглибленні теоретичних знань, які студенти отримали під час вивчення дисципліни «Топографія» протягом першого року навчання. Також практика спрямована на опанування навичок роботи з аналоговими геодезичними приладами та виконання повного комплексу польових геодезичних робіт.

Завдання практики: формування у студентів практичних навичок при прокладанні теодолітних ходів, технічного нівелювання, тахеометричного знімання, камерального опрацювання результатів польових вимірів.

Обсяги робіт навчальної практики з топографії для студентів першого курсу [12]:

Завдання 1. Теодолітне знімання місцевості: вимірювання горизонтальних кутів способом прийомів; провішування ліній, вимірювання їх довжин у прямому та зворотному напрямках; визначення кутів нахилу ліній (понад 2°); прив'язку до умовних опорних пунктів через розв'язання оберненої геодезичної задачі; ведення журналу теодолітного знімання з подальшою обробкою зібраних даних; обчислення відомостей теодолітних ходів; складання плану місцевості за отриманими матеріалами.

Завдання 2. Технічне нівелювання: виконання підготовчих робіт та рекогностування місцевості; розмітка пікетажу й знімання ситуації вздовж траси; нівелювання пікетів із застосуванням методу технічного нівелювання; побудова поздовжніх і поперечних профілів траси.

Завдання 3. Тахеометричне знімання: вибір і підготовка пунктів для станцій тахеометричного ходу; вимірювання відстаней між станціями; вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів; проведення тахеометричного знімання на станції; оформлення та обробка журналу тахеометричного знімання; обчислення відомості тахеометричного ходу; визначення висот станцій тахеометричного ходу; складання плану місцевості на основі отриманих даних.

Метою навчальної практики з геофізичних дисциплін є закріплення теоретичних знань і практичних навичок, отриманих студентами під час лекцій і практичних занять з курсів «Геологія з основами геоморфології» та «Географія ґрунтів з основами ґрунтознавства». Практика передбачає спостереження за природними об'єктами, що демонструють результати впливу сучасних і давніх геофізичних процесів і явищ, а також ознайомлення з методиками проведення польових і камеральних досліджень.

Завдання практики включають спостереження та аналіз форм рельєфу, процесів і явищ, пов'язаних з рельєфоутворенням. Це передбачає ведення маршрутних спостережень, документування даних, опис геологічних розрізів та дослідження річкових форм рельєфу. Також здійснюється аналіз результатів генетичних особливостей чинників рельєфоутворення, таких як ендогенні, екзогенні та техногенні процеси, а також оцінка динаміки антропогенних змін. У межах практики проводиться вивчення факторів ґрунтоутворення на досліджуваних територіях, їх вплив на формування та розвиток ґрунтів. Студенти засвоюють навички морфолого-генетичного аналізу ґрунтів у

польових умовах та їх діагностику. Окрему увагу приділяють пошуку чинників розвитку ерозії, заболочування і переущільнення.

Навчальну практику з геофізичних дисциплін можна організовувати за різними маршрутними варіантами, зважаючи на рівень підготовки студентів та наявність можливостей для виїзду учасників практики за межі міста. Пропонується можливість проходження практики в межах південної частини Західно-Придніпровської денудаційної височини (поблизу села Ставки Бершадського району Вінницької області). Цей край вирізняється своєю своєрідністю та унікальністю, що створює сприятливі умови для спостереження та ґрунтовного вивчення різноманітних геоморфологічних об'єктів.

Для закріплення теоретичних знань, отриманих під час вивчення дисципліни «Геодезія» за спеціальністю «Геодезія та землеустрій» освітнього рівня «Бакалавр», передбачено проходження навчальної практики. Вона триває 90 годин (3 кредити ECTS) і проводиться в другому семестрі другого курсу.

Метою практики є систематизація, поглиблення, закріплення і узагальнення знань, отриманих у процесі вивчення дисципліни «Геодезія», а також освоєння практичних умінь і навичок проведення польових вимірювань та обробки результатів різних видів геодезичних робіт.

Завданням практики є навчання студентів самостійно виконувати геодезичні роботи, зокрема створення планового геодезичного обґрунтування другого розряду за допомогою способу геодезичного чотирикутника. Також передбачається визначення прямокутних координат двох додаткових пунктів способом засічок на місцевості геодезичного чотирикутника та побудова висотного геодезичного обґрунтування нівелюванням IV класу.

Обсяги робіт для проходження навчальної практики з геодезії [12]:

Завдання 1. Побудувати планове геодезичне обґрунтування II-го розряду способом геодезичного чотирикутника: провести рекогностування території для організації планового геодезичного обґрунтування II-го розряду з використанням способу геодезичного чотирикутника; встановити й закріпити точки планового геодезичного обґрунтування II-го розряду геодезичного чотирикутника; побудувати схему планового геодезичного обґрунтування геодезичного чотирикутника; виконати вимірювання базису в межах геодезичного чотирикутника; здійснити вимірювання горизонтальних кутів у геодезичному чотирикутнику методом кругових прийомів за допомогою теодоліта 2Т-5КП; провести урівнювання геодезичного чотирикутника; обчислити прямокутні координати точок, що належать геодезичному чотирикутнику; сформувати каталог із прямокутними координатами цих точок.

Завдання 2. Визначення прямокутних координат двох додаткових точок способом засічок на місцевості: проведення рекогностування місцевості для

вибору двох додаткових пунктів, що будуть використані для визначення прямокутних координат способом засічок; виконання польових робіт для визначення координат додаткового пункту Р за допомогою прямої засічки; розрахунок прямокутних координат пункту Р, використовуючи формули Юнга; здійснення польових робіт для визначення координат пункту Р методом оберненої засічки; провести обчислення прямокутних координат пункту Р за формулами оберненої засічки; оцінити точність отриманих результатів для прямої й оберненої засічки; виконати польові роботи щодо знесення прямокутних координат з вершини пункту; обчислити прямокутні координати знесеного пункту.

Завдання 3. Побудувати висотне геодезичне обґрунтуванням нівелюванням IV класу: рекогностування місцевості для проведення нівелювання IV класу з врахуванням прив'язки до пунктів вищих класів; провести польові роботи з нівелювання IV класу; виконати камеральну обробку польових матеріалів нівелювання IV класу; підготувати каталог висот точок нівелювання IV класу.

Мета навчальної практики із землеустрою полягає у закріпленні теоретичних знань та набутті практичних навичок з виконання робіт із землеустрою, підготовки землевпорядної документації, а також у забезпеченні дотримання норм земельного законодавства України під час проєктування та організації ефективного використання земельних ресурсів.

Основними завданнями практики є: практичне освоєння основ землевпорядного проектування; оцінка топографічних особливостей місцевості, характеристик інженерних споруд; практичне застосування якісних і кількісних параметрів картографічних матеріалів. Окрема увага приділяється аналізу досвіду землевпорядних і земельно-кадастрових робіт, спрямованих на організацію землеволодінь і землекористувань.

Основні етапи та види діяльності в рамках навчальної практики з землеустрою охоплюють такі аспекти:

Підготовчий етап, який передбачає проведення інструктажу та ознайомлення з планом практики.

Аналіз документації, під час якого студенти детально вивчають наявну технічну та проєктну документацію щодо земельних ділянок, а також нормативно-правові акти й інші регулюючі документи, що стосуються сфери землеустрою.

Аналіз проектів землеустрою та технічної документації.

Виконання індивідуальних завдань.

Виробнича практика проводиться з відривом від теоретичного навчання на сучасно обладнаних базах, які відповідають вимогам підготовки здобувачів вищої освіти та сприяють їхньому подальшому професійному розвитку.

Тривалість виробничої практики, період її проведення та обсяг встановлені відповідно до навчального плану та графіка освітнього процесу (360 годин, 12 кредитів ECTS у 7-му і 8-му семестрах 4-го курсу).

Метою виробничої практики є розширення та закріплення знань, здобутих студентами під час вивчення теоретичних дисциплін, формування практичних навичок, ознайомлення з професійною діяльністю безпосередньо на місці проходження практики, відпрацювання спеціалізованих умінь і навичок, а також збір необхідних матеріалів для підготовки кваліфікаційної роботи, передбаченої навчальною програмою.

Завданням практики є набуття студентами практичних навичок за спеціальністю, зокрема освоєння сучасних методів і підходів до виконання комплексних завдань у галузі геодезії та землеустрою з використанням спеціалізованого обладнання та програмного забезпечення.

Основні етапи проходження виробничої практики включають: ознайомлення з метою та завданнями практики, отримання необхідної інформації щодо її специфіки та підготовки звіту за підсумками; знайомство з керівником практики на базі проходження і організація робочого місця; проведення інструктажу з техніки безпеки і охорони праці; вивчення посадових інструкцій, розподілу обов’язків, повноважень і відповідальності співробітників; аналіз основних виробничих процесів підприємства; ведення щоденника для фіксації виконаних завдань; написання та представлення звіту за результатами практики.

Для диференційованого заліку бригадир подає побригадний звіт за підсумками навчальної практики з топографії та геофізичних дисциплін. Матеріали, відібрані до звіту, варто старанно систематизувати та опрацьовувати. Загальні вимоги до звіту про практику – це поділ його на розділи та пункти, чіткість побудови, логічна послідовність подання матеріалу, вагома аргументація, лаконічність та чіткість формулювань, предметність показу результатів роботи, конкретні висновки та пропозиції. Звіт має містити такі додатки: план місцевості складений за даними теодолітного знімання масштабу 1: 500 (1:1000), поздовжній та поперечний профілі траси, план місцевості складений за даними тахеометричного знімання масштабу 1: 500 (1:1000), опис ґрунтового профілю, малюнками, схемами, фотографії.

З навчальної практики з геодезії для диференційованого заліку бригадир подає побригадний звіт. У звіті мають бути відображені результати навчальної практики згідно з переліком польових та камеральних матеріалів. До нього

також подаються індивідуально виконані польові та камеральні роботи кожного студента з бригади. Звіт має містити: належним чином оформлену титульну сторінку, зміст, пояснювальну записку, що включає відомості планового геодезичного обґрунтування ІІ-го розряду способом геодезичного чотирикутника, прямокутні координати двох додаткових точок, визначених засічками на місцевості геодезичного чотирикутника, журнал нівелюванням IV класу, графічну частину.

За підсумками навчальної практики із землеустрою кожен здобувач готує індивідуальний звіт. Звіт формується згідно з програмою практики та має охоплювати всі аспекти, передбачені її змістом.

По завершенні виробничої практики студент складає письмові звіти про її виконання (звіти за практику в 7 та 8 семестрах 4 курсу). Звіт повинен містити відомості про виконання студентом усіх розділів програми практики. Згідно з отриманим завданням, студент готує матеріали для складання звіту, дотримуючись запропонованої структури: титульна сторінка; зміст; направлення на практику; характеристика; щоденник із проходження виробничої практики; вступ; загальна характеристика підприємства, його структура; види робіт, які виконує підприємство, участь студента у виробничих процесах; індивідуальна робота студента; висновки і пропозиції; список використаної літератури; додатки.

По завершенні періоду практики студенти звітують про виконання програми та індивідуального завдання. Документація щодо практики, окреслена робочою програмою, подається студентами на кафедру для перевірки протягом трьох днів після завершення практики.

Звітна конференція (проводиться не пізніше як за 14 днів після завершення практики) щодо захисту практики проходить за присутності комісії, яка призначається наказом декана факультету, до складу якої входять керівник практики по факультету, керівник групи, методист від закладу вищої освіти, викладачі кафедри. Також до участі у конференції долучаються завідувач кафедри, гарант освітньої програми.

З навчальних практик виставляться форма контролю – залік (з диференційованою оцінкою). За проходження виробничої практики виставляться форма контролю – екзамени (звіти за практику в 7 і 8 семестрах 4 курсу).

Загалом, практична підготовка забезпечує майбутнім фахівцям необхідні знання та навички для професійної діяльності в сферах, пов'язаних з геодезією та землеустроєм.

Висновки. Практична підготовка майбутніх фахівців у галузі геодезії та землеустрою в освітньому процесі Уманського державного педагогічного

університету імені Павла Тичини розглядається як комплекс взаємопов'язаних елементів, що формують необхідні знання та навички для професійної діяльності в сферах, пов'язаних з геодезією та землеустроєм.

Відзначено важливість якісної практичної підготовки майбутніх спеціалістів у сфері геодезії та землеустрою.

Розкрито специфіку організації навчальних та виробничої практик для підготовки майбутніх спеціалістів у галузі геодезії та землеустрою з урахуванням потреби у формуванні їхніх професійних компетентностей.

Показано, що кваліфікація майбутнього спеціаліста визначається його здатністю опановувати знання та навички, необхідні для виконання виробничих завдань, які передбачають планування та організацію виробничих процесів.

Розглянуті аспекти практичної підготовки студентів освітньо-професійної програми «Геодезія та землеустрій» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти свідчать про те, що навчання майбутніх фахівців ґрунтується на різноманітних формах дослідницько-пошукової діяльності. Такий методичний підхід сприяє розвитку креативного мислення та формуванню творчих навичок для ефективного вирішення професійних завдань.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Лазарєва О.В., Чигурян Я.О., Яковенко К.С. Професійна підготовка землевпорядних кадрів для системи управління земельними ресурсами. *Подільський науковий вісник*. 2019. № 1 (9). С. 47–52.

2. Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність: Закон України від 23 грудня 1998 року № 353-XIV. Дата оновлення: 15.11.2024. URL: // https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/353-14#Text

3. Кирилюк В.П. Роль навчальної дисципліни «Топографія» у формуванні професійних компетенцій майбутнього фахівця із геодезії та землеустрою. *Наукові інновації та передові технології* (Серія «Управління та адміністрування», Серія «Право», Серія «Економіка», Серія «Психологія», Серія «Педагогіка»): журнал. 2024. № 2(30) 2024. С.1168–1181.

4. Кирилюк В.П. Топографічна підготовка майбутніх фахівців з геодезії та землеустрою. *Наукові інновації та передові технології* (Серія «Управління та адміністрування», Серія «Право», Серія «Економіка», Серія «Психологія», Серія «Педагогіка»): журнал. 2025. № 9(49) 2025. С.1848–1856.

5. Кирилюк В.П., Рожі Т.А. Формування комунікативної компетентності у майбутніх геодезистів у ЗВО України. *Перспективи та інновації науки* (Серія «Педагогіка», Серія «Психологія», Серія «Медицина»)»: журнал. 2023. № 13(31) 2023. С. 195–205.

6. Маренич М. Оніпко В. Особливості практичної підготовки майбутніх фахівців із геодезії в сучасних умовах університетської освіти. *Українська професійна освіта.* 2022. № 12. С. 87–95.

7. Козьмук П.Ф., Романко Р.М. Як поліпшити якість підготовки кадрів землевпорядного профілю. *Землевпорядний вісник.* 2009. № 2. С. 15–17.

8. Дорожко Є.В. Формування та розвиток професійних навиків з інженерної геодезії у іноземних студентів дорожньобудівельної галузі. *Наукові записки кафедри педагогіки.* Випуск 43. 2018. С. 111–121.

9. Освітня програма. Геодезія та землеустрій. Умань: УДПУ, 2025. 23 с. URL: https://udpu.edu.ua/documents/educational-programs/.

10. Навчальний план. Геодезія та землеустрій. Умань: УДПУ, 2025. 2 с. URL: https://udpu.edu.ua/documents/educational-programs/

11. Положення про організацію практик в Уманському державному педагогічному університеті імені Павла Тичини (Нова редакція). Умань: УДПУ, 2025. 47 с. URL: https://udpu.edu.ua/documents/doc/.

12. Романчук С.В., Кирилюк В.П., Шемякін М.В. Навчальні практики з геодезії: навч. посібн. Умань: Видавець «Сочінський М.М.», 2019. 256 с.

Candidate of Agricultural Sciences, docent **Kyryliuk Volodymyr, Rozhi Tomas,** Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University

PRACTICAL TRAINING OF FUTURE SPECIALISTS IN GEODESY AND LAND MANAGEMENT

The article analyzes the features of practical training of future specialists in the field of geodesy and land management, taking into account the prospects for the development of topographic and geodetic and land cadastral activities. Considerable attention is paid to the analysis of the organization of practical training.

Practical training of future specialists in the field of geodesy and land management in the educational process of Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University is organized as a holistic system of interconnected components. It includes the following stages: teaching practice in topography and geophysical disciplines in the 2nd semester, teaching practice in geodesy in the 4th semester, teaching practice in land management in the 6th semester, as well as industrial practice, which is carried out during the 7th and 8th semesters.

The organization of educational and industrial practices plays a key role in the professional training of future specialists in the field of geodesy and land management. The effective implementation of such practices requires an accurate understanding of their significance, as well as a careful selection of forms, content and methods at each stage of the educational process. Only through the integration of practices into the system of professional training, taking into account the main structural elements, is it possible to ensure the formation of the necessary professional competencies.

The specifics of the organization of educational and practical training for the training of future specialists in the field of geodesy and land management are revealed, taking into account the need to form their professional competencies.

Practical training of students is an integral and important part of the educational and professional program for specialists in the field of geodesy and land

management. It is aimed at deepening and consolidating professional knowledge, skills and abilities that students acquire during their studies in university classrooms.

It is shown that the qualification of a future specialist is determined by his ability to master the knowledge and skills necessary to perform production tasks that involve planning and organizing production processes.

The considered aspects of practical training of students of the educational and professional program "Geodesy and Land Management" of the first (bachelor's) level of higher education indicate that the training of future specialists is based on various forms of research and search activities. Such a methodological approach contributes to the development of creative thinking and the formation of creative skills for the effective solution of professional tasks.

Key words: topography; geodesy; land management; practical training; future specialists in geodesy and land management; educational and industrial practices.

REFERENCES

1. Lazaryeva O.V., Chyhuryan YA.O., Yakovenko K.S. (2019). Profesiyna pidhotovka zemlevporyadnykh kadriv dlya systemy upravlinnya zemelnymy resursamy. [Professional training of land management personnel for the land resources management system]. *Podilskyy naukovyy visnyk – Podolsk Scientific Bulletin.* № 1 (9). 47–52. {in Ukrainian}.

2. Pro topohrafo-heodezychnu i kartohrafichnu diyalnist: Zakon Ukrayiny vid 23 hrudnya 1998 roku № 353-XIV. Data onovlennya: 15.11.2024. [On topographic, geodetic and cartographic activities: Law of Ukraine No. 353-XIV of December 23, 1998. Update date: 11.15.2024]. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/353-14#Text {in Ukrainian}.

3. Kyrylyuk V.P. (2024). Rol navchalnoyi dystsypliny «Topohrafiya» u formuvanni profesiynykh kompetentsiy maybutn′oho fakhivtsya iz heodeziyi ta zemleustroyu. [The role of the academic discipline "Topography" in the formation of professional competencies of a future specialist in geodesy and land management.]. *Naukovi innovatsiyi ta peredovi tekhnolohiyi (Seriya «Upravlinnya ta administruvannya», Seriya «Pravo», Seriya «Ekonomika», Seriya «Psykholohiya», Seriya «Pedahohika»): zhurnal – Scientific innovations and advanced technologies (Series "Management and administration", Series "Law", Series "Economics", Series "Psychology", Series "Pedagogy"): journal.* № 2(30). 1168–1181. {in Ukrainian}.

4. Kyrylyuk V.P. (2025). Topohrafichna pidhotovka maybutnikh fakhivtsiv z heodeziyi ta zemleustroyu. [Topographic training of future specialists in geodesy and land management.]. *Naukovi innovatsiyi ta peredovi tekhnolohiyi (Seriya «Upravlinnya ta administruvannya», Seriya «Pravo», Seriya «Ekonomika», Seriya «Psykholohiya», Seriya «Pedahohika»): zhurnal – Scientific innovations and*

advanced technologies (Series "Management and administration", Series "Law", Series "Economics", Series "Psychology", Series "Pedagogy"): journal. № 9(49). 1848–1856. {in Ukrainian}.

5. Kyrylyuk V.P., Rozhi T.A. (2023). Formuvannya komunikatyvnoyi kompetentnosti u maybutnikh heodezystiv u ZVO Ukrayiny. [Formation of communicative competence in future surveyors in higher educational institutions of Ukraine]. *Perspektyvy ta innovatsiyi nauky (Seriya «Pedahohika», Seriya «Psykholohiya», Seriya «Medytsyna»): zhurnal – Prospects and innovations of science (Series "Pedagogy", Series "Psychology", Series "Medicine")): journal.,* № 13(31). 195–205. [in Ukrainian].

6. Marenych M. Onipko V. (2022). Osoblyvosti praktychnoyi pidhotovky maybutnikh fakhivtsiv iz heodeziyi v suchasnykh umovakh universytet·skoyi osvity. [Peculiarities of practical training of future specialists in geodesy in modern conditions of university education]. *Ukrayinska profesiyna osvita – Ukrainian Professional Education.* № 12. 87–95. {in Ukrainian}.

7. Kozmuk P.F., Romanko R.M. (2009). Yak polipshyty yakist pidhotovky kadriv zemlevporyadnoho profilyu. [How to improve the quality of training of land management personnel]. *Zemlevporyadnyy visnyk – Land management bulletin,* № 2. 15–17. {in Ukrainian}.

8. Dorozhko, E.V. (2018). Formuvannya ta rozvytok profesiynykh navykiv z inzhenernoyi heodeziyi u inozemnykh studentiv dorozhnobudivelnoyi haluzi [Formation and development of professional skills in engineering geodesy among foreign students in the road construction industry]. *Naukovi zapysky kafedry pedahohiky – Scientific notes of the department of pedagogy*, Vypusk 43, 111–121 {in Ukrainian}.

9. *Osvitnya prohrama. Heodeziya ta zemleustriy. (2025) [Educational program. Geodesy and land management].* Uman: UDPU. URL: https://udpu.edu.ua/documents/educational-programs/ {in Ukrainian}.

10. *Navchalnyy plan. Heodeziya ta zemleustriy. (2025) [Curriculum. Geodesy and land management].* Uman: UDPU. URL: https://udpu.edu.ua/documents/educational-programs/ {in Ukrainian}.

11. Polozhennya pro orhanizatsiyu praktyk v Umans'komu derzhavnomu pedahohichnomu universyteti imeni Pavla Tychyny (Nova redaktsiya). (2025) [Regulations on the organization of internships at the Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University (New edition).] Uman: UDPU. URL: https://udpu.edu.ua/documents/doc/ {in Ukrainian}.

12. Romanchuk S.V., Kyryliuk V.P., Shemyakin M.V. (2019). Navchalni praktyky z heodeziyi: navch. posibn. [Educational practices in geodesy: teaching aids.]. Uman: Vydavets «Sochinskyy M. M.». {in Ukrainian}.

DOI: 10.32347/2786-7269.2026.17.418-427
УДК 711.43
к.т.н. **Литвиненко І.В.,**
lytvynenko.iv@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-4350-8563,
к.т.н., доцент **Лізунова А.П.,**
lizunova.ap@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0003-1571-4463,
Київський національний університет будівництва і архітектури

СУБ'ЄКТНИЙ СКЛАД СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ЗЕМЕЛЬ В УКРАЇНІ

Проаналізовано склад суб'єктів системи моніторингу земель і ґрунтів як складової державної системи моніторингу довкілля України згідно чинної нормативно - правової бази, розглянуто повноваження суб'єктів системи моніторингу довкілля на етапі інформаційного наповнення системи та подальшого використання інформації. В роботі висвітлені окремі аспекти щодо суб'єктів, які залучені до збору інформації про погіршення стану довкілля внаслідок бойових дій.

Ключові слова: моніторинг земель і ґрунтів; моніторинг довкілля; суб'єкти моніторингу земель і ґрунтів

Постановка проблеми. Погіршення загальної екологічної ситуації в державі, викликане збільшенням навантаження на довкілля як з боку промисловості так і аграрного сектора економіки, підсилюється наслідками тривалої військової агресії росії, що відображається в першу чергу, на стані земель і ґрунтів та в подальшому впливає на всі складові довкілля. Від наявності актуальної, достовірної та своєчасної інформації залежить оперативність та обґрунтованість управлінських рішень щодо збереження довкілля як при виявленні та усуненні наслідків екологічних лих, так і дослідженні факторів, що можуть вплинути на погіршення або покращення поточної ситуації. В Україні система моніторингу земель та ґрунтів є складовою системи моніторингу довкілля, і функціонування системи, наповнення та підтримка її інформаційної бази на всіх етапах залежить не лише від повноти законодавчого забезпечення та технічної складової, але найголовніше, суб'єктного складу системи моніторингу, що є актуальним питанням в умовах обмеженості, а подекуди і браку ресурсів, передусім людських і фінансових. Його розв'язання вимагає зважених підходів та поєднання зусиль щодо оптимального використання ресурсів та кадрового потенціалу, задіяних в системі моніторингу земель.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблеми окремих аспектів моніторингу земель та ґрунтів та моніторингу довкілля висвітлені в ряді

публікацій, як охоплюють як теоретичні та правові аспекти [1, 2, 3], містять аналіз закордонного досвіду [4, 5] та розглядають окремі проблемні аспекти моніторингу земель сільськогосподарського призначення, а також проблеми забруднення ґрунтів внаслідок проведення бойових дій на території України та шляхи їх подальшого відновлення [6, 7]. Але, разом з тим, незважаючи на наявність публікацій, що висвітлюють різні проблемні аспекти моніторингу довкілля та моніторингу земель, недостатньо робіт, в яких було б закцентовано увагу на дослідженнях суб'єктного складу системи моніторингу, особливо у розрізі проблем забруднення земель України внаслідок військової агресії росії.

Мета статті. Метою статті є виявлення та дослідження складу суб'єктів, що задіяні в системі моніторингу земель та ґрунтів в Україні, спираючись на сучасний стан законодавчого забезпечення моніторингу земель як складової частини моніторингу довкілля.

Виклад основного матеріалу. Підтримку та збереження довкілля, що забезпечує людській спільноті існування та розвиток неможливо здійснити без актуальної екологічної інформації про стан довкілля, яку забезпечує система спостережень, або моніторинг довкілля, найважливішою складовою якого є моніторинг земель [8]. Від злагодженості та поєднання зусиль всіх сторін, задіяних в процесі здійснення моніторингу залежить, чи буде досягнуто визначеної мети та отримання необхідної інформації, потрібної для прийняття відповідних природоохоронних та господарських рішень на всіх рівнях управління.

Важливою складовою функціонування моніторингу земель є суб'єкти, що мають різні повноваження та залучені до процесу моніторингу земель на різних рівнях та етапах.

В словнику української мови поняття «суб'єкт» визначено наступним чином: «суб'єкт - особа, група осіб, організація і т. ін., яким належить активна роль у певному процесі, акті», що дає підстави відносити до суб'єктів системи моніторингу всі сторони, що так чи інакше задіяні в ньому [9].

Визначення моніторингу земель, що висвітлюють цілі, задачі, складові системи моніторингу, рівні його ведення тощо, окреслені в низці законодавчих документів. Вони також містять інформацію щодо суб'єктів, залучених в систему моніторингу земель. Так, зокрема, в Земельному кодексі України [10] зазначено, що моніторинг земель є складовою частиною державної системи моніторингу довкілля і є системою спостереження за станом земель з метою своєчасного виявлення змін, їх оцінки, відвернення та ліквідації наслідків негативних процесів; в системі моніторингу земель проводиться збирання, оброблення, передавання, збереження та аналіз інформації про стан земель, прогнозування їх змін і розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для

прийняття рішень щодо запобігання негативним змінам стану земель та дотримання вимог екологічної безпеки. Залежно від цілей, спостережень і охоплення територій моніторинг земель може бути національним, регіональним і локальним; ведення моніторингу земель здійснюється центральним органом виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері земельних відносин, центральним органом виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері охорони навколишнього природного середовища, яким на даний момент є Міністерство економіки, довкілля та сільського господарства України (Мінекономіки).

Положенням про моніторинг земель [8] визначається об'єкт моніторингу – «всі землі незалежно від форми власності на них», а також деталізується, що моніторинг ґрунтів є складовою частиною моніторингу земель, а також зазначається, що проведення моніторингу ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення проводить Мінекономіки відповідно до затвердженого ним положення. З 1993 року [8] було закладено основи моніторингу земель, складовою частиною якого є моніторинг ґрунтів, окреслено рівні проведення моніторингу та визначено основні об'єкти спостереження з метою визначення стану земель, виявлення у ньому змін, та подальшого проведення оцінки, а саме:

процесів, пов'язаних із змінами родючості ґрунтів;

стану берегових ліній річок, морів, озер, заток, водосховищ, лиманів, гідротехнічних споруд;

процесів, пов'язаних з утворенням ярів, зсувів, сельовими потоками, землетрусами, карстовими, кріогенними та іншими явищами;

стану земель населених пунктів, територій, зайнятих нафтогазодобувними об'єктами, очисними спорудами, гноєсховищами, складами пально-мастильних матеріалів, добрив, стоянками автотранспорту, захороненням токсичних промислових відходів і радіоактивних матеріалів, а також іншими промисловими об'єктами.

Відповідальність за ведення моніторингу земель на локальному та регіональному рівні покладено на територіальні органи Держгеокадастру, на національному рівні – на Держгеокадастр.

Положенням також зазначено, що порядок проведення моніторингу земель передбачає виконання спеціальних зйомок і обстеження земель а також виявлення негативних факторів, вплив яких потребує здійснення контролю.

Обов'язки щодо ведення моніторингу земель здійснює Держгеокадастр за участю Мінекономіки, Національної академії аграрних наук та Державне космічне агентство (ДКА).

Згідно з ЗУ "Про охорону навколишнього природного середовища" моніторинг земель і ґрунтів є підсистемою Державної системи моніторингу довкілля, яка визначена як «система спостережень, збирання, оброблення, аналізу, зберігання та обміну інформацією про стан довкілля, вплив на нього, прогнозування його змін та розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття ефективних управлінських рішень в Україні з метою забезпечення досягнення Цілей сталого розвитку».

Крім центрального органу виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері охорони навколишнього природного середовища, яким в даному випадку визначений Мінекономіки, до сторін, що задіяні в процес моніторингу земель та ґрунтів, законом [11] віднесено: органи виконавчої влади, інші спеціально уповноважені органи державної влади, органи місцевого самоврядування а також підприємства установи та організації, діяльність яких призводить або може призвести до погіршення стану довкілля, які здійснюють спостереження за станом довкілля або його складових на території, на якій вони розташовані або якою користуються, відповідно до законодавства.

Оскільки у переважній більшості негативних процесів, що відбуваються внаслідок антропогенного впливу на довкілля, задіяні землі всіх категорій та ґрунти, до суб’єктів, задіяних в процес моніторингу, можемо віднести також значну кількість підприємств, установ та організацій, розташованих як в межах населених пунктів, так і за їх межами, діяльність яких призводить або може призвести до погіршення стану довкілля [11] та має негативний вплив на довкілля.

Порядком проведення моніторингу земель і ґрунтів [12] (стан - набирає чинності) визначено органи виконавчої влади, які проводять моніторинг земель і ґрунтів: - Держгеокадастр, Мінекономіки, Держекоінспекція, ДСНС (Державна служба з надзвичайних ситуацій), ДАЗВ (Державне агентство України з управління зоною відчуження), Держлісагентство, Держрибагентство, ДКА та визначені суб’єкти інформаційної взаємодії - центральні органи виконавчої влади, державні підприємства та державні установи, адміністратори інформаційних систем, у яких обробляються дані, що передаються до автоматизованої інформаційної системи моніторингу земель і ґрунтів.

Порядком [12] визначено власника (держателя) та адміністратора автоматизованої інформаційної системи моніторингу земель і ґрунтів: власником (держателем) автоматизованої інформаційної системи моніторингу земель і ґрунтів та виключних майнових прав на її програмне забезпечення і володільцем інформації, яка міститься в цій системі, є держава в особі Держгеокадастру, адміністратором системи моніторингу земель і ґрунтів є

державне підприємство “Центр державного земельного кадастру”, що належить до сфери управління Держгеокадастру. Також в Порядку наведено примірний перелік спостережень за станом земель і ґрунтів (агрохімічна паспортизація земельних ділянок, агрохімічне обстеження ґрунтів тощо) та виявлення змін засобами дистанційного зондування Землі та проведення оцінки, зокрема, процесів, пов’язаних із забрудненням ґрунтів, засміченням земельних ділянок внаслідок надзвичайних ситуацій та/або збройної агресії і бойових дій під час воєнного стану та їх класифікацію в залежності від періодичності, а саме:

базові (вихідні, що фіксують стан об’єкта спостережень на момент початку проведення моніторингу земель і ґрунтів);

періодичні (послідовні, що фіксують стан об’єкта спостережень порівняно з вихідними, проводяться через один рік і більше з моменту проведення базових);

оперативні (поточні, що фіксують стан об’єкта спостережень внаслідок надзвичайних ситуацій та/або збройної агресії і бойових дій під час воєнного стану, та/або недосягнення цілей із відновлення та реабілітації земель, проводяться незалежно від базових і періодичних) [12], тобто об’єктами моніторингу земель є наслідки бойових дій на території України, і це закріплено законодавчо.

Для забезпечення громадянам вільного доступу до інформації про стан навколишнього природного середовища, забезпечення інформацією про стан навколишнього природного середовища органів державної влади та місцевого самоврядування для впровадження механізмів запобігання корупції і посилення громадського контролю за використанням природних ресурсів; створення, збирання, одержання, зберігання, використання, поширення, охорона, захист інформації про стан навколишнього природного середовища для можливості оперативного реагування, прогнозу, прийняття управлінських рішень тощо було створено загальнодержавну екологічну автоматизовану інформаційно-аналітичну систему забезпечення доступу до екологічної інформації та її мережу - єдину екологічну платформу “ЕкоСистема” [13]. Документом визначені суб’єкти ЕкоСистеми - користувачі, держатель та технічний адміністратор. Власником та держателем ЕкоСистеми є держава в особі Мінекономіки; технічним адміністратором ЕкоСистеми є Державне підприємство “ДІЯ”, що належить до сфери управління Мінцифри (Міністерство цифрової трансформації України), користувачами є фізичні та юридичні особи, фізичні особи - підприємці, суб’єкти надання адміністративних послуг, суб’єкти надання публічних (електронних публічних) послуг, центри надання адміністративних послуг [13].

В складі ЕкоСистеми запроваджено функціональний модуль “ЕкоЗагроза” - сервіс фіксації фактів заподіяння шкоди навколишньому природному

середовищу внаслідок надзвичайних ситуацій, подій, збройної агресії Російської Федерації. До суб'єктів ЕкоСистеми згідно законодавства [13] належать:

1) власник (держатель);
2) відповідальна особа ЕкоЗагрози;
3) відповідальна особа за обробку електронних звернень;
4) відповідальна особа Держекоінспекції (її територіального органу);
5) відповідальна особа;
6) заявник;
7) користувач.

Власником (держателем) є держава в особі Міндовкілля; заявником є будь-яка фізична особа, що пройшла електронну ідентифікацію та автентифікацію у встановленому порядку [13] і використовує засоби ЕкоЗагрози, користувачем є будь-яка фізична особа, яка використовує ЕкоЗагрозу без електронної ідентифікації та автентифікації. Відповідальних осіб за обробку отриманих електронних звернень в ЕкоЗагрозі визначають Міндовкілля, Держекоінспекція (її територіальні органи), органи виконавчої влади, органи місцевого самоврядування відповідними рішеннями.

Крім того, відповідно до ЗУ Про охорону навколишнього природного середовища З метою підвищення ефективності функціонування державної системи моніторингу довкілля та її підсистем наказом Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України Міндовкілля [12] (стан – набирає чинності) було затверджено Порядок створення регіональних центрів моніторингу довкілля, які в майбутньому також стануть суб'єктами державної системи моніторингу.

Висновки та пропозиції. Різноманіття, масштабне територіальне охоплення, великі обсяги та якість інформації, що має бути акумульована в інформаційній системі моніторингу довкілля та її складовій - системі моніторингу земель і ґрунтів, з урахуванням значних площ забруднених земель та інших екологічні викликів, що спричинені збройною агресією росії, потребує зусиль великої кількості фахівців. Інформаційне наповнення системи стане в нагоді при прийнятті рішень органами виконавчої влади, місцевого самоврядування, окремими суб'єктами господарювання тощо для вжиття заходів щодо захисту земель і ґрунтів, як важливої складової довкілля, а також для користування громадянами в рамках реалізації прав щодо вільного доступу до інформації про стан навколишнього природного середовища.

Інформаційне наповнення Системи, з одного боку, потребує неабияких зусиль численної кількості людей, а з іншого боку, отримувати інформацію про стан довкілля може кожен громадянин держави, скориставшись сервісами

єдиної екологічної платформи “ЕкоСистема”, в який закладено принципи інклюзивності, а саме - запроваджено застосування інтерфейсів, адаптованих для осіб з інвалідністю, зокрема для осіб з порушеннями зору, слуху, опорно-рухового апарату, мовлення та інтелектуального розвитку, а також з різними комбінаціями порушень [13]. Ці ж принципи закладені і в сервісі фіксації фактів заподіяння шкоди навколишньому природному середовищу - функціональному модулі ЕкоЗагроза [14].

Отже, до суб’єктів системі моніторингу довкілля та системи моніторингу земель і ґрунтів можна віднести органи виконавчої влади і органи місцевого самоврядування, суб’єкти господарювання всіх форм власності, приватних фізичних та юридичних осіб і всіх, хто потребує інформації про стан довкілля – а отже, майже всю спільноту держави. Оновленням та прийняттям ряду законодавчих норм, а також запровадженням автоматизованої системи моніторингу, Україна зробила значний крок вперед, що є наближенням до європейських норм, де тривалий час функціонують подібні системи, відкриті для громадського доступу. Здійснення намірів щодо створення регіональних центрів моніторингу довкілля в післявоєнному періоді [15] та подальші кроки щодо інтеграції до Європейського союзу потребуватимуть подальшого удосконалення системи збору інформації, врахування існуючого досвіду та швидке реагування на існуючі загрози, пов’язані в першу чергу, з масштабним забрудненням ґрунтів внаслідок бойових дій.

Список використаних джерел

1. А.М. Третяк, В.М. Третяк, Т.М. Прядка, Н.О. Капінос, Ю.В. Лобунько. Земельний моніторинг в Україні: поняття та методологія формування. Агросвіт. № 1. 2022. С. 3 -12.

2. Шарапова С.В. Реформування державної системи моніторингу довкілля в Україні. Електронне наукове видання «Аналітично-порівняльне правознавство» № 4, 2023. С. 246-249. URL: https://journal-app.uzhnu.edu.ua/article/view/287246/281160

3. Коваленко Т.О. Правові аспекти державного земельного моніторингу у контексті здійснення кадастрової діяльності. Науковий вісник Ужгородського Національного Університету. Серія ПРАВО. Випуск 78: частина 1. 2023. С. 351-358. URL: https://visnyk-juris-uzhnu.com/wp-content/uploads/2023/08/59-1.pdf

4. Мельник О.Г. Правове регулювання моніторингу землі в Україні: досвід країн Європейського союзу. Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: юридичні науки. том 31 (70). № 2, 2020. С. 6-9. URL: https://www.juris.vernadskyjournals.in.ua/journals/2020/2_2020/part_2/4.pdf

5. Ботезат О.П. Зарубіжний досвід землекористування як крок до реалізації земельної реформи в Україні. Інвестиції: практика та досвід № 24/2016, С. 116-119. URL: http://www.investplan.com.ua/pdf/24_2016/26.pdf

6. Бубир Н., Прасул Ю., Куліш С., Бачуріна Д. Моніторинг землекористування територіальних громад України в умовах воєнного стану. Проблеми безперервної географічної освіти і картографії. 2023. № 37. С. 7-15. URL: https://periodicals.karazin.ua/pbgok/article/view/23635/21539

7. Сплодитель А. та ін. Вплив війни росії проти України на стан українських ґрунтів. Результати аналізу. Київ: ГО "Центр екологічних ініціатив «Екодія»". 2023. С. 154 URL: https://ecoaction.org.ua/wp-content/uploads/2023/03/zabrudnennia-zemel-vid-rosii.pdf

8. Положення про моніторинг земель. Затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 20.08.1993 р. № 661 (в редакції постанови Кабінету Міністрів України від 21.08.2019 р. № 760) URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/661-93-%D0%BF#Text

9. «Словник.ua». Портал української мови та культури. URL: https://slovnyk.ua/index.php?swrd=++%D0%A1%D1%83%D0%B1%27%D1%94%D0%BA%D1%82

10. Земельний кодекс України: Закон України від 25.10.2001 р. № 2768-III. URL: http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14

11. Про охорону навколишнього природного середовища. Закон України від 25.06.1991 р. № 1264-XII. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text

12. Порядок проведення моніторингу земель і ґрунтів. Затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 23.0.2024 р. № 848. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/848-2024-%D0%BF#Text

13. Положення про Єдину екологічну платформу "ЕкоСистема". Затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 11.10.2021 р. № 1065. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1065-2021-%D0%BF#n13

14. Положення про деякі питання функціонування сервісу фіксації фактів заподіяння шкоди навколишньому природному середовищу внаслідок надзвичайних ситуацій, подій, збройної агресії Російської Федерації "ЕкоЗагроза" Затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 28.07.2023 р. № 783 URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/783-2023-%D0%BF#Text

15. Порядок створення регіональних центрів моніторингу довкілля. Затверджено Наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України від 23.12.2024 р. № 1720. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 29.01.2025 р. за № 156/43562 URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0156-25#n14

PhD **Lytvynenko Iryna**,
PhD, Associate Professor **Lizunova Alina**,
Kyiv National University of Construction and Architecture

COMPONENTS OF THE LAND MONITORING SYSTEM IN UKRAINE

This article analyzes the composition of entities within the land and soil monitoring system as part of Ukraine's state environmental monitoring system in accordance with the current regulatory framework, and examines the powers of entities within the environmental monitoring system during the phase of data collection and the subsequent use of that information. A number of regulatory acts address various aspects of land and soil monitoring, specifically providing definitions of land monitoring, its purpose, and the scope of application of the results, as well as the levels at which it is conducted (national, regional, and local). They also identify the main objects of observation for determining the condition of the land and the executive authorities responsible for conducting land monitoring. According to the Law of Ukraine "On Environmental Protection," land monitoring facilitates the

adoption of effective management decisions in Ukraine with the aim of ensuring the achievement of the Sustainable Development Goals. Under this law, the parties involved in the monitoring of land and soil include, in addition to executive authorities, other specially authorized state bodies, local government bodies, as well as enterprises, institutions, and organizations whose activities result in or may result in environmental degradation.

According to the law, the list of land and soil monitoring activities includes the monitoring of processes related to soil contamination and the littering of land plots resulting from emergencies and/or armed aggression and hostilities during martial law, as well as their classification based on frequency (baseline, periodic, and operational).

This paper highlights the key aspects regarding the entities involved in collecting information on environmental degradation resulting from hostilities and in providing Ukrainian citizens with information on the state of the environment through the nationwide automated environmental information and analytical system for accessing environmental information and its network — the unified environmental platform "EcoSystem," which is based on the principles of inclusivity.

Keywords: land and soil monitoring; environmental monitoring; entities involved in land and soil monitoring

REFERENCES

1. A.M. Tretiak, V.M. Tretiak, T.M. Priadka, N.O. Kapinos, Yu.V. Lobunko. Zemelnyi monitorynh v Ukraini: poniattia ta metodolohiia formuvannia. Ahrosvit. № 1. 2022. S. 3 -12. {in Ukrainian}

2. Sharapova S.V. Reformuvannia derzhavnoi systemy monitorynhu dovkillia v Ukraini. Elektronne naukove vydannia «Analitychno-porivnialne pravoznavstvo» № 4, 2023. S. 246-249. URL: https://journal-app.uzhnu.edu.ua/article/view/287246/281160 {in Ukrainian}

3. Kovalenko T.O. Pravovi aspekty derzhavnoho zemelnoho monitorynhu u konteksti zdiisnennia kadastrovoi diialnosti. Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho Natsionalnoho Universytetu. Seriia PRAVO. Vypusk 78: chastyna 1. 2023. S.351-358. URL: https://visnyk-juris-uzhnu.com/wp-content/uploads/2023/08/59-1.pdf {in Ukrainian}

4. Melnyk O.H. Pravove rehuliuvannia monitorynhu zemli v Ukraini: dosvid krain Yevropeiskoho soiuzu. Vcheni zapysky TNU imeni V.I. Vernadskoho. Seriia: yurydychni nauky. tom 31 (70). № 2, 2020. S. 6-9. URL: https://www.juris.vernadskyjournals.in.ua/journals/2020/2_2020/part_2/4.pdf {in Ukrainian}

5. Botezat O.P. Zarubizhnyi dosvid zemlekorystuvannia yak krok do realizatsii zemelnoi reformy v Ukraini. Investytsii: praktyka ta dosvid № 24/2016, S. 116-119. URL: http://www.investplan.com.ua/pdf/24_2016/26.pdf {in Ukrainian}

6. Bubyr N., Prasul Yu., Kulish S., Bachurina D. Monitorynh zemlekorystuvannia terytorialnykh hromad Ukrainy v umovakh voiennoho stanu. Problemy bezperervnoi heohrafichnoi osvity i kartohrafii. 2023. № 37. C. 7-15. URL: https://periodicals.karazin.ua/pbgok/article/view/23635/21539 {in Ukrainian}

7. Splodytel A. ta in. Vplyv viiny rosii proty Ukrainy na stan ukrainskykh gruntiv. Rezultaty analizu. Kyiv: HO "Tsentr ekolohichnykh initsiatyv «Ekodiia»". 2023. S. 154. URL: https://ecoaction.org.ua/wp-content/uploads/2023/03/zabrudnennia-zemel-vid-rosii.pdf {in Ukrainian}

8. Polozhennia pro monitorynh zemel. Zatverdzheno postanovoiu Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 20.08.1993 r. № 661 (v redaktsii postanovy Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 21.08.2019 r. № 760) URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/661-93-%D0%BF#Text {in Ukrainian}

9. «Slovnyk.ua». Portal ukrainskoi movy ta kultury. URL: https://slovnyk.ua/index.php?swrd=++%D0%A1%D1%83%D0%B1%27%D1%94%D0%BA%D1%82 {in Ukrainian}

10. Zemelnyi kodeks Ukrainy: Zakon Ukrainy vid 25.10.2001 r. № 2768-III. URL: http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14 {in Ukrainian}

11. Pro okhoronu navkolyshnoho pryrodnoho seredovyshcha. Zakon Ukrainy vid 25.06.1991 r. № 1264-XII. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text {in Ukrainian}

12. Poriadok provedennia monitorynhu zemel i gruntiv. Zatverdzheno postanovoiu Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 23.0.2024 r. № 848. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/848-2024-%D0%BF#Text {in Ukrainian}

13. Polozhennia pro Yedynu ekolohichnu platformu "EkoSystema". Zatverdzheno postanovoiu Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 11.10.2021 r. № 1065. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1065-2021-%D0%BF#n13 {in Ukrainian}

14. Polozhennia pro deiaki pytannia funktsionuvannia servisu fiksatsii faktiv zapodiiannia shkody navkolyshnomu pryrodnomu seredovyshchu vnaslidok nadzvychainykh sytuatsii, podii, zbroinoi ahresii Rosiiskoi Federatsii "EkoZahroza" Zatverdzheno postanovoiu Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 28.07.2023 r. № 783 URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/783-2023-%D0%BF#Text {in Ukrainian}

15. Poriadok stvorennia rehionalnykh tsentriv monitorynhu dovkillia. Zatverdzheno Nakaz Ministerstva zakhystu dovkillia ta pryrodnykh resursiv Ukrainy vid 23.12.2024 r. № 1720. Zareiestrovano v Ministerstvi yustytsii Ukrainy 29.01.2025 r. za № 156/43562 URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0156-25#n14 {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2786-7269.2026.17.428-441
УДК 378.147.111
д.е.н., професор **Манцевич Ю.М.,**
yurimants@gmail.com, ORCID: 0000-0002-2109-8495,
Бабій В.В.,
vitbabii@gmail.com, ORCID: 0000-0003-3462-5407,
Київський національний університет будівництва і архітектури

ВПЛИВ ЗМІН МІСТОБУДІВНОГО ЗАКОНОДАВСТВА НА НАВЧАЛЬНИЙ ПРОЦЕС ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Виконано аналіз проблем і передумов інтеграції цифрових технологій у навчальний процес підготовки фахівців у сфері землеустрою, кадастру та просторового планування територій в умовах трансформації містобудівного законодавства. Обґрунтовано необхідність послідовної деталізації освітніх компонентів у межах освітньо-професійних програм з урахуванням відмінностей у рівнях підготовки здобувачів освіти різних ступенів. Акцентовано увагу на необхідності формування у здобувачів практичних компетентностей застосування геоінформаційних систем і технологій штучного інтелекту для розв'язання виробничих завдань землеустрою, кадастру та просторового планування. Визначено, що недостатньо дослідженим залишається питання відображення нових вимог містобудівного законодавства у змісті навчальних дисциплін та забезпечення відповідності освітніх програм потребам ринку праці. Окреслено проблему недостатньої підготовленості викладачів до використання сучасних цифрових інструментів та відсутності системних підходів до підвищення їх кваліфікації.

Ключові слова: геоінформаційні системи; навчальний процес; містобудівне законодавство; ГІС; цифрові технології; освітньо-професійна програма; ринок праці

Постановка проблеми 1. У 2024 році автори вже розглядали певні аспекти цієї проблеми у статті "Застосування ГІС в навчальному процесі під час воєнного стану" [1]. Проте, за короткий час, який минув від написання цієї статті і нинішнього часу відбулися значні зміни не тільки у містобудівному законодавстві, але й суспільних сферах, пов'язаних з сферою просторового планування і забудови територій. Виникає досить суперечлива ситуація, коли при скороченні ресурсів, які можуть бути залучені у навчальний процес, зростають вимоги до якості викладання курсу геоінформаційних систем (ГІС)

при вивченні просторового планування територій, землеустрою та ведення кадастру.

2. Найбільш важливими змінами можна вважати прийняття ряду нормативно-правових актів, які змінюють регулювання суспільних відносин у таких сферах як містобудування, землеустрій, будівництво, державне управління, а також значні технологічні зміни у застосуванні ГІС та штучного інтелекту. Залишити поза увагою навчального процесу ці зміни неможливо.

Постанова КМУ №926 від 1 вересня 2021 р Про затвердження порядку розроблення, оновлення, внесення змін та затвердження містобудівної документації [2] впродовж 2024 року зазнала певних змін, які мають на меті посилення цифровізації і прозорості процедур. Зокрема постановою КМУ №909 від 9 серпня 2024 року впроваджено експериментальний проєкт – "Містобудівний кадастр на державному рівні", який передбачає, що замовники (розробники) повинні працювати через електронний кабінет, подання протоколів, висновків, рішень та результатів експертиз має стати електронним і централізованим. В новій редакції з'являється вимога завантажувати повний комплект супровідних матеріалів в чітко обумовлений термін у єдиний реєстр та вимога автоматичного формування витягів, що повинно спростити отримання інформації зовнішніми користувачами і контролюючими органами. Зміни враховують особливості воєнного стану та безпекову ситуацію, що передбачають окремі процедури для деокупованих територій. Зміни, що були внесені постановою КМУ № 1557 від 31 грудня 2024 року передусім спрямовані на посилення участі громадськості, відкритості та прозорості планування на місцевому рівні; зниження ризиків затягування процедури через обов'язковість дотримання термінів з чітко визначеними дедлайнами, спрощення доступу до інформації через геопортали та офіційні ресурси; а також посилення відповідальності за своєчасність і якість подання документації [11].

Постанова КМУ № 909 від 9 серпня 2024 р. про запровадження Містобудівного кадастру на державному рівні містить таке визначення "Містобудівний кадастр є геоінформаційною системою" [3]. Ця норма в іншій редакції міститься у Законі України "Про регулювання містобудівної діяльності", проте таке коротке і чітке формулювання фактично є визначальним для орієнтації навчальних програм вищих навчальних закладів (ЗВО) на практичне застосування ГІС у своїх навчальних планах. Закінчився період описового характеру викладання предметів, які пов'язані з просторовим плануванням територій на всіх рівнях: державному, регіональному та місцевому. Зараз необхідно крім загальних знань про можливості використання

ГІС, технічних характеристик та огляду особливостей різних ГІС, давати навички практичного застосування.

3. Постанова КМУ № 848 від 23 липня 2024 р. визначає порядок проведення моніторингу земель і ґрунтів [4]. Це ще одна сфера застосування ГІС. Містобудівний моніторинг здійснюється за застарілими нормативними актами, які потребують не точкового покращення, а радикального перегляду методичних підходів як система, що має узгоджуватися з Містобудівним і Земельним кадастром. Тобто, маємо очікувати подальших змін законодавства і виникнення потреби корегування навчальних програм.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При розгляді публікацій, в першу чергу автори звертали увагу на джерела, присвячені науково-методичним питанням викладання ГІС у закладах вищої освіти (ЗВО). До питання використання ШІ у навчальному процесі автори підійшли досить обережно, оскільки при наявності значної уваги до цих питань, методична база тільки починає формуватися і поки складно узгодити ці дві важливі сфери знань.

З огляду на спрямування дослідження, найбільший інтерес становлять публікації, які присвячені питанням вивчення можливостей ГІС в ході навчального процесу для наступного практичного застосування при виконанні землевпорядних та кадастрових робіт, а також просторового планування, територій, оцінки земель тощо.

У статті “Використання геоінформаційних технологій у процесі формування професійної компетентності майбутніх фахівців геодезії та землеустрою” Н. Русіної розглянуто використання геоінформаційних технологій у процесі формування професійної компетентності майбутніх фахівців геодезії та землеустрою [5]. В статті розглянуто сам термін “компетентності” та основні поняття, якими має володіти здобувач. Як базовий продукт для розгляду автор обрав ArcGIS, але у статті розглянута значна кількість вітчизняних розробок з коротким описом призначення та основними можливостями.

В Україні поки зберігається воєнний стан, тому варто уважно поставитися до досвіду використання ГІС у військовій справі, якому присвячена стаття М. Губи, Г. Зміївського та В. Горбунова “Використання геоінформаційних систем в освітньому процесі вищого військового навчального закладу”. Автори зазначають, що застосування геоінформаційних систем дозволить підвищити ефективність управління військами і зброєю з використанням електронних карт та іншої просторової інформації про місцевість на 40 % і більше. В результаті порівняння ряду програмних продуктів, автори рекомендують при підготовці військових спеціалістів зупинитися на QGIS, основними перевагами якого вони

вважають його безкоштовність та можливості використання на смартфоні, що неможливо зробити на ArcGIS [6].

У статті Король О. “Особливості організації ГІС-підготовки в СумДПУ імені А.С. Макаренка” проаналізовано досвід викладання ГІС для здобувачів географічних спеціальностей. Основну частину бакалаврської програми займають фахові дисципліни, які мають на меті формування фахової та дослідницької компетентності, а також, уміння аналізувати ГІС дані. Головним завданням формування геоінформаційної компетентності є сукупність спеціальних знань, умінь та навичок, що забезпечують здобувачам можливість застосовувати технічні засоби та ГІС-технології спочатку в навчальній, а в перспективі й у професійній дослідницькій діяльності [7].

Стаття Сологуб Ю., Безпалої О., Харченко О. “Методичні аспекти викладання дисциплін на базі ГІС для непрофільних спеціальностей” присвячена аналізу можливостей використання геоінформаційних систем в навчальному процесі в рамках підготовки здобувачів непрофільних спеціальностей. Автори окреслили переваги та недоліки використання геоінформаційних систем в навчальному процесі [8].

У статті Л. Ілійчука “Вплив штучного інтелекту на якість освіти: можливості, виклики та загрози” здійснено аналіз сучасних тенденцій розвитку штучного інтелекту в освіті, розглянуті можливості та окреслені основні напрями застосування штучного інтелекту в освітніх установах та розкрито виклики та загрози імплементації штучного інтелекту в освітній процес. На думку автора, застосування ШІ в освіті зумовлює кардинальну трансформацію її змісту, структури та базових підходів до надання освітніх послуг, що пов’язано з його значними потенційними можливостями в контексті впливу на якість освіти. До основних переваг належать: персоналізоване навчання, адаптивне та інтерактивне освітнє середовище, прогнозування успішності та аналіз даних та ряд інших. Проте, існує низка нових викликів, серед яких автор виділяє потребу у стандартизації, зниження мотивації до навчання, порушення академічної доброчесності тощо [9].

Драч І., Петроє О. та інші. присвятили статтю “Використання штучного інтелекту у вищій освіті” огляду політики європейських та світових організацій, зокрема Організації Об’єднаних Націй з питань освіти, науки і культури (ЮНЕСКО), Європейського Союзу, Організації економічного співробітництва та розвитку, Європейської асоціації університетів тощо щодо ефективного використання системи ШІ у повсякденному житті і, зокрема у сфері освіти. На основі аналізу визначено особливості застосування ШІ в освітньому процесі закладів вищої освіти та схарактеризовано статистичні дані для з’ясування ризиків і загроз використання у ЗВО штучного інтелекту в умовах відкритої

науки. Актуальним є використання ШІ в освітньо-науковій діяльності в умовах відкритої науки, що в Україні уповільнюється через: незадовільний рівень цифрової компетентності академічного персоналу та обмежені можливості дослідницьких е-інфраструктур; недостатнє впровадження інноваційних методів і практик, зокрема із застосуванням цифрових технологій під час викладання, навчання на основі досліджень; недотримання принципів академічної доброчесності з огляду на доступ до значної кількості джерел інформації; відтік конкурентоспроможних фахівців за кордон унаслідок широкомасштабної війни та недостатнього рівня фінансового забезпечення та з інших причин [10].

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Передусім, варто дослідити питання послідовності та більш ретельної деталізації освітніх компонентів у межах освітньо-професійних програм (ОПП). Враховуючи потребу інтеграції сучасних цифрових технологій недостатньо уваги приділяється різниці у рівнях підготовки здобувачів перших курсів та випускників бакалаврату і здобувачів магістратури, зокрема не досліджено, яким чином нові вимоги містобудівного законодавства мають відображатися у змісті дисциплін на різних курсах певних освітніх ступенів. Глибший розгляд цього питання дозволить виявити реальні можливості системи освіти відповідати практичним потребам.

По-друге, більшість авторів концентрується на окремих технічних характеристиках ГІС, тоді як малодослідженим залишається питання якості ОПП, що є ключовим критерієм відповідності навчального процесу потребам ринку праці та адаптації до нових законодавчих змін. Значно більше уваги має приділятись формуванню у здобувачів навичок застосування ГІС та ШІ для вирішення конкретних виробничих завдань землеустрою, кадастру та просторового планування територій.

По-третє, значною мірою поза увагою залишається питання підготовки викладачів до роботи з новими цифровими інструментами. Існуюча система підвищення кваліфікації не має системного характеру, адже відсутні бодай якісь комплексні курси для викладачів профільних кафедр, не визначені критерії до структури та змісту навчальних курсів по ГІС і ШІ, існуючі курси для викладачів вивчають лише функціонал певного ПЗ, а не комплексну взаємодію для оптимального оперування даними, і в своїй більшості є недешевими для пересічного викладача ЗВО. Відтак, від рівня компетентності викладачів залежатиме, чи зможуть здобувачі отримати знання, необхідні для виконання практичних завдань, передбачених реформованим містобудівним законодавством. Поза увагою авторів також знаходиться пристосування напрацьованого у військовій освіті досвіду використання ГІС для потреб

цивільних університетів, позаяк в останні роки саме в поєднанні ГІС з військовими потребами з'явились цікаві інструменти які можуть бути з користю використані і для мирних потреб.

По-четверте, ледь помітний прогрес в дослідженні методичних підходів до поєднання ГІС та штучного інтелекту у вирішенні питань, пов'язаних з просторовим плануванням, використанням відкритих кадастрових даних та якісним оперуванням набором геопросторових даних. Існуючі публікації здебільшого аналізують кожну із цих сфер окремо, і безсумнівно вони мають свої переваги та недоліки, однак інтеграційний підхід ще не привернув до себе достатнього рівня уваги з боку науковців.

Мета статті. Дослідити умови відповідності потреб і можливостей по використанню цифрових технологій в навчальному процесі в умовах зміни містобудівного законодавства.

Виклад основного матеріалу. У попередній статті "Застосування ГІС в навчальному процесі під час воєнного стану" автори вже робили огляд використання ГІС у навчальному процесі ЗВО переважно з точки зору технологічних питань застосування геоінформаційних систем. В цій статті застосування ГІС розглядається у ширшому сенсі загальних підходів при викладанні дисциплін, що пов'язані з просторовим плануванням територій, землеустроєм та кадастром, оцінкою нерухомості та інших суміжних сфер застосування геоінформаційних систем та з врахуванням використання можливостей штучного інтелекту.

Однією з основних проблем сучасного етапу удосконалення навчального процесу у ЗВО в галузях землеустрою, кадастру та містобудування є поєднання швидких змін законодавства, технологій обробки геопросторової цифрової інформації у поєднанні з проникненням систем штучного інтелекту в усі сфери життєдіяльності людини. Ці швидкі зміни створюють певне відчуття хаосу тому доцільно розділити всю сукупність проблем на окремі напрями і розглядати їх покроково.

Відповідно до статті 22 Закону "Про регулювання містобудівної діяльності" містобудівний кадастр - державна або комунальна система зберігання і використання геопросторових даних про територію та формування галузевої складової державних геоінформаційних ресурсів. Складовою частиною містобудівного кадастру є Єдина державна електронна система у сфері будівництва. Містобудівний кадастр також включає геопросторові дані про інженерно-геологічні умови, об'єкти будівництва та інженерно-транспортної інфраструктури, наявні та запроєктовані інженерні мережі, лінійні об'єкти енергетичної інфраструктури, розподіл потужностей інженерних мереж, інформацію про наявні вільні потужності та видані технічні умови тощо.

Фактично містобудівний кадастр є універсальною системою про всі об'єкти, які вже розміщені або передбачаються до розміщення на відповідній території, а у поєднанні з земельним кадастром ця система дозволяє обробляти інформацію щодо земель, земельних ділянок і прав на них.

З точки зору використання інформації така інтегральна система є дуже зручною, але вона є доволі складною для викладання. У навчального процесу є свої закономірності, які мають бути враховані при формуванні набору освітніх компонентів для викладання на кафедрах відповідного профілю.

До основних компонентів навчального процесу в цілому зазвичай відносять: мету навчання, основні завдання, зміст навчального процесу, методи навчання, засоби та форми організації навчання. Тобто, навчання варто розглядати як особливий достатньо складний технологічний процес з багатошаровою структурою.

Можна виділити особливість викладання ГІС на кафедрах землеустрою, кадастру та містобудування. Вона полягає у поєднанні деталізації окремих компонентів і комплексному підході до формування освітньо-професійних програм (ОПП).

Першою проблемою, яка має бути розглянута є послідовність та деталізація освітніх компонентів, які включаються у відповідні ОПП. Необхідно чітко уявляти різницю у рівнях підготовки здобувачів перших курсів і випускників як рівня бакалаврів так і магістрів.

На перших курсах знання здобувачів недостатні для опанування комплексних проблем, тому більш доцільно зосередитися на вивчення більш простих речей, які на наступних етапах навчання можуть трансформуватися у більш складні структури і поступово включати елементи наукових досліджень.

Сучасні шкільні програми включають опанування початкового рівня використання ГІС в географічних науках тому слід нагадати здобувачам перших курсів основні складові ГІС та сферу застосування. При цьому доцільно зосередитися як на спільних рисах використання ГІС у геодезії, картографії, землеустрої і кадастрі, містобудуванні, а також на відмінностях та особливостях створення та використання цифрової інформації в рамках кожної дисципліни.

Крім опису основних сучасних геоінформаційних програм, їх можливостей та особливостей застосування варто звернути увагу на можливості алгоритмізації певних операцій. Не заглиблюючись у специфіку програмування, варто звернути увагу здобувачів на певні закономірності побудови структури різних ГІС, інтерфейси, інструменти, методи обробки даних тощо.

Найбільш ефективні сучасні ГІС включають елементи штучного інтелекту. Дуже важливо навести приклади таких систем обробки цифрової інформації та показати, що ШІ не може повністю замінити людину в таких складних процесах. Спроби створити повністю автономну систему обробки вихідної інформації, її аналізу та створення цифрових карт поки є невдалими і, незважаючи на швидкий прогрес в цій сфері, навряд чи будуть повністю готові до роботи у найближчий час.

Тому для управління інформаційними потоками здобувачі мають опанувати базові знання як у використанні ГІС так і застосуванні ШІ для виконання виробничих завдань.

Друга проблема, яка має бути розглянута в рамках цієї статті – якість освітньо-професійних програм не з точки зору дотримання формальних вимог до викладення назв і кількості освітніх компонентів, а з точки зору досягнення кінцевої мети навчального процесу – надбання здобувачами рівня знань, достатнього для виконання виробничих завдань відразу після отримання диплому.

Сучасні абітурієнти вже при вступі до ЗВО мають уяву про ГІС і ШІ хоча б на побутовому рівні, а на початкових курсах добре володіють елементарними навичками використання цих продуктів. Тому дуже важливо показати їм різницю між безсистемним інтуїтивним освоєнням цифрових технологій і їх професійного використання.

Одним з ефективних наочних прикладів професійного підходу до використання цифрових даних є ознайомлення здобувачів з процедурою валідації. У згаданій постанові КМУ № 909, якою затверджено Порядок ведення Містобудівного кадастру на державному рівні під час реалізації експериментального проєкту, термін валідація визначено як автоматична процедура підтвердження програмними засобами Містобудівного кадастру відповідності бази геопросторових даних (геоданих) проєкту містобудівної документації вимогам до структури Бази геопросторових даних (геоданих) містобудівної документації відповідного рівня, системі координат та геопросторовим даним містобудівної документації вищого рівня.

Отже, те про що йшла мова раніше – комплексність знань здобувачів вищої освіти за спеціальностями геодезії, картографії, землеустрою і кадастру, містобудування є вимогою законодавства, яка має бути забезпечена навчальним процесом.

Здобувачі мають розуміти, що валідація містобудівної документації має два наслідки:

позитивний – зменшує вплив суб’єктивних факторів підтвердження програмними засобами Містобудівного кадастру відповідності бази

геопросторових даних (геоданих) вимогам законодавства та забезпечує належну якість цих даних;

негативний – пов'язаний з недосконалістю інструментарію та навичок персоналу, що суттєво гальмує остаточну легітимізацію і блокує використання документації для інвестиційних проєктів, що тягне за собою прямі збитки як окремих громад так і держави в цілому.

Сучасне законодавство опосередковано визначає вимоги не тільки до містобудівної документації, але й до навичок персоналу, який забезпечує відповідність документації вимогам законодавства. Необхідно нагадати, що відповідно до Закону "Про регулювання містобудівної документації" всі види документації на місцевому рівні є одночасно містобудівною документацією на місцевому рівні та документацією із землеустрою. Також необхідно враховувати, що містобудівна документація розробляється у формі електронного документа, на оновленій картографічній основі в цифровій формі як набори тематичних геопросторових даних у Державній геодезичній референцній системі координат УСК-2000 і єдиній системі класифікації та кодування об'єктів містобудування для формування баз даних містобудівного кадастру.

Отже освітній процес має забезпечити можливість опанування цими знаннями не тільки в теорії, але і на практичному рівні. Відповідно лекції про сутність містобудівної і землевпорядної документації мають доповнюватися системою практичних і лабораторних занять для набуття навичок здобувачами.

Третя проблема – навчання "вчителів". Необхідне створення системи професійної підготовки викладачів для кафедр відповідного профілю.

Існуюча система підвищення кваліфікації не носить системного характеру, відсутня хоча б орієнтовна програма для викладачів ЗВО, не визначені критерії до формування структури та змісту такого навчального курсу.

Автори мали нагоду взяти участь у якості слухачів ряду курсів підвищення кваліфікації з питань застосування ГІС і ШІ.

Можна виокремити два основних недоліки.

Перший притаманний програмам підготовки з використання ГІС. Після доволі короткої вступної частини щодо загальних понять про ГІС, лектори переходять до детального розгляду можливостей і функцій якоїсь однієї програми. Детально описуються операції, які необхідно використати для отримання того чи іншого результату.

Головний недолік полягає в тому, що лектори орієнтуються на певну ГІС і опанування такої програми навіть на дуже високому рівні робить всі набуті знання абсолютно непотрібними при переході на іншу програму.

Відсутній комплексний підхід до вивчення ГІС як цифрового середовища, в якому можуть функціонувати різні програмні комплекси. Необхідно створювати окремі комплексні програми підвищення кваліфікації для викладачів.

Другий недолік прямо протилежний і притаманний переважно застосуванню можливостей ШІ. Багато уваги приділяється загальним принципам функціонування штучного інтелекту. І навіть, коли лекція містить конкретні задачі і програми, вона охоплює процес навчання взагалі. Застосувати такі знання викладачу спеціальних дисциплін досить важко.

Тобто, виникає потреба у створенні більш спеціалізованих програм для викладачів ЗВО певного профілю. Цілком зрозуміло, що створення таких програм для кожної кафедри неможливо, але читати одну лекцію для викладачів образотворчого мистецтва, математиків і географів мабуть теж не дуже ефективно.

Висновки і пропозиції

Проведене авторами статті дослідження дає чітке розуміння, що зміни в містобудівному законодавстві суттєво впливають на зміст освітнього процесу. Як наслідок виникає необхідність переосмислення підходів до розроблення освітньо-професійних програм з врахуванням зростаючої потреби впровадження цифрових технологій.

Послідовність викладання навчальних матеріалів та рівень їх складності мають напряму залежати від рівня підготовки здобувачів. На початкових курсах навчання необхідно зосередитись на засвоєнні базових знань і понять у сфері ГІС, поступово розширюючи їх вирішуючи складніші але поступові завдання. Лише такий підхід створить базове підґрунтя для ефективного засвоєння комплексних професійних навичок на старших курсах бакалаврату та в магістратурі.

Якість освітньо-професійних програм варто оцінювати передусім за результатами рівня практичної підготовки здобувачів. Ключове значення має розвиток компетентностей необхідних для роботи з геопросторовими даними, оволодіння процедурами їхньої валідації, усвідомлення ролі та можливостей застосування штучного інтелекту в обробці цифрової інформації.

Окремої уваги потребує професійна підготовка викладачів. Аналіз існуючих курсів підвищення кваліфікації свідчить про їх однобічність, оскільки акцент робиться або на вузьконаправленому вивченні окремих ГІС, або на надто загальному висвітленні використання ГІС в поєднанні з ШІ. Це в свою чергу створює потребу в комплексних багаторівневих програмах, орієнтованих на викладачів профільних кафедр.

Зазначені висновки створюють підґрунтя для подальших наукових досліджень і практичних рішень спрямованих на модернізацію освітнього процесу відповідно до актуальних потреб сьогодення.

Список використаних джерел

1. Манцевич Ю., Бабій В. Застосування ГІС в навчальному процесі під час воєнного стану. Містобудування та територіальне планування. Науково-технічний збірник КНУБА, випуск № 87. (дата звернення: 23.09.2025).

2. Про затвердження Порядку розроблення, оновлення, внесення змін та затвердження містобудівної документації. Постанова КМУ № 926 від 1 вересня 2021 р. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/926-2021-%D0%BF#Text (дата звернення: 23.09.2025).

3. Деякі питання реалізації експериментального проекту щодо запровадження Містобудівного кадастру на державному рівні. Постанова КМУ № 909 від 9 серпня 2024 р. – Режим доступу: Деякі питання реалізації експери... | від 09.08.2024 № 909 (дата звернення: 24.09.2025).

4. Про затвердження Порядку проведення моніторингу земель і ґрунтів. Постанова КМУ № 848 від 23 липня 2024 р.. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/848-2024-%D0%BF#Text (дата звернення: 24.09.2025).

5. Русіна Н.Г. Використання геоінформаційних технологій у процесі формування професійної компетентності майбутніх фахівців геодезії та землеустрою. Інноваційна педагогіка – Режим доступу: https://journals.indexcopernicus.com/api/file/viewByFileId/849510.pdf (дата звернення: 24.09.2025).

6. Губа М., Зміївський Г., Горбунов. В. Використання геоінформаційних систем в освітньому процесі вищого військового навчального закладу. – Режим доступу: https://nure.ua/wp-content/uploads/2018/Scientific_editions/novkol_2018_2_10.pdf (дата звернення: 24.09.2025).

7. Король О. Особливості організації ГІС-підготовки в СумДПУ імені А.С. Макаренка. Слобожанський науковий вісник. Серія: природничі науки, випуск 1, 2023. Режим доступу: https://journals.spu.sumy.ua/index.php/natural/article/view/22 (дата звернення: 24.09.2025).

8. Сологуб Ю., Безпалої О., Харченко О. Методичні аспекти викладання дисциплін на базі ГІС для непрофільних спеціальностей. Економіка та суспільство Випуск №58 / 2023 – Режим доступу: https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/3259 (дата звернення: 25.09.2025).

9. Ілійчук Л. Вплив штучного інтелекту на якість освіти: можливості, виклики та загрози. Науково-педагогічні студії: № 8 (2024). – Режим доступу: https://doi.org/10.32405/2663-5739-2028-8-232-248 (дата звернення: 25.09.2025).

[10]10. Драч І., Петроє О. та інші. Використання штучного інтелекту у вищій освіті. Міжнародний науковий журнал "Університети і лідерство", 15 (2023). – Режим доступу: https://ul-journal.org/index.php/journal/article/view/213 (дата звернення: 25.09.2025).

11. Про внесення змін до деяких постанов Кабінету Міністрів України щодо розроблення містобудівної документації на місцевому рівні. Постанова КМУ № 1557 від 31 грудня 2024 р. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1557-2024-%D0%BF#n55 (дата звернення: 25.09.2025).

Doctor of Economics, Professor **Mantsevych Yurii**,
Babii Vitalii,
Kyiv National University of Construction and Architecture

IMPACT OF CHANGES IN URBAN PLANNING LEGISLATION ON THE EDUCATIONAL PROCESS WITH THE USE OF DIGITAL TECHNOLOGIES

The article analyzes the problems and prerequisites for integrating digital technologies into the educational process of training specialists in the field of land management, cadastre and spatial planning of territories in the context of the transformation of urban planning legislation. The need for consistent detailing of educational components within educational and professional programs is substantiated, taking into account differences in the levels of training of applicants of different degrees of education. Attention is focused on the need to form practical competencies in applicants for the use of geographic information systems and artificial intelligence technologies to solve production tasks in land management,

cadastre and spatial planning. It is determined that the issue of reflecting the new requirements of urban planning legislation in the content of academic disciplines and ensuring the compliance of educational programs with the needs of the labor market remains insufficiently researched. The problem of insufficient preparation of teachers to use modern digital tools and the lack of systematic approaches to improving their qualifications is outlined.

Keywords: geographic information systems; educational process; urban planning legislation; GIS; digital technologies; educational and professional program; labor market

REFERENCES

1. Mantsevych Yu., Babii V. Zastosuvannia HIS v navchalnomu protsesi pid chas voiennoho stanu. Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia. Naukovo-tekhnichnyi zbirnyk KNUBA, vypusk № 87. (data zvernennia: 23.09.2025) {in Ukrainian}

2. Pro zatverdzhennia Poriadku rozroblennia, onovlennia, vnesennia zmin ta zatverdzhennia mistobudivnoi dokumentatsii. Postanova KMU № 926 vid 1 veresnia 2021 r. – Rezhym dostupu: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/926-2021-%D0%BF#Text (data zvernennia: 23.09.2025) {in Ukrainian}

3. Deiaki pytannia realizatsii eksperymentalnoho proektu shchodo zaprovadzhennia Mistobudivnoho kadastru na derzhavnomu rivni. Postanova KMU № 909 vid 9 serpnia 2024 r. – Rezhym dostupu: Deiaki pytannia realizatsii ekspery... | vid 09.08.2024 № 909 (data zvernennia: 24.09.2025) {in Ukrainian}

4. Pro zatverdzhennia Poriadku provedennia monitorynhu zemel i gruntiv. Postanova KMU № 848 vid 23 lypnia 2024 r.. – Rezhym dostupu: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/848-2024-%D0%BF#Text (data zvernennia: 24.09.2025) {in Ukrainian}

5. Rusina N.H. Vykorystannia heoinformatsiinykh tekhnolohii u protsesi formuvannia profesiinoi kompetentnosti maibutnikh fakhivtsiv heodezii ta zemleustroiu. Innovatsiina pedahohika – Rezhym dostupu: https://journals.indexcopernicus.com/api/file/viewByFileId/849510.pdf (data zvernennia: 24.09.2025) {in Ukrainian}

6. Huba M., Zmiivskyi H., Horbunov. V. Vykorystannia heoinformatsiinykh system v osvitnomu protsesi vyshchoho viiskovoho navchalnoho zakladu. – Rezhym dostupu: https://nure.ua/wp-content/uploads/2018/Scientific_editions/novkol_2018_2_10.pdf (data zvernennia: 24.09.2025) {in Ukrainian}

7. Korol O. Osoblyvosti orhanizatsii HIS-pidhotovky v SumDPU imeni A.S. Makarenka. Slobozhanskyi naukovyi visnyk. Seriia: pryrodnychi nauky, vypusk 1, 2023. Rezhym dostupu: https://journals.spu.sumy.ua/index.https://mail.ukr.net/desktop/u0/msglist/draftphp/natural/article/view/22 (data zvernennia: 24.09.2025) {in Ukrainian}

8. Solohub Yu., Bezpaloi O., Kharchenko O. Metodychni aspekty vykladannia dystsyplin na bazi HIS dlia neprofilnykh spetsialnostei. Ekonomika ta suspilstvo Vypusk №58 / 2023 – Rezhym dostupu: https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/3259 (data zvernennia: 25.09.2025) {in Ukrainian}

9. Iliichuk L. Vplyv shtuchnoho intelektu na yakist osvity: mozhlyvosti, vyklyky ta zahrozy. Naukovo-pedahohichni studii: № 8 (2024). – Rezhym dostupu: https://doi.org/10.32405/2663-5739-2028-8-232-248 (data zvernennia: 25.09.2025) {in Ukrainian}

10. Drach I., Petroie O. ta inshi. Vykorystannia shtuchnoho intelektu u vyshchii osviti. Mizhnarodnyi naukovyi zhurnal “Universytety i liderstvo”, 15 (2023). – Rezhym dostupu: https://ul-journal.org/index.php/journal/article/view/213 (data zvernennia: 25.09.2025) {in Ukrainian}

11. Pro vnesennia zmin do deiakykh postanov Kabinetu Ministriv Ukrainy shchodo rozroblennia mistobudivnoi dokumentatsii na mistsevomu rivni. Postanova KMU № 1557 vid 31 hrudnia 2024 r. – Rezhym dostupu: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1557-2024-%D0%BF#n55 (data zvernennia: 25.09.2025) {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2786-7269.2026.17.442-455
УДК 528.8:69.059

Томашевський В.В.,
tomashevskyi_vv-2024@knuba.edu.ua, ORCID: 0009-0000-3866-8821,
к.т.н., доцент **Нестеренко О.В.,**
nesterenko.ov@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0001-6908-5821,
Київський національний університет будівництва і архітектури

СТРАТЕГІЯ БАГАТОСЕНСОРНОГО ЗБОРУ ГЕОПРОСТОРОВИХ ДАНИХ ДЛЯ ОБ'ЄКТІВ ЗІ СКЛАДНИМИ РУЙНУВАННЯМИ

Розглянуто методику комплексного застосування наземного лазерного сканування та цифрової аерофотограмметрії для створення високоточних цифрових двійників об'єктів, що зазнали значних руйнувань. Визначено оптимальні сфери застосування різних типів сканерів, описано методику інтеграції хмар точок та алгоритми створення опорної геодезичної мережі для забезпечення міліметрової точності результатів.

Ключові слова: наземне лазерне сканування; аерофотограмметрія; цифрові двійники; хмара точок; опорна геодезична мережа; об'єкти будівництва.

Постановка проблеми: Сучасний етап розвитку містобудування в Україні характеризується гострою потребою у розробці ефективних методик відновлення житлової та критичної інфраструктури, що зазнала пошкоджень внаслідок збройної агресії. Складність об'єктів із термічними чи механічними руйнуваннями полягає у докорінній зміні їхньої геометричної цілісності, виникненні непередбачуваних деформацій та наявності зон, доступ до яких обмежений або небезпечний для фахівців-дослідників. Традиційні методи інструментального обстеження та класичні геодезичні вимірювання не здатні забезпечити необхідну щільність та повноту геопросторових даних у стислі терміни. При фіксації об'єктів зі складними руйнуваннями виникає низка критичних викликів, серед яких головним є різноманітність руйнувань, що зумовлює хаотичне нагромадження залізобетонних конструкцій та створює численні зони затінення для будь-якого одиничного сенсора. Крім того, існує потреба у забезпеченні нерівномірної точності, що передбачає поєднання субміліметрової деталізації окремих конструктивних елементів із загальною метричною прив'язкою об'єкта до простору міста. Важливим фактором залишаються безпекові обмеження, що унеможливлюють тривале перебування персоналу безпосередньо в зоні обвалів та вимагають впровадження дистанційних методів збору даних. Таким чином, виникає науково-практичне

протиріччя між необхідністю отримання високоточного цифрового двійника об’єкта та обмеженими можливостями окремих технологій дистанційного зондування, що потребує формування нової стратегії багатосенсорного збору даних.

Актуальність теми дослідження полягає у необхідності створення точних тривимірних моделей зруйнованих об’єктів, які є першим і найважливішим етапом технічного обстеження, що передує розробці проєктної документації на відновлення чи демонтаж споруд. Використання багатосенсорного підходу, який поєднує наземне лазерне сканування, аерофотограмметрію та мобільні скануючі системи, дозволяє суттєво мінімізувати час перебування фахівців на небезпечних ділянках. Такий підхід забезпечує вичерпну повноту даних про покрівлі, фасади та внутрішні конструкції в єдиній системі координат, формуючи надійний базис для подальшого моніторингу деформацій у часі. Враховуючи значні масштаби руйнувань у великих промислових та адміністративних центрах, розробка уніфікованої стратегії збору даних стає пріоритетним завданням для сучасної прикладної геодезії та містобудівного планування [1].

Метою даної статті є розробка та теоретичне обґрунтування комплексної стратегії багатосенсорного збору геопросторових даних для об’єктів будівництва зі складними руйнуваннями. Досягнення поставленої мети передбачає проведення порівняльного аналізу ефективності різних типів активних та пасивних сенсорів залежно від морфології руйнувань, визначення математичних принципів інтеграції мультиспектральних даних у єдину хмару точок, а також обґрунтування методики побудови опорної геодезичної мережі, що гарантує міліметрову точність результуючої моделі для потреб інженерного проектування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання впровадження цифрових технологій у містобудування та геодезичний моніторинг активно досліджуються у вітчизняній та світовій науці. Фундаментальні підходи до геодезичного моніторингу висотних та складних будівель, зокрема із застосуванням сучасних інструментальних баз, розкрито у працях науковців КНУБА О.П. Ісаєва та О.В. Адаменка [2]. Сучасні технології моніторингу деформацій територій та споруд за допомогою 3D-сканування ґрунтовно проаналізовані С.Г. Нестеренком та О. . Афанасьєвим, які доводять високу ефективність лазерних систем для фіксації складних геометричних змін [3]. Значний внесок у дослідження специфіки застосування лазерного сканування під час реконструкції та збереження архітектурних об'єктів роблять матеріали інноваційних конференцій КНУБА [4], а також дослідження Н. Солонинки щодо високоточного документування пам'яток без фізичного контакту [5].

Водночас, світовий досвід, узагальнений у роботі Д. Костантіно (D. Costantino) та співавторів, демонструє беззаперечні переваги інтеграції БПЛА-фотограмметрії (алгоритми SfM-MVS) із наземними методами зйомки для подолання проблеми «сліпих зон» на складних об'єктах [6]. Проте, незважаючи на наявні напрацювання, питання забезпечення метрологічної точності при об'єднанні масивів лазерних та фотограмметричних даних саме для об'єктів із хаотичною геометрією руйнувань потребує додаткового комплексного обґрунтування.

Методологія дослідження Методологічна концепція дослідження ґрунтується на принципах системного аналізу просторової інформації та теорії комплексування мультисенсорних даних. З огляду на високу геометричну ентропію зруйнованих об’єктів, базовим підходом обрано просторову інтеграцію різнорідних масивів — активного лазерного зондування та пасивної цифрової фотограмметрії. Такий підхід дозволяє нівелювати індивідуальні апаратні обмеження кожного окремого методу, формуючи єдиний метрично достовірний цифровий простір.

Математичною основою поєднання цих різнорідних хмар точок є методи сумісного просторового трансформування. Оскільки дані з БПЛА та наземних сканерів спочатку існують у різних локальних системах координат та мають різну щільність, їхня інтеграція вимагає багатоетапної обробки. Первинна (груба) реєстрація здійснюється за допомогою афінних перетворень простору на основі спільних маркованих точок (Ground Control Points), що координуються незалежними високоточними геодезичними методами. Для досягнення субміліметрової збіжності поверхонь на фінальному етапі застосовуються ітеративні алгоритми мінімізації відстаней між хмарами точок (зокрема, алгоритм Iterative Closest Point). Цей математичний апарат дозволяє автоматично «втягувати» гнучкіші фотограмметричні моделі в еталонну жорстку систему координат лазерного сканера з постійним контролем рівня середньоквадратичного відхилення, що є критичною вимогою для створення повноцінних цифрових двійників пошкоджених споруд

Виклад основного матеріалу: Створення ефективного цифрового двійника пошкодженої будівлі є багатоетапним процесом, де геоінформаційні методи відіграють ключову роль на стадіях збору, обробки, просторового моделювання та інтеграції даних. Вибір конкретного методу збору первинної інформації залежить від характеру руйнувань об'єкта, необхідної метричної точності, рівня безпеки для персоналу та критичності термінів виконання робіт.

Базовим інструментом для отримання високоточної просторової інформації є наземне лазерне сканування (Terrestrial Laser Scanning, TLS). Принцип його дії полягає у вимірюванні відстаней до мільйонів точок на

поверхнях об'єкта за допомогою лазерного випромінювання з одночасною фіксацією їхніх тривимірних координат (X, Y, Z) та інтенсивності відбитого сигналу. Сучасні фазові та імпульсні системи здатні генерувати до двох мільйонів точок за секунду з міліметровою точністю, що є вкрай важливим для детального документування вцілілих фасадів, інтер'єрів та деформованих інженерних мереж [7]. Процес зйомки передбачає встановлення приладу на декількох позиціях (станціях) для забезпечення максимального охоплення об'єкта. Отримані окремі скани згодом об'єднуються в єдину систему координат за допомогою спеціальних маркерів або шляхом автоматичного зіставлення перекривних ділянок на основі алгоритму ітеративної найближчої точки (Iterative Closest Point, ICP) (рис. 1). Попри високу щільність даних і безконтактність, застосування TLS на зруйнованих об'єктах ускладнюється наявністю значної кількості «тіньових» зон, утворених хаотичними завалами, а також високою вартістю апаратного забезпечення.

Рис. 1. Наземне лазерне сканування (TLS)

Для оперативного сканування значних площ руйнувань та великих промислових майданчиків доцільним є застосування мобільного лазерного сканування (Mobile Laser Scanning, MLS). У таких комплексах лазерні сенсори, камери та інерціальна навігаційна система (IMU) з GNSS-приймачем встановлюються на рухому платформу, автомобіль або інтегруються у портативний рюкзак (рис. 2). Це дозволяє фахівцям швидко переміщуватися

заваленими приміщеннями, збираючи просторові дані в русі [8]. Головною перевагою методу є надзвичайно висока швидкість зйомки та ефективність роботи у складнодоступних місцях. Однак мобільні системи характеризуються дещо нижчою точністю порівняно зі стаціонарними сканерами, а їхня метрична надійність залежить від якості сигналу супутникових систем (GNSS), що часто стає проблемою всередині будівель або в умовах щільної міської забудови.

Рис. 2. Мобільне лазерне сканування (MLS)

Окремим і незамінним інструментом збору даних в умовах небезпеки є цифрова фотограмметрія з використанням безпілотних літальних апаратів (БПЛА). Метод базується на алгоритмах Structure from Motion (SfM) та Multi-View Stereo (MVS), які реконструюють щільну хмару точок та 3D-сітку (mesh) [9] на основі серії цифрових фотографій, зроблених з різних ракурсів із високим ступенем перекриття (рис. 3). Аерофотозйомка є критично необхідною для документування аварійних дахів, верхніх ярусів фасадів та загального стану прилеглої території [10]. Фотограмметрія вигідно відрізняється здатністю генерувати моделі з фотореалістичною текстурою, що полегшує візуальну ідентифікацію пошкоджень. Водночас точність цього методу суттєво залежить від умов освітлення, наявності чітких текстур на поверхнях (складність обробки однорідних або блікуваних матеріалів) та вимагає потужних обчислювальних ресурсів.

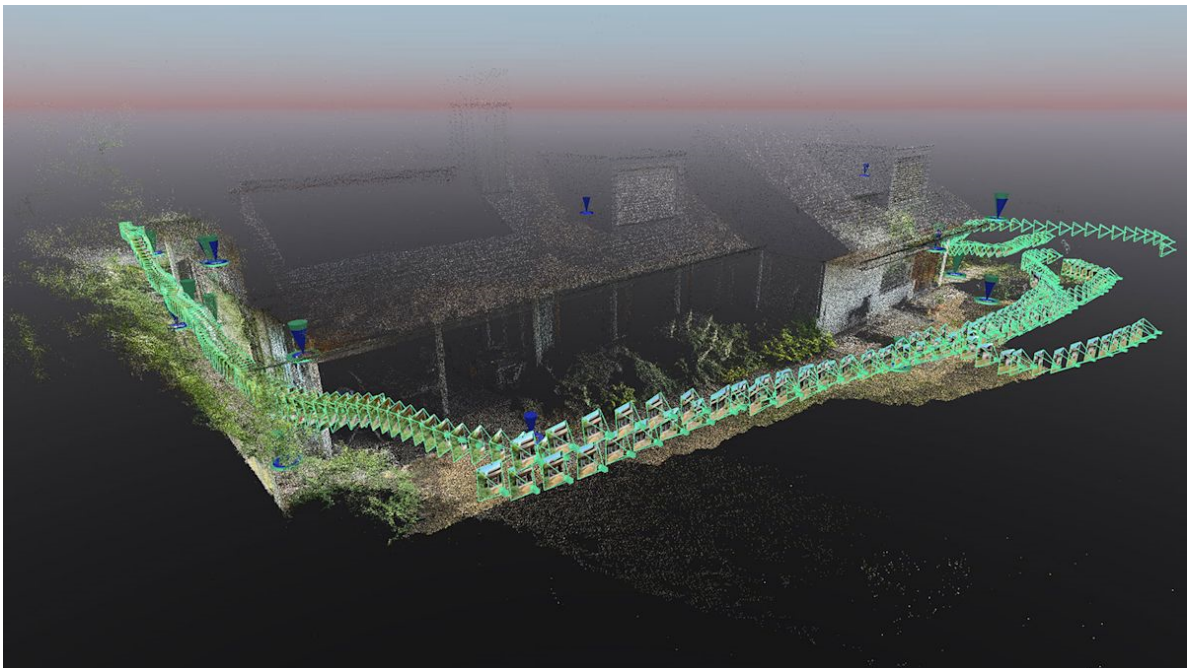


Рис. 3. Аерофотозйомка з БПЛА для моделювання покрівель

З огляду на описані переваги та недоліки, стає очевидним, що жоден з методів поодинці не здатний забезпечити повноцінну фіксацію об'єкта зі складними руйнуваннями. Саме тому ключовим рішенням є впровадження гібридних підходів: сувора геометрія несучих конструкцій фіксується лазерним скануванням, а текстурування та покриття «сліпих зон» на висоті забезпечується фотограмметрією з БПЛА.

Процес об'єднання просторових даних, отриманих з безпілотних літальних апаратів та наземних лазерних сканерів, є одним із найскладніших етапів створення цифрового двійника зруйнованої будівлі. Головна проблема полягає у тому, що первинні масиви інформації мають різну щільність точок, різну інструментальну точність та генеруються у незалежних локальних або глобальних системах координат. Метою інтеграції є формування єдиної, безшовної та метрично достовірної тривимірної моделі, яка б поєднувала жорстку геометрію лазерного сканування з високоякісним радіометричним (текстурним) покриттям фотограмметрії. З огляду на геометричну хаотичність об'єктів зі складними руйнуваннями, цей процес вимагає суворого математичного підходу та багатоетапної обробки [6].

На першому етапі здійснюється попередня підготовка даних. Масив цифрових знімків з БПЛА обробляється за допомогою алгоритмів Structure from Motion (SfM) для отримання щільної фотограмметричної хмари точок. Водночас окремі станції наземного сканування попередньо «зшиваються» між собою у єдиний блок. Далі виконується процедура грубої реєстрації (Coarse Registration), яка полягає у приведенні обох масивів до спільної просторової бази. Для цього на етапі польових робіт на об'єкті закладаються спільні

контрольні точки (Ground Control Points — GCP) у вигляді спеціальних марок або сфер, які мають високу контрастність та безпомилково розпізнаються як сканером, так і на аерознімках. Математично перехід від системи координат БПЛА до системи координат наземного сканера (або до єдиної державної системи) описується просторовим перетворенням Гельмерта [11] Це перетворення враховує масштабний коефіцієнт, просторовий поворот та лінійне зміщення, що можна виразити наступним матричним рівнянням:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ X \end{bmatrix}_{TLS} = s * R * \begin{bmatrix} X \\ Y \\ X \end{bmatrix}_{UAV} + \begin{bmatrix} T_x \\ T_Y \\ T_Z \end{bmatrix}, \quad (1)$$

де s — масштабний коефіцієнт (для лазерних та SfM-даних він зазвичай наближається до одиниці, якщо фотограмметрична модель попередньо масштабована), R — ортогональна матриця повороту *3x3*, а T — вектор трансляції (зміщення) по осях координат простору.

Після грубого суміщення хмар точок за маркерними цілями настає критично важливий етап точної реєстрації (Fine Registration). Оскільки на об'єктах зі значними руйнуваннями маркерні цілі часто можуть бути зміщені або перекриті уламками конструкцій, виключно маркерного суміщення недостатньо для досягнення міліметрової точності. Тому для остаточного зшивання застосовується алгоритм ітеративної найближчої точки (Iterative Closest Point, ICP). Суть методу полягає у циклічному пошуку найближчих сусідніх точок у перекривних ділянках двох хмар (наприклад, на вцілілих фрагментах фасадів, які були зафіксовані як сканером, так і дроном) та мінімізації суми квадратів відстаней між цими парами. Алгоритм автоматично коригує матрицю повороту та вектор трансляції доти, доки середньоквадратичне відхилення (RMS) не досягне заданого мінімуму [12].

На завершальному етапі інтеграції відбувається фільтрація надлишкових даних та колоризація. Оскільки у зонах перекриття утворюється подвійна щільність точок, програмне забезпечення аналізує масив та видаляє точки з вищим рівнем просторового шуму (зазвичай це точки, отримані з БПЛА на вертикальних площинах, або точки лазерного сканера на значних відстанях з гострим кутом падіння променя). Фінальна хмара точок успадковує міліметрову геометрію несучих елементів від наземного сканування та доповнюється деталізованою геометрією покрівлі й повноколірною RGB-текстурою (кольором) від аерознімків. Такий синергетичний результат є ідеальною основою для подальшого інформаційного моделювання будівлі (BIM) та оцінки її технічного стану.

Створення високоточного цифрового двійника об’єкта зі складними руйнуваннями неможливе без формування надійної геометричної основи, якою виступає опорна геодезична мережа. В умовах хаотичного нагромадження будівельних конструкцій, нестабільності ґрунтів у зонах вибухів та відсутності прямих ліній видимості між різними частинами споруди, звичайне «вільне» зшивання хмар точок (за принципом cloud-to-cloud) неминуче призводить до критичного накопичення просторових похибок. Для уникнення деформації кінцевої 3D-моделі застосовується класичний підхід до побудови геодезичної основи, що адаптується під специфічні умови зруйнованого майданчика [13].

Формування мережі розпочинається зі створення зовнішнього контуру та його суворої просторової прив'язки до Державної геодезичної мережі України (УСК-2000) або визначеної місцевої системи координат. Для цього на безпечній відстані від зони можливого обвалу закладаються від трьох до п'яти базових пунктів, координати яких визначаються за допомогою багаточастотних GNSS-приймачів. Спостереження виконуються у статичному режимі з тривалістю сесій, достатньою для досягнення субсантиметрової точності. Такий глобальний каркас забезпечує правильну орієнтацію майбутнього цифрового двійника у геоінформаційному просторі міста (CIM) та дозволяє коректно аналізувати осідання чи крени вцілілих частин будівлі відносно їхнього початкового проєктного положення [14].

Від базових GNSS-пунктів розвивається внутрішня робоча основа безпосередньо навколо та, за можливості, всередині пошкодженої споруди. Цей етап реалізується із застосуванням високоточних роботизованих електронних тахеометрів, що мають кутову точність не гірше 1" та лінійну похибку вимірювання відстаней на рівні 1 мм + 1 ppm. Оскільки традиційні місця закріплення геодезичних знаків можуть бути зруйновані або знаходитися під загрозою обвалу, спеціальні контрастні мішені (Ground Control Points) та скануючі сфери фіксуються виключно на стабільних, недеформованих елементах конструкцій — вцілілих колонах, пілонах, фундаментах або на елементах сусідніх неушкоджених будівель. Важливим методологічним правилом є забезпечення видимості кожної мішені мінімум з трьох різних станцій тахеометричного ходу та щонайменше з двох позицій наземного лазерного сканера [13].

Для забезпечення заявленої міліметрової точності інтеграції мультисенсорних даних усі виміри кутів та відстаней підлягають строгому математичному урівнюванню за методом найменших квадратів. Оцінка точності планового та висотного положення пунктів мережі обчислюється через середньоквадратичне відхилення. Математично сумарна похибка просторового положення пункту *M* визначається за формулою:

$$M = \sqrt{m_x^2 + m_y^2 + m_z^2}\,, \qquad (2)$$

де m_x^2, m_y^2, m_z^2 — середньоквадратичні похибки визначення координат по відповідних просторових осях [15].

Для об'єктів зі складними руйнуваннями, результати зйомки яких слугуватимуть вихідними даними для інженерних розрахунків на міцність та проєктування підсилюючих конструкцій, допустима величина M після урівнювання мережі не повинна перевищувати 2–3 міліметрів. Завдяки такому жорсткому інструментальному та математичному контролю повністю нівелюється ефект деформації масштабного коефіцієнта при поєднанні десятків станцій лазерного сканування та тисяч фотограмметричних знімків з БПЛА.

Результати дослідження: Впровадження розробленої стратегії багатосенсорного збору даних на практиці дозволяє суттєво оптимізувати процес технічного обстеження об'єктів зі складними руйнуваннями та перевести його у повністю цифрову площину. Головним результатом застосування гібридного підходу є формування повноцінного цифрового двійника споруди, який не містить інформаційних прогалин (так званих «сліпих зон») завдяки поєднанню наземного лазерного сканування та цифрової аерофотограмметрії. З геометричної точки зору, отримана інтегрована 3D-модель характеризується гетерогенною щільністю, де критично важливі вузли мають субміліметрову деталізацію, а загальні масиви завалів та покрівлі — сантиметрову, що є оптимальним балансом між точністю та обсягом комп'ютерних даних (розміром файлів).

Запропонована математична модель урівнювання опорної геодезичної мережі підтверджує свою ефективність на етапі просторового зшивання масивів точок. Завдяки використанню глобальної GNSS-прив'язки та високоточної тахеометрії, середньоквадратичне відхилення інтегрованої моделі вдається утримати в межах 2–3 міліметрів. Це дає змогу інженерам-проєктувальникам використовувати отримані геопросторові дані як надійну підоснову для виконання статичних і динамічних розрахунків залишкової несучої здатності пошкоджених конструкцій. Крім того, наявність фотореалістичної текстури, накладеної на міліметрову геометрію, дозволяє проводити дистанційну візуальну дефектоскопію: класифікувати типи тріщин, визначати зони термічного пошкодження бетону (після пожеж) та виявляти оголену арматуру без необхідності фізичного доступу експертів до аварійних ділянок.

Важливим практичним результатом застосування багатосенсорної стратегії є різке підвищення рівня безпеки інженерного персоналу. Використання БПЛА для зйомки верхніх ярусів та мобільних SLAM-сканерів для швидкого проходження завалених коридорів скорочує час перебування

спеціалістів у небезпечних зонах порівняно з традиційними методами обстеження. Таким чином, результати дослідження доводять, що інтеграція активних і пасивних сенсорів на базі жорсткої геодезичної основи є найбільш раціональним шляхом для збору вихідних даних у процесі підготовки проєктів комплексного відновлення або безпечного демонтажу зруйнованих об'єктів інфраструктури.

Висновки. У статті розроблено та теоретично обґрунтовано комплексну стратегію багатосенсорного збору геопросторових даних для будівель і споруд, що зазнали складних руйнувань. Доведено, що традиційні монотехнологічні підходи не здатні забезпечити необхідну повноту та точність інформації через складну геометричну морфологію завалів. Запропонована методика інтеграції наземного лазерного сканування та цифрової аерофотограмметрії за допомогою спільних контрольних точок та алгоритмів просторової реєстрації (ICP) дозволяє створювати високоточні, повноколірні та метрично достовірні цифрові двійники об'єктів. Математично обґрунтовано необхідність розгортання ієрархічної опорної геодезичної мережі (GNSS та високоточна тахеометрія), що виступає єдиним інструментом утримання глобальної просторової похибки в межах 2–3 міліметрів.

Список джерел

1. Програма комплексного відновлення території територіальної громади (її частини): наказ Міністерства розвитку громад та територій України від 21.12.2021 № 340. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1681-21#Text.

2. Ісаєв О.П., Адаменко О.В. До питання про геодезичний моніторинг висотних будівель і споруд. Київ: КНУБА. URL: https://repositary.knuba.edu.ua/server/api/core/bitstreams/54c8ced9-b65a-43e4-9e48-0ea6e0d42a5f/content.

3. Нестеренко С.Г., Афанасьєв О.В. Технології геодезичного моніторингу територій, будівель і споруд // Матеріали конференції. Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2024. URL: http://eprints.kname.edu.ua/66584/1/2024%20164%D0%9B%20%D1%80%D0%B5%D0%BF%D0%BE%D0%B7%20%D0%9D%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%BA%D0%BE%20%D0%A1.%20%D0%93.%2C%20%D0%90%D1%84%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D1%81%D1%8C%D1%94%D0%B2%20%D0%9E.%20%D0%92.pdf.

4. Застосування лазерного сканування для моніторингу стану будівель та споруд при реконструкції // VII International Scientific and Practical Conference Transfer of Innovative Technologies. Київ: КНУБА, 2021. URL: http://tit.knuba.edu.ua/article/download/237332/235977/543856.

5. Солонинка Н. Застосування лазерного сканування для збереження архітектурних пам'яток. Тернопіль: ЗУНУ, 2023. URL:

https://dspace.wunu.edu.ua/bitstream/316497/54689/1/%D0%A1%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BD%D0%BA%D0%B0.pdf.

6. Costantino D., Pepe M., Restuccia A. UAV platforms and the SfM-MVS approach in the 3D surveys and modelling: a review in the cultural heritage field // Applied Sciences. 2022. Vol. 12, No. 24. P. 12886. DOI: https://doi.org/10.3390/app122412886.

7. Airborne and terrestrial laser scanning / ed. by G. Vosselman, H. G. Maas. Boca Raton: CRC Press, 2010. URL: https://scholar.google.com/scholar?q=Airborne+and+terrestrial+laser+scanning+Vosselman+Maas.

8. Puente I., González-Jorge H., Martínez-Sánchez J., Arias P. Review of mobile mapping and surveying based on terrestrial laser scanning // Sensors. 2013. Vol. 13, No. 11. P. 14623–14649. DOI: https://doi.org/10.1016/j.measurement.2013.03.006.

9. Nex F., Remondino F. UAV for 3D mapping applications: a review // Applied Geomatics. 2014. Vol. 6, No. 1. P. 1–15. DOI: https://doi.org/10.1007/s12518-013-0120-x.

10. Alshawabkeh Y., Baik A., Remondino F. Integration of photogrammetry and laser scanning for heritage documentation // ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. 2017. Vol. IV-2/W2. P. 11–18. DOI: https://doi.org/10.1186/s40494-023-00997-2.

11. Luhmann T., Robson S., Kyle S., Boehm J. Close-range photogrammetry and 3D imaging. 3rd ed. Berlin: De Gruyter, 2019. 640 p. DOI: https://doi.org/10.1515/9783110607253.

12. Bouziani M., Chaaba H., Ettarid M. Evaluation of 3D building model using terrestrial laser scanning and drone photogrammetry // The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. 2021. Vol. XLVI-4/W4-2021. P. 39–42. DOI: https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVI-4-W4-2021-39-2021.

13. Cui H., Wu J. How architectural heritage is moving to smart: a systematic review of HBIM // *Buildings*. 2025. Vol. 15, No. 15. Art. 2664. DOI: https://doi.org/10.3390/buildings15152664.

14. Sanz-Ablanedo E., Chandler J. H., Rodríguez-Pérez J. R., Ordóñez C. Accuracy of unmanned aerial vehicle (UAV) and SfM photogrammetry survey as a function of the number and location of ground control points used // Remote Sensing. 2018. Vol. 10, No. 10. P. 1606. DOI: https://doi.org/10.3390/rs10101606

15. Wu C., Yuan Y., Tang Y., Tian B. Application of terrestrial laser scanning (TLS) in the architecture, engineering and construction (AEC) industry // Sensors. 2022. Vol. 22, No. 1. P. 265. DOI: https://doi.org/10.3390/s22010265.

16. Raza M. BIM for existing buildings: a study of terrestrial laser scanning and conventional measurement technique. Helsinki: Metropolia University of Applied Sciences, 2017. 67 p. URL: https://www.theseus.fi/handle/10024/134598.

Ibrahim A., Afonja Y., Omale D. et al. Assessment of unmanned aerial vehicle versus terrestrial method of topographic surveying // Environmental Technology and Science Journal. 2025. Vol. 16, No. 1. P. 89–101. DOI: https://doi.org/10.4314/etsj.v16i1.9.

PhD student **Tomashevskyi Vladyslav,**
PhD in Engineering, Associate Professor **Nesterenko Olena,**
Kyiv National University of Construction and Architecture

STRATEGY OF MULTI-SENSOR GEOSPATIAL DATA COLLECTION FOR OBJECTS WITH COMPLEX DESTRUCTION

The article scientifically substantiates a strategy for the integrated application of remote sensing methods to create high-precision digital twins of buildings and structures that have sustained significant mechanical and thermal damage. The relevance of the study is driven by the urgent need to develop effective methodologies for restoring residential and critical infrastructure in Ukraine, where traditional instrumental survey methods fail to provide the necessary data completeness within tight deadlines. The problem of numerous "shadow" zones arising during the documentation of objects with chaotic destruction geometry is considered, necessitating a multi-sensor approach. The purpose of the work is to theoretically substantiate a methodology for integrating terrestrial laser scanning (TLS) and digital aerial photogrammetry data into a single coordinate system to ensure millimeter-level precision. The methodological framework of the research is based on the principles of systemic spatial information analysis, Iterative Closest Point (ICP) algorithms for sub-millimeter surface convergence, and Helmert spatial transformation methods. A comparative analysis of the effectiveness of various active and passive sensors depending on the morphology of destruction was conducted, allowing for the determination of optimal capture parameters for different structural elements. Particular attention is paid to the construction of a reference geodetic network using GNSS technologies in static mode and high-precision robotic total stations, which serves as a guarantor of the model's metric reliability. As a result of the study, it is proven that the proposed hybrid strategy maintains the root-mean-square error of the integrated model within 2–3 millimeters, which is critical for subsequent engineering calculations of load-bearing capacity. The resulting digital model is characterized by photorealistic texturing, enabling remote visual defectoscopy and crack classification without risks to experts' lives. The implementation of this strategy ensures the continuity of deformation process monitoring over time, forming a reliable information base for expert assessment of object conditions. The practical significance of the work lies in optimizing technical survey processes and creating a robust basis for further BIM-designing of the restoration of destroyed objects.

Keywords: terrestrial laser scanning; aerial photogrammetry; digital twins; point cloud; geodetic control network; construction objects.

REFERENCES

1. Ministry of Communities and Territories Development of Ukraine. (2021). Prohrama kompleksnoho vidnovlennia terytorii terytorialnoi hromady (ii chastyny) [Program for comprehensive recovery of the territory of the territorial community (its part)] (Order No. 340, December 21, 2021). https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1681-21#Text {in Ukrainian}.

2. Isaiev, O.P., & Adamenko, O.V. (n.d.). Do pytannia pro heodezychnyi monitorynh vysotnykh budivel i sporud [On the issue of geodetic monitoring of high-rise buildings and structures]. Kyiv National University of Construction and Architecture. https://repositary.knuba.edu.ua/server/api/core/bitstreams/54c8ced9-b65a-43e4-9e48-0ea6e0d42a5f/content. {in Ukrainian}.

3. Nesterenko, S.H., & Afanasiev, O.V. (2024). Tekhnolohii heodezychnoho monitorynhu terytorii, budivel i sporud [Technologies of geodetic monitoring of territories, buildings and structures]. In *Materialy konferentsii* [Conference Proceedings]. O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv. http://eprints.kname.edu.ua/66584/1/2024%20164%D0%9B%20%D1%80%D0%B5%D0%BF%D0%BE%D0%B7%20%D0%9D%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%BA%D0%BE%20%D0%A1.%20%D0%93.%2C%20%D0%90%D1%84%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D1%81%D1%8C%D1%94%D0%B2%20%D0%9E.%20%D0%92.pdf {in Ukrainian}.

4. Kyiv National University of Construction and Architecture. (2021). Zastosuvannia lazernoho skanuvannia dlya monitorynhu stanu budivel ta sporud pry rekonstruktsii [Application of laser scanning for monitoring the condition of buildings and structures during reconstruction]. In VII International Scientific and Practical Conference Transfer of Innovative Technologies. http://tit.knuba.edu.ua/article/download/237332/235977/543856 {in Ukrainian}.

5. Solonynka, N. (2023). Zastosuvannia lazernoho skanuvannia dlya zberezhennia arkhitekturnykh pamiatok [Application of laser scanning for the preservation of architectural monuments]. West Ukrainian National University. https://dspace.wunu.edu.ua/bitstream/316497/54689/1/%D0%A1%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BD%D0%BA%D0%B0.pdf. {in Ukrainian}.

6. Costantino, D., Pepe, M., & Restuccia, A. (2022). UAV platforms and the SfM-MVS approach in the 3D surveys and modelling: A review in the cultural heritage field. Applied Sciences, 12(24), 12886. https://doi.org/10.3390/app122412886. {in English}.

7. Vosselman, G., & Maas, H.G. (Eds.). (2010). Airborne and terrestrial laser scanning. CRC Press. https://scholar.google.com/scholar?q=Airborne+and+terrestrial+laser+scanning+Vosselman+Maas. {in English}.

8. Puente, I., González-Jorge, H., Martínez-Sánchez, J., & Arias, P. (2013). Review of mobile mapping and surveying based on terrestrial laser scanning. Sensors, 13(11), 14623–14649. https://doi.org/10.1016/j.measurement.2013.03.006. {in English}.

9. Nex, F., & Remondino, F. (2014). UAV for 3D mapping applications: A review. Applied Geomatics, 6(1), 1–15. https://doi.org/10.1007/s12518-013-0120-x. {in English}.

10. Alshawabkeh, Y., Baik, A., & Remondino, F. (2017). Integration of photogrammetry and laser scanning for heritage documentation. ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, IV-2/W2, 11–18. https://doi.org/10.1186/s40494-023-00997-2. {in English}.

11. Luhmann, T., Robson, S., Kyle, S., & Boehm, J. (2019). Close-range photogrammetry and 3D imaging (3rd ed.). De Gruyter. https://doi.org/10.1515/9783110607253. {in English}.

12. Bouziani, M., Chaaba, H., & Ettarid, M. (2021). Evaluation of 3D building model using terrestrial laser scanning and drone photogrammetry. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLVI-4/W4-2021, 39–42. https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVI-4-W4-2021-39-2021 . {in English}.

13. Cui, H., & Wu, J. (2025). How architectural heritage is moving to smart: A systematic review of HBIM. Buildings, 15(15), Article 2664. https://doi.org/10.3390/buildings15152664/{in English}.

14. Sanz-Ablanedo, E., Chandler, J. H., Rodríguez-Pérez, J. R., & Ordóñez, C. (2018). Accuracy of unmanned aerial vehicle (UAV) and SfM photogrammetry survey as a function of the number and location of ground control points used. Remote Sensing, 10(10), 1606. https://doi.org/10.3390/rs10101606. {in English}.

15. Wu, C., Yuan, Y., Tang, Y., & Tian, B. (2022). Application of terrestrial laser scanning (TLS) in the architecture, engineering and construction (AEC) industry. Sensors, 22(1), 265. https://doi.org/10.3390/s22010265. {in English}.

16. Raza, M. (2017). BIM for existing buildings: A study of terrestrial laser scanning and conventional measurement technique. Metropolia University of Applied Sciences. https://www.theseus.fi/handle/10024/134598. {in English}.

17. Ibrahim, A., Afonja, Y., Omale, D., et al. (2025). Assessment of unmanned aerial vehicle versus terrestrial method of topographic surveying. Environmental Technology and Science Journal, 16(1), 89–101. https://doi.org/10.4314/etsj.v16i1.9. {in English}.

DOI: 10.32347/2786-7269.2026.17.456-468
УДК 005.52:004.9:658.012.32
Вовкович Ю.В.,
Vovkovich79@gmail.com, ORCID: 0009-0004-4446-0102,
Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ

ФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНОЇ ПІДТРИМКИ УПРАВЛІННЯ ЗА ВІДХИЛЕННЯМИ

Сучасне будівельне підприємство функціонує в умовах високої мінливості зовнішнього середовища, зростання складності виробничих процесів і посилення взаємозалежності ресурсних, фінансових, логістичних та технологічних потоків. За таких умов традиційні підходи до управління відхиленнями, що базуються на фрагментарному аналізі окремих показників, виявляються недостатньо ефективними. Формування системи інформаційно-аналітичної підтримки управління за відхиленнями розглядається як ключова умова забезпечення операційної стійкості та адаптивності будівельного підприємства.

Концептуальна модель системи ґрунтується на інтеграції п'яти взаємопов'язаних контурів: ресурсного, фінансового, логістичного, технологічного та організаційно-управлінського. Їх об'єднання у єдину аналітичну архітектуру дозволяє враховувати крос-факторні та каскадні ефекти, що виникають у процесі реалізації будівельних проєктів. Запропоновано модифікований підхід до визначення інтегрального рівня операційного відхилення з урахуванням вагових коефіцієнтів значущості та міжконтурної чутливості, що забезпечує оцінювання не лише локальних, а й мультиплікативних наслідків відхилень.

Ключові слова: управління за відхиленнями; інформаційно-аналітична система; інтегровані контури; алгоритмічні моделі реагування; прогнозні моделі; цифрова інтеграція; адаптивне управління; будівельне підприємство.

Постановка проблеми: Будівельні підприємства характеризуються високим рівнем операційної складності, багатофакторністю впливів і значною чутливістю до змін зовнішнього середовища. У таких умовах навіть незначні відхилення у ресурсному забезпеченні, фінансуванні чи логістиці здатні спричинити каскадні порушення технологічних циклів і строків виконання робіт. Традиційні системи контролю орієнтовані переважно на фіксацію фактів відхилень постфактум і не враховують їх міжконтурну взаємозалежність.

Проблема полягає у відсутності інтегрованої інформаційно-аналітичної системи, здатної забезпечити комплексну діагностику, прогнозування та

алгоритмізоване реагування на відхилення з урахуванням їх мультиплікативного впливу. Недостатня цифрова інтеграція даних, ізольованість підсистем і відсутність механізмів раннього попередження знижують ефективність управлінських рішень та підвищують ризик дестабілізації операційної діяльності.

Метою є теоретичне обґрунтування та розроблення концептуальної моделі формування системи інформаційно-аналітичної підтримки управління за відхиленнями у будівельному підприємстві на основі інтеграції функціональних контурів, алгоритмічних механізмів реагування та прогнозних моделей раннього попередження. Досягнення цієї мети передбачає удосконалення інструментарію оцінювання інтегральних відхилень, розроблення алгоритмів адаптивної стабілізації та обґрунтування цифрової архітектури системи, що забезпечує перехід до проактивного управління.

Аналіз останніх досліджень і публікацій: Проблематика управління відхиленнями та формування інформаційно-аналітичних систем активно розглядається у працях, присвячених стратегічному менеджменту, організації виробництва та цифровізації управління. У наукових дослідженнях з питань розвитку підприємств акцентується увага на необхідності інтеграції аналітичних інструментів у систему прийняття рішень. Зокрема, підкреслюється значення стратегічного аналізу та сценарного прогнозування як основи адаптивного управління. Окремі праці присвячені організації виробничих процесів і оптимізації ресурсного забезпечення, де розглядаються методи балансування потужностей та управління графіками. Разом із тим більшість досліджень обмежується аналізом окремих функціональних підсистем без урахування їх інтеграції у єдину цифрову архітектуру.

Виклад основного матеріалу: Побудова сучасної системи інформаційно-аналітичної підтримки управління за відхиленнями у будівельному підприємстві передбачає створення цілісної інтегрованої структури, яка охоплює всі ключові підсистеми діяльності. Вона має виконувати не лише функцію моніторингу, але й забезпечувати повноцінну діагностику, прогнозування та підготовку управлінських рішень у режимі реального часу.

Основна проблема традиційних моделей полягала в ізольованості аналізу. Ресурси, фінанси, логістика та технології розглядалися окремо, що призводило до фрагментарності рішень. Це, у свою чергу, зумовлювало ситуацію, коли управлінські заходи, спрямовані на стабілізацію одного блоку, посилювали дисбаланс в іншому. Новітній підхід до організаційно-інформаційних контурів полягає в їхній інтеграції та побудові єдиної системи, що дозволяє виявляти й аналізувати крос-факторні ефекти.

У контексті ресурсного контуру завдання полягає не лише у визначенні відповідності між плановими та фактичними обсягами матеріалів чи техніки, а й у вимірюванні їхнього впливу на логістику та технологічні цикли. Якщо підприємство стикається з нестачею певного матеріалу, це відхилення не можна розглядати ізольовано — воно впливає на строки постачання, змінює завантаженість техніки, створює каскадні ефекти у виробничому графіку.

Фінансовий контур у новій аналітичній моделі також зазнає суттєвих інновацій. Його завдання полягає у відображенні не тільки касових розривів чи перевищень бюджету, а й у врахуванні їхнього впливу на інші блоки.

Логістичний контур у будівельних підприємствах завжди був одним із найскладніших для контролю. Його ефективність залежить від роботи постачальників, складів, транспорту, підрядників і навіть погодних умов. У класичних моделях аналіз логістики обмежувався контролем графіків.

Технологічний контур відповідає за ритмічність виконання будівельних операцій. Його ключовим показником є синхронізація виробничих циклів. Однак у реальності технологічні відхилення рідко є ізольованими.

Організаційно-управлінський контур виступає ядром системи. Він не створює відхилень напряму, але визначає, як швидко та ефективно вони будуть ідентифіковані, спрогнозовані й усунуті. У цьому контурі формується цикл управлінських рішень: моніторинг → діагностика → прогнозування → вибір сценарію реагування → реалізація → оцінка ефекту. Саме тут інформаційна система трансформується у механізм адаптивного управління.

Щоб формалізувати взаємодію контурів, доцільно удосконалити одну з базових формул. Інтегральна функція рівня операційного відхилення, формула 1, набуває нового вигляду:

$$OD^*(t) = \sum_{i=1}^{n} w_i \times \frac{|x_i^f(t) - x_i^p(t)|}{x_i^p(t)} \times k_i, \quad (1)$$

де $OD^*(t)$ — інтегральний рівень відхилення з урахуванням взаємозалежностей; $X_i^f(t)$ — фактичне значення параметра у момент часу t; $X_i^p(t)$ — планове значення; w_i — ваговий коефіцієнт значущості; k_i — коефіцієнт міжконтурної чутливості.

Ця модифікація є інноваційною, адже дозволяє врахувати каскадні ефекти. Якщо відхилення в одному контурі спричиняє значний вплив на інші, коефіцієнт k_i підвищує його вагу. Таким чином, система оцінює не лише локальні відхилення, а й їхні мультиплікативні наслідки.

Інформаційно-аналітична підтримка повинна працювати у двох режимах: оперативному та стратегічному. В оперативному режимі відхилення

фіксуються й одразу ж аналізуються через призму їхнього впливу на інші контури. Це дозволяє запускати корекційні заходи ще до того, як відхилення набуде критичного масштабу. У стратегічному режимі система акумулює дані про відхилення за тривалий період, формує прогнози та сценарії розвитку, що дозволяє керівництву планувати ресурси й будувати політику ризик-менеджменту.

Важливим інноваційним аспектом є використання цифрових технологій. Система інформаційно-аналітичної підтримки інтегрується з ERP-рішеннями, BIM-моделями, системами трекінгу логістики та фінансовими модулями. Це перетворює її на «цифровий близнюк» операційної системи, який у режимі реального часу відображає відхилення та пропонує управлінські сценарії. У результаті керівництво отримує не лише інформацію, а й готові аналітичні інструменти для прийняття рішень.

Фактично, організаційно-інформаційні контури нової моделі створюють багаторівневу аналітичну архітектуру. Формування системи інформаційно-аналітичної підтримки управління відхиленнями потребує візуалізації ключових елементів і зв'язків між ними. Рисунок 1 відображає, як дані з різних контурів підприємства трансформуються у структурований процес аналізу, прогнозування та ухвалення організаційно-управлінських рішень. Це дозволяє зрозуміти логіку роботи моделі та побачити точки, де коригувальні впливи забезпечують відновлення операційної стійкості.

Для переходу від інтегрованої архітектури контурів до практичної реалізації управління логічно перейти від «що і як вимірюємо» до «як саме діємо».

В умовах постійної зміни зовнішнього середовища та внутрішніх виробничих факторів навіть незначні відхилення можуть призвести до лавиноподібного накопичення дестабілізації.

Головна ідея алгоритмічного реагування полягає у перетворенні масиву аналітичних даних на конкретні дії. Якщо система діагностики і прогнозування показує, що певний параметр відхиляється від норми, завдання алгоритмічної моделі полягає у виборі найоптимальнішого сценарію відновлення рівноваги.

Однією з ключових інновацій є ускладнення моделі оптимізації виробничих графіків. Базові підходи розглядали відхилення як суму різниць між початковими та скоригованими строками. Нова модель враховує вагу кожної операції залежно від її впливу на загальний критичний шлях проєкту. Для цього формується удосконалена функція оптимізації:

$$OD^*(t) = \sum_{i=1}^{n} c_i \times \frac{\left|T_i^{new}(t) - T_i^{plan}(t)\right|}{T_i^{plan}(t)}, \qquad (2)$$

де OD*— інтегральний показник відхилення оновленого графіка від планового, T_i^{new} — нова тривалість і-ї операції, T_i^{plan} — початково запланована тривалість, c_i — коефіцієнт критичності операції у структурі проєкту.

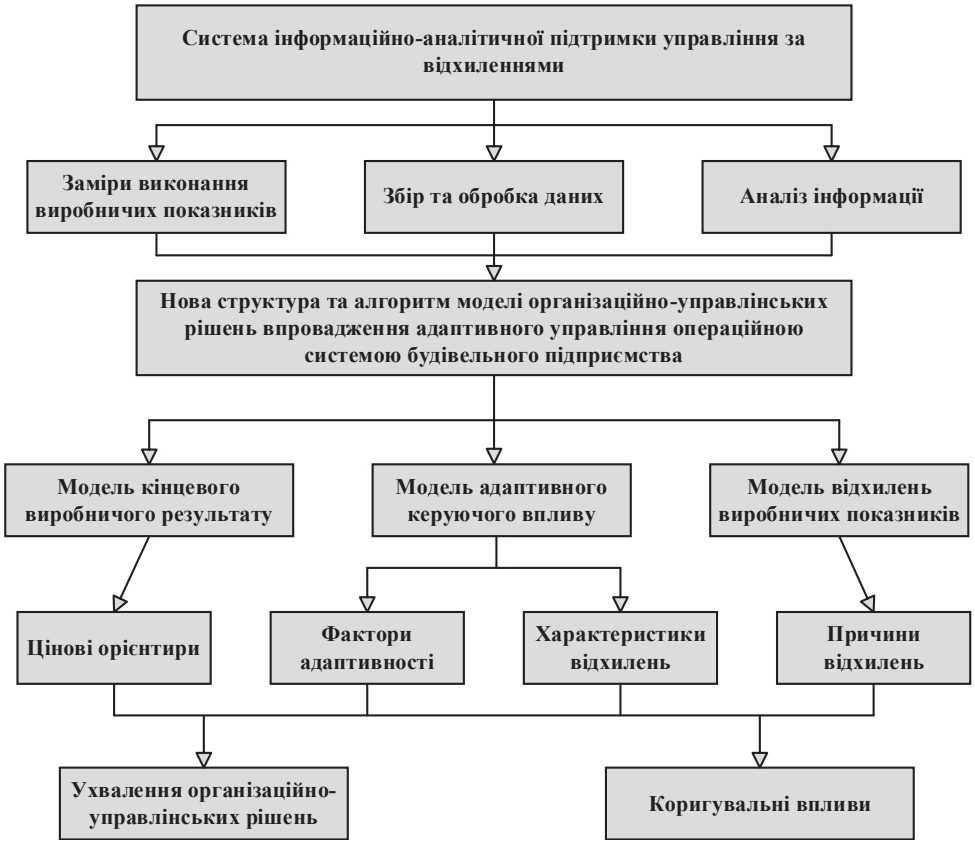


Рис. 1. Інтегрована модель контурів інформаційно-аналітичної підтримки управління відхиленнями будівельного підприємства *(розроблено автором на основі [1])*

У цій формулі новим є саме коефіцієнт c_i, який дозволяє виділити найбільш значущі операції. У практичному застосуванні цей підхід означає, що система автоматично концентрує ресурси на тих ділянках, які визначають ритмічність усього проєкту. У результаті управлінські рішення стають більш точними: замість хаотичного усунення будь-яких відхилень підприємство зосереджується на ключових вузлах.

Рисунок 2 дає змогу перетворити систему управління відхиленнями з реактивної у випереджувальну, коли будь-яке рішення не лише усуває наявну проблему, а й мінімізує ризик появи нових. Поданий рисунок відображає комплексний механізм дій, що включає аналіз відхилень, вибір сценарію відновлення рівноваги та реалізацію низки взаємопов’язаних алгоритмів, які формують циклічний контур стабілізації.

Рисунок демонструє послідовність етапів від виявлення відхилень і аналізу даних до вибору оптимального сценарію та застосування стабілізаційних заходів. Вона ілюструє, як система переходить від діагностики

до адаптивного відновлення рівноваги, інтегруючи перебудову планів, перерозподіл ресурсів, корекцію графіків, впровадження компенсаторних механізмів і балансування навантаження у єдиний замкнений процес.

Рис. 2. Алгоритмічні моделі реагування в інформаційно-аналітичній системі управління відхиленнями *(розроблено автором на основі [2])*

Другою групою алгоритмічних моделей виступають механізми використання буферних систем. Будь-яке будівельне підприємство має приховані резерви — у матеріальних запасах, кадрових ресурсах, технічному парку чи фінансовій ліквідності.

Алгоритмічні моделі реагування також повинні враховувати ефект багатоканальності. На практиці поява відхилення рідко обмежується одним блоком. Затримка фінансування спричиняє проблеми у логістиці, а ті, своєю чергою, порушують технологічні цикли. Якщо система розглядатиме кожен блок ізольовано, управлінські заходи будуть неефективними. Саме тому у новій моделі застосовується принцип мультиканального реагування: при виникненні відхилення одночасно активуються кілька компенсаторів. Це може бути зміна графіка робіт, паралельне залучення додаткової техніки, перегляд фінансових потоків і коригування логістичних маршрутів. Завдяки цьому вдається зменшити ризик лавиноподібного накопичення дестабілізації.

Ще однією інновацією є використання алгоритмів адаптивної пріоритизації. Вони визначають, які заходи мають найбільший ефект у конкретний момент часу. Наприклад, у випадку одночасної нестачі персоналу та перевантаження складів система може обрати спочатку оптимізацію кадрових ресурсів, якщо це критичніше для дотримання термінів.

Алгоритмічні моделі також інтегрують сценарний підхід. Це означає, що для кожного відхилення система формує кілька альтернативних варіантів реагування: швидке, ресурсно затратне; поступове, більш економне; комбіноване, з використанням часткових компенсаторів. Керівництво отримує не просто факт проблеми, а вибір між кількома стратегіями з оцінкою їхніх наслідків.

Застосування алгоритмічних моделей реагування у новій аналітичній системі дозволяє перетворити управління відхиленнями на безперервний процес. Вони створюють циклічність: виявлення відхилення → вибір алгоритму реагування → реалізація заходів → повторний аналіз. Завдяки цьому підприємство отримує здатність адаптуватися до постійних змін, не втрачаючи загальної стійкості.

Алгоритмічні моделі реагування формують багаторівневу систему, що дозволяє підприємству швидко обирати оптимальні сценарії стабілізації у разі виникнення відхилень. Рисунок 3 демонструє, як на основі діагностики та аналізу даних система переходить до формування різних варіантів реагування, використання резервів, перерозподілу ресурсів, адаптивної пріоритизації та цифрової інтеграції.

Щоб підсилити ефективність алгоритмічного реагування, наступним кроком є інтеграція прогнозних моделей, які формують шар раннього попередження та дозволяють діяти «на випередження» [7]. Саме така зв’язка — від діагностики й корекції до завчасного прогнозу — переводить систему зі стану реактивної у проактивну, зменшуючи масштаб потенційних втрат і каскадних ефектів.

Головна мета інтеграції прогнозних моделей полягає у створенні механізму раннього попередження. Якщо традиційні системи реагування орієнтувалися на факт відхилення й запускали управлінські дії після його виявлення, то сучасні підходи передбачають прогнозування розвитку ситуації ще на етапі її зародження.

Прогнозні моделі функціонують у кількох площинах. По-перше, вони відображають часову динаміку: відхилення, яке триває певний період, має тенденцію до наростання і стає критичним при перевищенні певного порогу. По-друге, моделі враховують взаємодію факторів: фінансові й логістичні проблеми у поєднанні підсилюють один одного, формуючи новий рівень ризику. По-третє, прогнозування спирається на сценарний аналіз, що дозволяє врахувати ймовірність розвитку подій у кількох напрямах.

Важливою базою для створення нової аналітики є функція кумулятивного ризику, яка дозволяє оцінити загальний рівень загрози для операційної системи. У класичному вигляді вона враховувала суму динамічних відхилень із ваговими

коефіцієнтами. Проте для інтеграції у нову модель її потрібно ускладнити, додавши сценарні коефіцієнти та часові поправки, що робить систему більш чутливою до змін середовища.

Рис. 3. Алгоритмічні моделі реагування з використанням буферних систем та мультиканального підходу *(розроблено автором на основі [3])*

Модифікована формула 3 може бути подана так:

$$CR^*(t) = \sum_{i=1}^{n} \alpha_i \times v_i(t) \times \delta_{s.i} \times e^{\lambda_i \rho_i}, \quad (3)$$

де $CR^*(t)$ — інтегральний прогнозний ризик у момент часу t; α_i — ваговий коефіцієнт значущості параметра; $v_i(t)$ — функція динаміки відхилення; $\delta_{s.i}$ — сценарний коефіцієнт, що відображає ймовірність реалізації певного сценарію для і-го параметра; ρ_i — тривалість відхилення; λ_i — коефіцієнт часової ескалації.

Особливу роль у прогнозних моделях відіграє візуалізація. Аналітичні панелі мають відображати не лише поточний стан параметрів, але й прогнозні криві, що показують, як ситуація розвиватиметься за різних умов. Наприклад, на графіку можна бачити базову траєкторію, оптимістичний сценарій і

песимістичний сценарій. Це дає керівництву змогу оцінити ризики та підготувати кілька альтернативних рішень.

Важливим аспектом інтеграції є поєднання прогнозних моделей із цифровими інструментами. ERP-системи, BIM-моделі та логістичні трекери надають дані в режимі реального часу, які одразу ж аналізуються прогнозними алгоритмами. Інтеграція прогнозних моделей також дозволяє мінімізувати вплив людського фактора. Якщо раніше рішення приймалися керівниками на основі суб'єктивних оцінок, то тепер вони формуються на базі об'єктивних алгоритмів, що враховують десятки параметрів [6].

Ще однією інновацією є використання штучного інтелекту для вдосконалення прогнозних моделей.

Застосування прогнозних моделей у системі управління відхиленнями дозволяє перетворити процес реагування з реактивного на випереджувальний. Підприємство отримує змогу діяти не тоді, коли проблема вже набула критичного масштабу, а ще на етапі її зародження.

Рисунок 4 ілюструє логіку інтеграції прогнозних моделей у систему управління відхиленнями з акцентом на механізм раннього попередження.

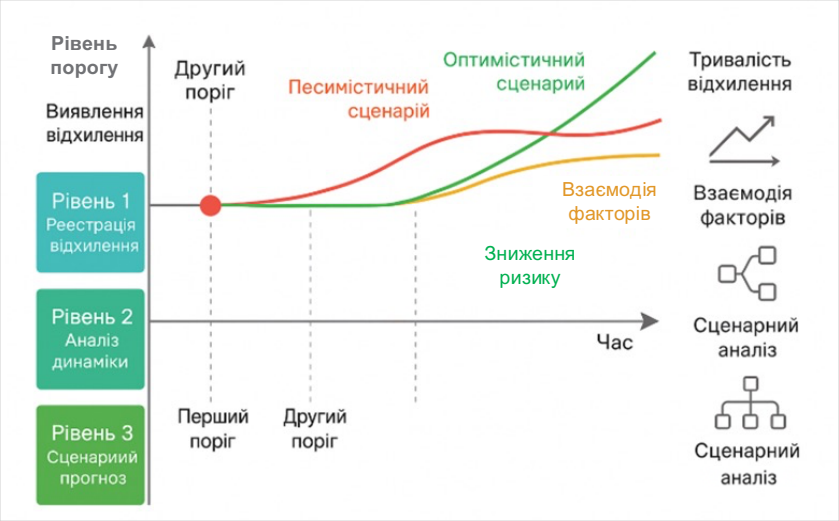


Рис. 4. Інтеграція прогнозних моделей для раннього виявлення критичних відхилень*(розроблено автором на основі [4])*

Адаптивне управління в будівельному підприємстві базується на циклічності: виявлення змін → діагностика → прогнозування → ухвалення рішення → реалізація → оцінка. На відміну від статичних підходів, така модель працює у режимі безперервної корекції та швидкого відновлення рівноваги.

Головна інновація полягає у випереджувальній аналітиці: управлінці отримують не лише дані про поточні відхилення, а й прогноз їх розвитку, що дозволяє діяти завчасно та мінімізувати ризики.

Рисунок 5 демонструє логіку функціонування адаптивної організаційно-управлінської моделі в будівельному підприємстві. Він ілюструє, як стратегічний, тактичний та операційний рівні взаємодіють через аналітичне ядро, інтегруючи дані з фінансового, ресурсного, логістичного й технологічного контурів у замкнений цикл управління.

Рис. 5. Адаптивна організаційно-управлінська модель будівельного підприємства
(розроблено автором на основі [5])

Висновок

Формування системи інформаційно-аналітичної підтримки управління за відхиленнями виступає ключовим напрямом підвищення ефективності функціонування будівельних підприємств у середовищі високої динамічності та структурної невизначеності. Проведене узагальнення теоретичних положень і прикладних рішень дозволяє констатувати, що результативність управління залежить не лише від своєчасної фіксації відхилень, а насамперед від здатності системи інтегрувати різнорідні дані, здійснювати їх аналітичну інтерпретацію та формувати алгоритмізовані сценарії реагування.

Інтеграція ресурсного, фінансового, логістичного, технологічного та організаційного контурів у межах єдиного інформаційного простору забезпечує комплексне бачення причинно-наслідкових зв’язків і мінімізує ризик каскадної дестабілізації операційної діяльності. Використання інтегральних показників відхилень, з урахуванням вагових коефіцієнтів і міжконтурної чутливості, дозволяє перейти від локального контролю до системного управління. Це

підвищує обґрунтованість управлінських рішень та сприяє оптимізації розподілу ресурсів у критичних зонах.

Особливого значення набуває впровадження прогнозних моделей та механізмів раннього попередження, які трансформують систему з реактивної у проактивну. Застосування алгоритмічних сценаріїв стабілізації, буферних інструментів і цифрової інтеграції з ERP та BIM-платформами формує інтелектуалізоване середовище управління, здатне функціонувати в режимі реального часу.

Література

1. Розвиток підприємництва в умовах глобалізації: матеріали наук.-практ. конф. (Київ, 2018 р.) – К.: Київ. нац. ун-т ім. Т. Шевченка, 2018. – Т. 1. – С. 59–64. – Режим доступу: https://www.knu.edu.ua/storage/files/2/Наука/Конференції/Розвиток%202018/Тези%202018%20том%201.pdf.

2. Сидоренко, О.В. Методологічні підходи до формування стратегії розвитку підприємства / О.В. Сидоренко // Академічне бачення. – 2023. – № 2(26). – С. 112–118. – Режим доступу: https://www.academy-vision.org/index.php/av/article/download/1790/1661/1701.

3. Прохоров, В.В. Організація виробництва: навч. посібник / В. В. Прохоров. – Київ, 2019. – 128 с. – Режим доступу: https://xn--e1ajqk.kiev.ua/wp-content/uploads/2019/12/Organizacziya-virobnicztva-Prohorov-V.-V..pdf.

4. Кисельова, М. О. Розвиток менеджменту підприємств: дис. ... канд. екон. наук: 08.00.04 / М.О. Кисельова. – Харків: Харків. мед. ун-т, 2025. – 160 с. – Режим доступу: https://repo.knmu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/cc0e5e0f-1bb4-4ade-9e9e-4532c854dd4d/content.

5. Розвиток публічного управління в Україні: теорія, методологія, практика: зб. наук. праць. – Ірпінь: НАДПСУ, 2020. – Вип. 5. – С. 72–81. – Режим доступу: https://dspace.nadpsu.edu.ua/bitstream/123456789/4628/1/5.pdf.

6. Чуприна Ю.А. , Федорова Я., Рижакова Г. Аналітичні компоненти та базові функціонали управління підприємством в сучасній системі будівельного девелопменту / Ю.А. Чуприна, Я. Федорова , Г. Рижакова, Г. Петренко, І. Гриненко, М. Ніколаєва // Управління розвитком складних систем, – К.: КНУБА, 2021. – №47. –с.130–137

7. Чуприна Ю.А., Петренко Г.С., Гриненко І.М., Поколенко В.О. Методологічна регламентація та аналітико-інформаційне забезпечення процесно-орієнтованого менеджменту в сучасній системі будівельного девелопменту // Управління розвитком складних систем. – 2021. – № 48. – с. 125-134

Vovkovych Yurii,
Kyiv National University of Construction and Architecture

FORMATION OF AN INFORMATION AND ANALYTICAL SUPPORT SYSTEM FOR MANAGEMENT BY DEVIATIONS

A modern construction enterprise operates under conditions of high environmental volatility, increasing complexity of production processes, and growing interdependence of resource, financial, logistics, and technological flows. Under such circumstances, traditional approaches to deviation management based on fragmented analysis of individual indicators prove insufficiently effective. The formation of an information and analytical support system for management by deviations is considered a key prerequisite for ensuring the operational stability and adaptability of a construction enterprise.

The conceptual model of the system is based on the integration of five interrelated contours: resource, financial, logistics, technological, and organizational-managerial. Their consolidation into a unified analytical architecture makes it possible to account for cross-factor and cascading effects that arise during the implementation of construction projects. A modified approach to determining the integral level of operational deviation is proposed, taking into account weighting coefficients of significance and inter-contour sensitivity. This approach enables the assessment not only of local deviations but also of their multiplicative consequences.

Keywords: management by deviations; information and analytical system; integrated contours; algorithmic response models; predictive models; digital integration; adaptive management; construction enterprise.

REFERENCES

1. Development of Entrepreneurship under Globalization: Proceedings of the Scientific and Practical Conference (Kyiv, 2018). – Kyiv: Taras Shevchenko National University of Kyiv, 2018. – Vol. 1. – pp. 59–64. – Available at: https://www.knu.edu.ua/storage/files/2/Наука/Конференції/Розвиток%202018/Тези%202018%20том%201.pdf. {in Ukrainian}

2. Sydorenko, O.V. Methodological Approaches to the Formation of Enterprise Development Strategy / O. V. Sydorenko // Academic Vision. – 2023. – No. 2(26). – pp. 112–118. – Available at: https://www.academy-vision.org/index.php/av/article/download/1790/1661/1701. {in Ukrainian}

3. Prokhorov, V.V. Organization of Production: Study Guide / V. V. Prokhorov. – Kyiv, 2019. – 128 p. – Available at: https://xn--e1ajqk.kiev.ua/wp-

content/uploads/2019/12/Organizacziya-virobnicztva-Prohorov-V.-V..pdf. {in Ukrainian}

4. Kyselova, M.O. Development of Enterprise Management: PhD Dissertation in Economics, specialty 08.00.04 / M. O. Kyselova. – Kharkiv: Kharkiv Medical University, 2025. – 160 p. – Available at: https://repo.knmu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/cc0e5e0f-1bb4-4ade-9e9e-4532c854dd4d/content. {in Ukrainian}

5. Development of Public Administration in Ukraine: Theory, Methodology, Practice: Collection of Scientific Papers. – Irpin: National Academy of the State Border Guard Service of Ukraine, 2020. – Issue 5. – pp. 72–81. – Available at: https://dspace.nadpsu.edu.ua/bitstream/123456789/4628/1/5.pdf. {in Ukrainian}

6. Chupryna, Yu.A., Fedorova, Ya., Ryzhakova, H., Petrenko, H., Hrynenko, I., & Nikolaieva, M. Analytical Components and Basic Functionalities of Enterprise Management in the Modern System of Construction Development // Management of the Development of Complex Systems. – Kyiv: KNUBA, 2021. – No. 47. – pp. 130–137. {in Ukrainian}

7. Chupryna, Yu.A., Petrenko, H.S., Hrynenko, I.M., & Pokolenko, V.O. Methodological Regulation and Analytical-Information Support of Process-Oriented Management in the Modern System of Construction Development // Management of the Development of Complex Systems. – 2021. – No. 48. – pp. 125–134. {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2786-7269.2026.17.469-481
УДК 005.51:004.9:330.341.1
Гура Є.Д.,
Gura_e_d@ukr.net, ORCID: 0009-0001-7143-2252,
Київський національний університет будівництва і архітектури

ФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТРАТЕГІЧНОГО ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ У ПАРАДИГМІ ВИПЕРЕДЖАЮЧОГО РОЗВИТКУ

Досліджено теоретико-метододичні засади формування системи інформаційно-аналітичного забезпечення стратегічного прийняття управлінських рішень у парадигмі випереджаючого розвитку. Обґрунтовано, що в умовах цифровізації економіки та зростання складності зовнішнього середовища ефективність стратегічного управління визначається рівнем інтеграції інформаційних ресурсів, аналітичних інструментів і цифрових технологій у єдину систему підтримки прийняття рішень.

Розкрито сутність парадигми випереджаючого розвитку як підходу, що орієнтований на прогнозування та формування майбутніх тенденцій, а не лише на реагування на вже сформовані виклики. Визначено, що реалізація цього підходу потребує інтеграції економіко-математичних моделей, інструментів прогнозування та цифрових платформ в систему стратегічного управління. Запропоновано багаторівневу структуру інформаційно-аналітичної системи, яка включає підсистему збору даних, аналітичний контур і стратегічно-аналітичне середовище, що забезпечує трансформацію інформації у управлінські знання.

У роботі сформовано підхід до кількісного оцінювання ефективності функціонування системи на основі інтегрального індексу, який враховує технологічні, інноваційні, організаційні та цифрові фактори. Доведено, що застосування нормалізації показників і вагових коефіцієнтів дозволяє забезпечити коректність аналітичних розрахунків і підвищити об'єктивність оцінювання.

Ключові слова: інформаційно-аналітичне забезпечення; стратегічне управління; цифровізація; інтегральний індекс; управлінські рішення; випереджаючий розвиток; аналітичні системи; цифрові платформи.

Постановка проблеми: Сучасні організаційні системи функціонують в умовах високої динаміки зовнішнього середовища, що характеризується технологічними трансформаціями, цифровізацією економіки та зростанням рівня невизначеності. У таких умовах традиційні підходи до стратегічного

управління, які базуються на ретроспективному аналізі даних, втрачають свою ефективність. Основною проблемою є недостатній рівень інтеграції інформаційних ресурсів та аналітичних інструментів у процесі прийняття управлінських рішень. Відсутність системного підходу до формування інформаційно-аналітичного забезпечення призводить до фрагментації інформаційних потоків, зниження якості аналітичної обробки даних та обмеженої здатності організацій прогнозувати розвиток подій. Це ускладнює стратегічне планування, підвищує ризики управлінських помилок і знижує конкурентоспроможність підприємств.

Метою статті є обґрунтування теоретичних і методичних засад формування системи інформаційно-аналітичного забезпечення стратегічного прийняття управлінських рішень у парадигмі випереджаючого розвитку. Для досягнення поставленої мети визначено такі завдання: дослідити сутність інформаційно-аналітичного забезпечення як складової стратегічного управління; визначити структурні елементи системи та їх функціональні взаємозв'язки; розробити підхід до кількісного оцінювання ефективності системи на основі інтегрального індексу; проаналізувати вплив ключових факторів на результативність стратегічного управління; обґрунтувати роль цифрових технологій у формуванні аналітичного середовища прийняття рішень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій:

Проблематика інформаційно-аналітичного забезпечення стратегічного управління є предметом активних наукових досліджень як у вітчизняній, так і в зарубіжній науковій традиції. У сучасних наукових працях значна увага приділяється формуванню теоретико-методологічних засад стратегічного управління в умовах цифрової трансформації економіки. Обґрунтовується необхідність переходу від класичних підходів до стратегічного планування до інтегрованих моделей, що враховують вплив інформаційних потоків, цифрових технологій та аналітичних інструментів. Окремий напрям досліджень пов'язаний із вивченням ролі інформаційних систем у забезпеченні ефективності управлінських процесів. Наукові роботи акцентують увагу на формуванні цифрових підприємств, в межах яких інформаційно-аналітичні системи виступають ключовим елементом підтримки прийняття управлінських рішень. Значна увага приділяється також розвитку інтелектуальних систем обробки даних, які забезпечують можливість прогнозування, моделювання та оцінювання альтернативних сценаріїв розвитку організацій.

Виклад основного матеріалу: Формування системи інформаційно-аналітичного забезпечення стратегічного прийняття управлінських рішень у парадигмі випереджаючого розвитку передбачає створення складної

багаторівневої структури оброблення, аналізу та інтерпретації інформаційних потоків, що трансформуються у стратегічно значущі управлінські знання. У сучасних умовах прискорення технологічних змін, зростання ролі цифрових платформ і глобальної інтеграції економічних процесів ефективність стратегічного управління значною мірою визначається здатністю організацій формувати інтегровані інформаційно-аналітичні системи, які забезпечують системне використання даних для обґрунтування управлінських рішень [1].

Сучасні інформаційно-аналітичні системи стратегічного управління характеризуються багаторівневою структурою, що включає декілька взаємопов'язаних контурів функціонування [3]. Рисунок 1 відображає концептуальну інфографічну модель функціонування системи інформаційно-аналітичного забезпечення стратегічного прийняття управлінських рішень у парадигмі випереджаючого розвитку.

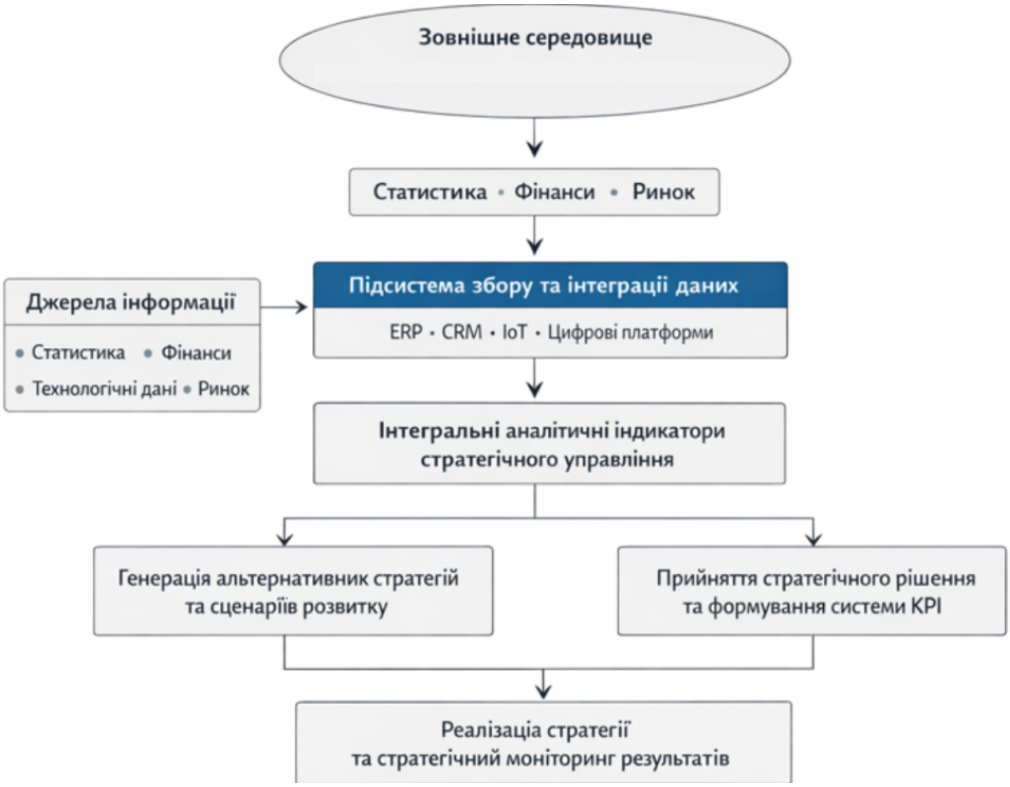


Рис. 1. Концептуальна схема функціонування системи інформаційно-аналітичного забезпечення стратегічного прийняття управлінських рішень
(розроблено автором на основі [2])

Інтегральний індекс інформаційно-аналітичного забезпечення стратегічного управління може бути представлений у вигляді багатофакторної залежності:

$$I_{IAS} = \sum_{i=1}^{n} w_i \times X_i, \quad (1)$$

де I_{IAS} — інтегральний індекс інформаційно-аналітичного забезпечення; X_i — значення і-го аналітичного показника; wi — ваговий коефіцієнт значущості показника; n — кількість показників у системі.

Оскільки різні показники інформаційно-аналітичної системи мають неоднорідну розмірність, їх необхідно привести до єдиного масштабу за допомогою процедури нормалізації. Це дозволяє усунути вплив різних одиниць вимірювання та забезпечити коректність подальших розрахунків інтегральних індикаторів [2]. Нормалізація показників здійснюється за допомогою наступного співвідношення:

$$X_i^{norm} = X_i - X_{min} X_{max} - X_{min}, \quad (2)$$

де X_i^{norm} — нормалізоване значення показника; X_i — фактичне значення показника; X_{min}, X_{max} — мінімальне та максимальне значення показника у вибірці.

Застосування інтегральних показників дозволяє здійснювати комплексну оцінку ефективності функціонування інформаційно-аналітичної системи та визначати рівень її впливу на стратегічне управління організацією. Отримані значення інтегрального індексу можуть використовуватися для порівняльного аналізу різних організаційних структур, оцінювання ефективності цифрових трансформацій та визначення стратегічних напрямів розвитку інформаційної інфраструктури [3].

Формування ефективної системи інформаційно-аналітичної підтримки стратегічного управління передбачає побудову формалізованої моделі, що дозволяє кількісно оцінювати вплив ключових факторів на результативність управлінських рішень. У межах сучасних економічних систем стратегічні рішення приймаються на основі великих масивів різнорідної інформації, що включає виробничі показники, фінансові ресурси, інноваційний потенціал, рівень цифрової інтеграції та інституційні умови функціонування організації.

У структурі моделі ключову роль відіграє інтегральний індекс ефективності інформаційно-аналітичної системи стратегічного управління, що відображає рівень узгодженості між інформаційними ресурсами, аналітичними інструментами та управлінськими процесами. Формалізоване представлення інтегрального показника може бути подано у вигляді наступної функціональної залежності:

$$S_{ia} = \alpha T + \beta I + \gamma D + \delta O, \quad (3)$$

де S_{ia}— інтегральний показник ефективності інформаційно-аналітичної системи; T — технологічний потенціал організації; I — рівень інноваційної активності; D — показник цифрової інтеграції; O — організаційна адаптивність; α,β,γ,δ — вагові коефіцієнти впливу факторів.

Для коректного оцінювання значення вагових коефіцієнтів визначаються експертним способом або на основі статистичного аналізу значущості факторів. В межах дослідження приймемо такі вагові значення:

$$\alpha = 0.30, \qquad \beta = 0.25, \qquad \gamma = 0.25, \qquad \delta = 0.20$$

Припустимо, що для умовного підприємства отримано такі нормалізовані значення показників:

$$T = 0.78, \qquad I = 0.72, \qquad D = 0.80, \qquad O = 0.70$$

Тоді інтегральний індекс системи становитиме:

$$S_{ia} = 0.30 \times 0.78 + 0.25 \times 0.72 + 0.25 \times 0.80 + 0.20 \times 0.70,$$

$$S_{ia} = 0.234 + 0.180 + 0.200 + 0.140 = 0.754.$$

Отримане значення свідчить про відносно високий рівень ефективності інформаційно-аналітичної підтримки стратегічного управління.

Важливою складовою моделі є оцінювання впливу ризиків та ресурсних обмежень, які можуть знижувати результативність функціонування інформаційно-аналітичної системи. Для цього до моделі вводиться коригуючий коефіцієнт ризику [4]:

$$S_{corr} = S_{ia} \times (1 - R), \tag{4}$$

де R — інтегральний показник ризиків функціонування системи. Якщо припустити, що рівень ризику становить R=0.12, то скориговане значення показника буде:

$$S_{corr} = 0.754 \times (1 - 0.12) = 0.754 \times 0.88 = 0.663.$$

Отже, з урахуванням ризиків ефективність інформаційно-аналітичної системи знижується до рівня 0.663, що демонструє суттєвий вплив факторів невизначеності на стратегічне управління.

Для кращого розуміння структури інформаційно-аналітичної системи доцільно відобразити взаємозв'язок між ключовими елементами моделі у вигляді структурної схеми.

Взаємодія ключових факторів інформаційно-аналітичної системи стратегічного управління представлена на рисунку 2.

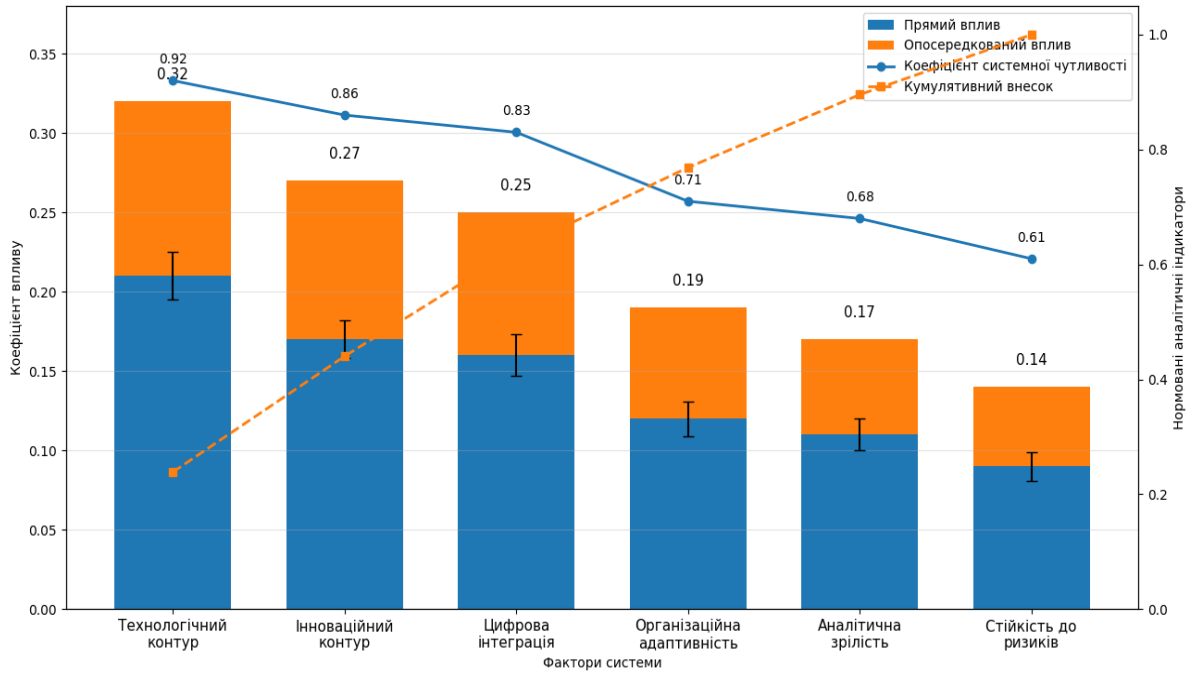
Важливим елементом моделі є аналіз взаємозв'язків між окремими факторами, що формують інтегральний показник ефективності системи. Для цього доцільно використати графічне представлення структури впливу факторів на результативність стратегічного управління [5].

Графічна інтерпретація впливу ключових факторів на інтегральний показник інформаційно-аналітичної системи представлена на рисунку 3.

Рис. 2. Структурна схема моделі інформаційно-аналітичної системи стратегічного *управління (розроблено автором на основі [4])*

Аналітичне оцінювання ефективності системи інформаційно-аналітичного забезпечення стратегічного прийняття управлінських рішень доцільно здійснювати не через ізольовану фіксацію окремих параметрів, а через інтеграцію взаємопов'язаних підсистем, що формують якість управлінського реагування, глибину аналітичного опрацювання інформації та здатність системи забезпечувати випереджальний характер розвитку.

У цьому контексті базовими складовими оцінювання виступають технологічна спроможність, інноваційна адаптація та цифрова готовність, тоді як ризики і ресурсні обмеження виконують роль дестабілізуючих параметрів, що знижують сукупну результативність системи [6].



Примітка. Сумарний вплив фактора визначено як сума прямого та опосередкованого ефектів; лінійні індикатори відображають системну чутливість та кумулятивний внесок факторів.

Рис. 3. Структура впливу факторів на ефективність інформаційно-аналітичної системи стратегічного управління *(розроблено автором на основі [5])*

Для переходу від описового рівня до кількісного аналізу доцільно насамперед формалізувати кожен із базових контурів через внутрішню факторну структуру. З урахуванням цього технологічну спроможність доцільно подати як функцію чотирьох компонентів: рівня автоматизації процесів, технічної модернізації, організаційної гнучкості та якості інформаційного обміну між підсистемами. Тоді відповідний підіндекс визначатиметься співвідношенням:

$$ITC = \sum_{j=1}^{4} \alpha_j x_j, \tag{5}$$

де ITC — індекс технологічної спроможності; αj — ваги факторів; xj — нормалізовані значення відповідних показників.

Для розрахунку приймемо:

$$\alpha_1 = 0{,}35, \quad \alpha_2 = 0{,}25, \quad \alpha_3 = 0{,}20, \quad \alpha_4 = 0{,}20$$
$$x_1 = 0{,}82, \quad x_2 = 0{,}74, \quad x_3 = 0{,}70, \quad x_4 = 0{,}79$$

Тоді:

$$ITC = 0{,}35 \times 0{,}82 + 0{,}25 \times 0{,}74 + 0{,}20 \times 0{,}70 + 0{,}20 \times 0{,}79,$$

$$ITC = 0{,}287 + 0{,}185 + 0{,}140 + 0{,}158 = 0{,}770.$$

Розрахунок дає значення ITC=0,77. Обчислення підтверджує, що технологічний контур має достатньо високий рівень сформованості.

Індекс інноваційної адаптації може бути визначений як агрегований результат впливу швидкості інтеграції нових рішень, спроможності оновлення управлінських процедур, гнучкості регламентів та рівня сприйнятливості до змін:

$$MIA \sum_{k=1}^{4} \beta_k y_k, \quad (6)$$

де MIA — індекс інноваційної адаптації; β_k— ваги факторів; y_k — значення часткових параметрів.

Нехай:

$$\beta_1 = 0{,}30, \quad \beta_2 = 0{,}25, \quad \beta_3 = 0{,}20, \quad \beta_4 = 0{,}25$$

$$y_1 = 0{,}76, \quad y_2 = 0{,}71, \quad y_3 = 0{,}69, \quad y_4 = 0{,}80$$

Тоді:

$$MIA = 0{,}30 \times 0{,}76 + 0{,}25 \times 0{,}71 + 0{,}20 \times 0{,}69 + 0{,}25 \times 0{,}80,$$

$$MIA = 0{,}228 + 0{,}1775 + 0{,}138 + 0{,}200 = 0{,}7435.$$

Отримане значення MIA=0,7435 свідчить, що інноваційна адаптація хоча й перебуває на достатньо високому рівні, однак дещо поступається технологічному контуру.

Цифрову готовність доцільно подати через рівень інтеграції BIM/ERP/IoT-рішень, аналітичну доступність даних, оперативність цифрового контролю та щільність інформаційних зв’язків:

$$IDG = \sum_{m=1}^{4} \gamma_m z_m, \quad (7)$$

де IDG — індекс цифрової готовності; γ_m — вагові коефіцієнти; z_m — факторні параметри цифрової системи.

Приймемо:

$$y_1 = 0{,}40, \quad y_2 = 0{,}20, \quad y_3 = 0{,}20, \quad y_4 = 0{,}20,$$

$z_1 = 0{,}81,$ $z_2 = 0{,}73,$ $z_3 = 0{,}77,$ $z_4 = 0{,}75.$

Тоді:

$$IDG = 0{,}40 \times 0{,}81 + 0{,}20 \times 0{,}73 + 0{,}20 \times 0{,}77 + 0{,}20 \times 0{,}75,$$
$$IDG = 0{,}324 + 0{,}146 + 0{,}154 + 0{,}150 = 0{,}774.$$

Таким чином, IDG=0,774, тобто цифрова готовність є найсильнішою складовою серед трьох позитивних контурів [7].

Після визначення базових підіндексів доцільно перейти до побудови узагальненого індексу аналітичної ефективності. Для цього використаємо ускладнену мультиплікативно-кориговану форму, у якій позитивні контури агрегуються через степеневу згортку, а ризики і ресурсні обмеження враховуються експоненційним штрафом:

$$E_{SA} = (ITC^{w_1} \times MIA^{w_2} \times IDG^{w_3}) \times e^{-(\lambda_1 CR + \lambda_2 RB)}, \quad (8)$$

де ESA — інтегральний показник ефективності системи інформаційно-аналітичного забезпечення; w_1, w_2, w_3 — ваги позитивних контурів; CR — індекс ризиків; RB — індекс ресурсних обмежень; λ_1, λ_2 — параметри штрафного впливу.

Нехай:

$w1 = 0{,}34,$ $w2 = 0{,}33,$ $w3 = 0{,}33,$

$CR = 0{,}18,$ $RB = 0{,}15,$ $\lambda 1 = 0{,}60,$ $\lambda 2 = 0{,}40.$

Тоді штрафний компонент становитиме:

$$\lambda_1 CR + \lambda_2 RB = 0{,}60 \times 0{,}18 + 0{,}40 \times 0{,}15 = 0{,}108 + 0{,}060 = 0{,}168.$$

а інтегральний показник:

$$ESA = (0{,}770{,}34 \times 0{,}74350{,}33 \times 0{,}7740{,}33) \times e^{-0{,}168},$$
$$ESA \approx 0{,}6445.$$

Отримане значення 0,6445 вказує на достатньо високий, але не граничний рівень ефективності аналітичної підтримки стратегічних рішень. Обчислення наведено точно: значення основного показника становить 0,6445.

Для перевірки стійкості результату доцільно зіставити його з альтернативною, більш жорсткою лінійно-раціональною формою згортки, де

ризики й обмеження не експоненційно, а пропорційно знижують підсумковий показник:

$$ESA^* = w_1 ITC + w_2 MIA + w_3 IDG1 + \mu_1 CR + \mu_2 RB, \quad (9)$$

де μ_1, μ_2 — коефіцієнти інтенсивності зниження результату під впливом негативних факторів.

Якщо прийняти:

$$\mu_1 = 0{,}50, \qquad \mu_2 = 0{,}50$$

то чисельник становитиме:

$$0{,}34 \times 0{,}77 + 0{,}33 \times 0{,}7435 + 0{,}33 \times 0{,}7740 = 0{,}2618 + 0{,}245355 + 0{,}25542 = 0{,}762575.$$

а знаменник:

$$1 + 0{,}50 \cdot 0{,}18 + 0{,}50 \cdot 0{,}15 = 1 + 0{,}09 + 0{,}075 = 1{,}165$$

Тоді:

$$ESA^* = \frac{0{,}762575}{1{,}165} = 0{,}6546$$

Альтернативна оцінка становить 0,6546, що дуже близько до попереднього результату. Це свідчить про відносну стійкість моделі та підтверджує, що сформована система має середньо-високий рівень аналітичної цілісності. Числове значення 0,6546 також підтверджене окремим обчисленням [8].

Найбільший структурний внесок формує технологічна спроможність — 34,33 %, дещо меншим є внесок цифрової готовності — 33,49 %, а інноваційна адаптація забезпечує 32,17 % загального позитивного ефекту. Це означає, що система не є жорстко однополюсною: її аналітична ефективність базується на близькому за силою поєднанні трьох контурів, хоча технологічна складова все ж зберігає незначне домінування. Значення часткових внесків отримані розрахунково: 0,3433; 0,3217; 0,3349 відповідно [9].

Висновок

Проведене дослідження дозволило обґрунтувати теоретико-методичні засади формування системи інформаційно-аналітичного забезпечення стратегічного прийняття управлінських рішень у парадигмі випереджаючого

розвитку. Встановлено, що ефективність сучасного стратегічного управління безпосередньо залежить від рівня інтеграції інформаційних ресурсів, аналітичних інструментів та цифрових технологій у єдине інформаційно-аналітичне середовище.

Обґрунтовано, що перехід до випереджаючої моделі розвитку передбачає зміну логіки управління — від реактивного до проактивного підходу, орієнтованого на прогнозування майбутніх тенденцій і формування стратегічних альтернатив. Запропонована багаторівнева структура інформаційно-аналітичної системи забезпечує ефективну трансформацію даних у знання та створює передумови для підвищення якості управлінських рішень.

Розроблений підхід до кількісного оцінювання ефективності системи на основі інтегрального індексу дозволяє здійснювати комплексний аналіз впливу технологічних, інноваційних, організаційних і цифрових факторів. Доведено, що використання нормалізації показників і вагових коефіцієнтів забезпечує об’єктивність оцінювання та достовірність результатів.

Література

1. Porter M.E. Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance. New York; Free Press, 1985. 557 p.

2. Laudon K.C., Laudon J.P. Management Information Systems: Managing the Digital Firm. 15th ed. Pearson Education, 2018. 640 p.

3. Чуприна, І. Дослідження екологічних загроз, пов'язаних з управлінням відходами в Україні та світі, та їхнього впливу на екосистеми. Шляхи підвищення ефективності будівництва, 2024, вип. *2*(54), С. 334–351. https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.54(2).334-351

4. Turban E., Pollard C., Wood G. Information Technology for Management: Driving Digital Transformation. Hoboken; Wiley, 2018. 536 p.

5. Hill C.W.L., Schilling M.A., Jones G.R. Strategic Management: Theory & Cases: An Integrated Approach. 13th ed. Boston: Cengage Learning, 2019. 736 p.

6. Hopkin P. Fundamentals of Risk Management: Understanding, Evaluating and Implementing Effective Risk Management. 5th ed. London: Kogan Page, 2018. 480 p.

7. Чуприна, Ю., Алексієєнко, В., Матвєєв, В., та Ползиков, М. Основи функціонування підприємства як єдиної інтегрованої та високоефективної бізнес-системи. Шляхи підвищення ефективності будівництва, 2024, вип. 3(53), С. 57–74. https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.53(3).57-74

8. Turban E., Pollard C., Wood G. Information Technology for Management: Driving Digital Transformation. 11th ed. Hoboken; John Wiley & Sons, 2018. 544 p. URL: https://books.google.com/books?id=Z7G2DwAAQBAJ

9. Інформаційні системи в сучасному бізнесі; навчальний посібник / В.С. Пономаренко, І.О. Золотарьова, Р.К. Бутова та ін. – Х.; Вид. ХНЕУ, 2011. – 484 с.

10. Цифрова трансформація соціоекономічних, управлінських та освітянських систем сучасного суспільства; матеріали Міжнародної науково-практичної конференції 23–24 листопада 2022 року / ред.-упорядник д.філософ.н., проф., В.Г. Воронкова. – Запоріжжя; Видавничий дім «Гельветика», 2022. – 692 с

Hura Yevhenii,
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

FORMATION OF AN INFORMATION AND ANALYTICAL SUPPORT SYSTEM FOR STRATEGIC DECISION-MAKING WITHIN THE PARADIGM OF ADVANCED DEVELOPMENT

The article examines the theoretical and methodological foundations for the formation of an information and analytical support system for strategic decision-making within the paradigm of advanced development. It is substantiated that in the context of economic digitalization and increasing complexity of the external environment, the effectiveness of strategic management is determined by the level of integration of information resources, analytical tools, and digital technologies into a unified decision support system.

The essence of the paradigm of advanced development is revealed as an approach focused on forecasting and shaping future trends rather than merely responding to already formed challenges. It is determined that the implementation of this approach requires the integration of economic and mathematical models, forecasting tools, and digital platforms into the strategic management system. A multi-level structure of the information and analytical system is proposed, which includes a data collection subsystem, an analytical layer, and a strategic-analytical environment that ensures the transformation of information into managerial knowledge.

The paper proposes an approach to the quantitative evaluation of system performance based on an integral index that takes into account technological, innovative, organizational, and digital factors. It is proven that the application of indicator normalization and weighting coefficients ensures the accuracy of analytical calculations and enhances the objectivity of the evaluation.

Keywords: information and analytical support; strategic management; digitalization; integral index; managerial decision-making; advanced development; analytical systems; digital platforms.

REFERENCES

1. Porter M.E. Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance. New York: Free Press, 1985. 557 p. {in English}

2. Laudon K.C., Laudon J.P. Management Information Systems: Managing the Digital Firm. 15th ed. Pearson Education, 2018. 640 p. {in English}

3. Chupryna I. Study of environmental threats related to waste management in Ukraine and worldwide, and their impact on ecosystems. Ways to Improve Construction Efficiency. 2024. Vol. 2 (54). P. 334–351. DOI: https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.54(2).334-351 {in Ukrainian}

4. Turban E., Pollard C., Wood G. Information Technology for Management: Driving Digital Transformation. Hoboken: Wiley, 2018. 536 p. {in English}

5. Hill C.W.L., Schilling M.A., Jones G. R. Strategic Management: Theory & Cases: An Integrated Approach. 13th ed. Boston: Cengage Learning, 2019. 736 p. {in English}

6. Hopkin P. Fundamentals of Risk Management: Understanding, Evaluating and Implementing Effective Risk Management. 5th ed. London: Kogan Page, 2018. 480 p. {in English}

7. Chupryna Yu., Aleksiienko V., Matvieiev V., Polzykov M. Fundamentals of enterprise functioning as a unified integrated and highly efficient business system. Ways to Improve Construction Efficiency. 2024. Vol. 3 (53). P. 57–74. DOI: https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.53(3).57-74 {in Ukrainian}

8. Turban E., Pollard C., Wood G. Information Technology for Management: Driving Digital Transformation. 11th ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2018. 544 p. URL: https://books.google.com/books?id=Z7G2DwAAQBAJ (accessed: 19.03.2026). {in English}

9. Ponomarenko V.S., Zolotarova I.O., Butova R.K., et al. Information Systems in Modern Business: Textbook. Kharkiv: KhNEU Publishing House, 2011. 484 p. {in Ukrainian}

10. Digital transformation of socio-economic, managerial and educational systems of modern society: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference (November 23–24, 2022) / ed. by V.H. Voronkova. Zaporizhzhia: Publishing House “Helvetica”, 2022. 692 p. {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2786-7269.2026.17.482-493
УДК 658.5:69:330.341.1
Дубенський О.М.,
alexandr.dubensky@gmail.com, ORCID: 0009-0005-5759-7789,
Київський національний університет будівництва і архітектури

СИСТЕМА КРИТЕРІЇВ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТІ ВНУТРІШНЬОГО ТРАНСФЕРУ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ІННОВАЦІЙ У ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ БУДІВЕЛЬНОЇ ГАЛУЗІ

Сучасна будівельна галузь розвивається в умовах цифровізації, ускладнення проєктів і зростання вимог до ефективності управління, що актуалізує необхідність нових підходів до організації діяльності підприємств. Одним із ключових механізмів підвищення їх конкурентоспроможності виступає внутрішній трансфер технологій та інновацій, який забезпечує системне поширення знань і технологічних рішень у межах підприємства.

Результативність таких процесів визначається рівнем інтеграції інновацій у виробничі процеси, ефективністю взаємодії структурних підрозділів і здатністю підприємства адаптувати нові технології до наявного організаційного середовища. У цьому контексті важливого значення набуває формування системи критеріїв оцінювання, що охоплює технологічні, економічні, організаційні та інноваційні аспекти діяльності.

Комплексне оцінювання ефективності забезпечується застосуванням інтегрального підходу, який дозволяє узагальнити ключові параметри у єдиному показнику. Використання математичних моделей та інтегральних індексів створює можливість кількісного аналізу інноваційних процесів і підвищує об'єктивність оцінювання.

Ключові слова: трансфер технологій; інновації; будівельні підприємства; цифровізація; інтегральний показник; ефективність; інноваційна активність; управління.

Постановка проблеми: Разом із тим, відсутність чітко сформованої системи критеріїв оцінювання результативності внутрішнього трансферу технологій ускладнює процес управління інноваційною діяльністю підприємств. Це призводить до недостатньої ефективності впровадження технологічних нововведень, нераціонального використання ресурсів та зниження загальної результативності діяльності.

Проблема також полягає у складності оцінювання багатофакторного впливу інновацій на виробничі та управлінські процеси. Необхідність врахування технологічних, економічних, організаційних та кадрових аспектів

обумовлює потребу у формуванні комплексного підходу до оцінювання результативності трансферу технологій.

Метою дослідження є обґрунтування теоретичних і методичних засад формування системи критеріїв оцінювання результативності внутрішнього трансферу технологій та інновацій у діяльності підприємств будівельної галузі. Для досягнення поставленої мети передбачено визначення основних факторів, що впливають на ефективність трансферу технологій, систематизацію критеріїв оцінювання та розроблення інтегрального підходу до аналізу результативності інноваційних процесів. Особлива увага приділяється розробленню математичних моделей оцінювання ефективності внутрішнього трансферу технологій, які дозволяють здійснювати кількісний аналіз впливу інновацій на діяльність підприємства та забезпечують підвищення обґрунтованості управлінських рішень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій: Дослідження свідчать, що ефективність трансферу технологій визначається не лише рівнем технологічного розвитку підприємства, але й якістю організаційних процесів, рівнем координації між підрозділами та здатністю персоналу до сприйняття інновацій. Важливим напрямом досліджень є також розроблення методів кількісного оцінювання ефективності інноваційної діяльності, зокрема із використанням інтегральних показників.

Окремі наукові роботи присвячені дослідженню взаємозв’язку між рівнем впровадження інновацій та результативністю виробничих процесів. У них обґрунтовується необхідність використання системного підходу до оцінювання ефективності трансферу технологій, який передбачає врахування комплексу взаємопов’язаних факторів.

Виклад основної інформації: Сучасні тенденції розвитку будівельної галузі характеризуються активним впровадженням технологічних інновацій, цифрових інструментів управління та нових організаційних підходів до реалізації будівельних проєктів. У цих умовах важливого значення набуває внутрішній трансфер технологій, який передбачає системне поширення технологічних знань, управлінських рішень та інноваційних практик між структурними підрозділами підприємства.

Внутрішній трансфер інновацій у межах будівельних підприємств охоплює не лише передачу нових технічних рішень, але й інтеграцію сучасних організаційних моделей управління, методів цифрового контролю будівельних процесів, а також удосконалення системи координації між різними функціональними підрозділами [1].

Розроблення системи критеріїв оцінювання результативності внутрішнього трансферу технологій передбачає врахування широкого спектра

показників, що відображають різні аспекти функціонування підприємства [2]. Для наочного відображення структури системи критеріїв оцінювання результативності внутрішнього трансферу технологій та інновацій у діяльності будівельних підприємств доцільно представити взаємозв'язок основних груп критеріїв у вигляді рисунка 1 [1].

Рис. 1. Структурна схема системи критеріїв оцінювання результативності внутрішнього трансферу технологій та інновацій *(розроблено автором на основі [2])*

Формування системи критеріїв оцінювання результативності внутрішнього трансферу технологій та інновацій створює методичну основу для комплексного аналізу ефективності інноваційних процесів у діяльності будівельних підприємств [3].

З огляду на складність таких процесів доцільним є використання інтегрального підходу до оцінювання результативності внутрішнього трансферу технологій, який передбачає узагальнення ключових параметрів діяльності підприємства у єдиному показнику ефективності. Математичне представлення інтегрального показника ефективності внутрішнього трансферу технологій може бути подано у вигляді наступної функціональної залежності:

$$E_{tt}(t) = \sum_{i=1}^{n} w_i \times F_i(t) + \lambda \times \Phi(t), \quad (1)$$

де $E_{tt}(t)$ – інтегральний показник результативності внутрішнього трансферу технологій d момент часу t, w_i – ваговий коефіцієнт і-го фактора оцінювання, $F_i(t)$ – функціональний показник ефективності відповідного технологічного або організаційного процесу, λ – коефіцієнт інноваційної

адаптивності підприємства, Φ(t) – функція динамічного впливу інновацій на виробничу систему.

Нехай у структурі моделі враховуються чотири ключові фактори: рівень технологічної модернізації виробничих процесів, економічна ефективність впровадження інновацій, організаційна узгодженість взаємодії підрозділів та інноваційна активність персоналу. Значення відповідних показників становлять 0,82; 0,75; 0,70 та 0,78, а їх вагові коефіцієнти відповідно дорівнюють 0,30; 0,25; 0,20 та 0,25. Тоді інтегральний показник ефективності визначається наступним чином [4]:

$$E_{tt} = 0{,}30 \times 0{,}82 + 0{,}25 \times 0{,}75 + 0{,}20 \times 0{,}70 + 0{,}25 \times 0{,}78.$$

$$E_{tt} = 0{,}7685.$$

Отримане значення інтегрального показника свідчить про достатньо високий рівень ефективності внутрішнього трансферу технологій у діяльності підприємства, оскільки значення індексу перевищує умовний поріг результативності, який для більшості інноваційних систем приймається на рівні 0,7.

Для більш глибокого аналізу доцільно розглянути залежність результативності внутрішнього трансферу технологій від рівня інтеграції інновацій у виробничу систему підприємства. Такий аналіз дозволяє виявити характер зміни ефективності у процесі поступового впровадження нових технологічних рішень та визначити критичні точки зростання результативності. Графічна інтерпретація цієї залежності представлена на рисунку 2. [5].

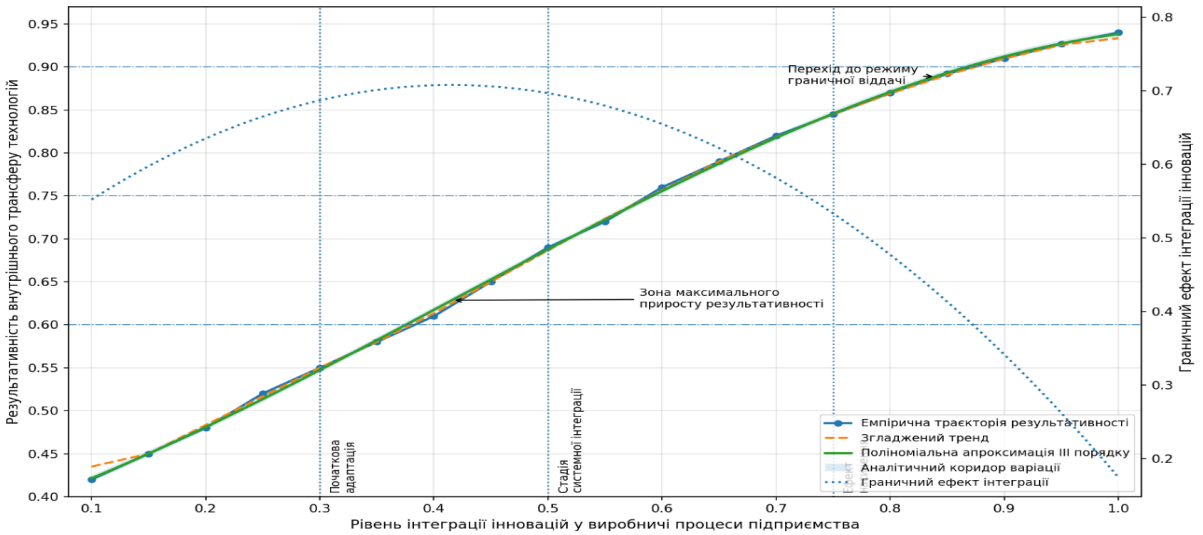


Рис. 2. Залежність результативності внутрішнього трансферу технологій від рівня інтеграції інновацій у виробничі процеси підприємства
(розроблено автором на основі [5])

Для систематизації логіки формування інтегрального показника результативності доцільно представити алгоритм оцінювання внутрішнього трансферу технологій у вигляді структурної моделі, яка демонструє взаємозв'язок основних етапів аналітичного процесу. Відповідна схема наведена на рисунку 3 [6].

Рис. 3. Алгоритмічна схема оцінювання результативності внутрішнього трансферу технологій у будівельному підприємстві
(розроблено автором на основі [6])

Для більш глибокого дослідження результативності внутрішнього трансферу технологій у діяльності будівельних підприємств доцільно систематизувати основні групи показниківу вигляді таблиці 1 [7].

Таблиця 1.

Система показників оцінювання результативності внутрішнього трансферу технологій у будівельних підприємствах
(розроблено автором на основі [7])

Група показників	**Основні індикатори**	**Характер впливу**
Технологічні	рівень автоматизації будівельних процесів, ступінь використання цифрових технологій	підвищення продуктивності
Економічні	зниження виробничих витрат, зростання рентабельності проєктів	підвищення фінансової ефективності
Організаційні	рівень координації між підрозділами, швидкість передачі знань	оптимізація управління
Інноваційні	кількість впроваджених технологічних рішень, рівень інноваційної активності персоналу	розвиток технологічного потенціалу

Для формалізації цього взаємозв'язку можна використати узагальнений індекс технологічної результативності, який відображає інтегрований вплив інноваційних змін на ефективність виробничих процесів підприємства. Математична модель такого показника може бути представлена у вигляді:

$$I_{tech} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(P_i \times w_i)}{\sum_{i=1}^{n} w_i}, \quad (2)$$

де I_{tech} – індекс технологічної результативності трансферу технологій, P_i – значення і-го показника ефективності, w_i – ваговий коефіцієнт відповідного показника, n – кількість показників, що використовуються у моделі.

Розглянемо умовний приклад розрахунку індексу технологічної результативності внутрішнього трансферу технологій. Припустимо, що підприємство оцінює три ключові показники ефективності: рівень автоматизації будівельних процесів, швидкість обміну технологічною інформацією між підрозділами та ефективність використання виробничих ресурсів. Значення відповідних показників становлять 0,80; 0,74 та 0,77, а їх вагові коефіцієнти дорівнюють 0,35; 0,30 та 0,35.

Тоді індекс технологічної результативності визначається таким чином:

$$I_{tech} = \frac{(0{,}80 \times 0{,}35) + (0{,}74 \times 0{,}30) + (0{,}77 \times 0{,}35)}{0{,}35 + 0{,}30 + 0{,}35}.$$

$$I_{tech} = 0{,}7715.$$

Отримане значення індексу свідчить про високий рівень ефективності внутрішнього трансферу технологій, оскільки значення показника перевищує середній рівень інноваційної результативності, який зазвичай коливається у межах 0,65–0,70.

Подальший аналіз ефективності внутрішнього трансферу технологій передбачає дослідження залежності між рівнем впровадження інновацій та продуктивністю будівельних процесів. Така залежність може бути представлена у вигляді функціональної моделі [8]:

$$Pr = f(T_i, R_i, O_i), \quad (3)$$

де Pr – продуктивність будівельних процесів, T_i – рівень технологічної модернізації виробництва, R_i – ефективність використання ресурсів, O_i – організаційна ефективність управління.

Для більш детального дослідження цієї залежності доцільно представити динаміку зміни продуктивності будівельних процесів залежно від рівня інтеграції технологічних інновацій. Відповідна графічна інтерпретація наведена на рисунку 4.

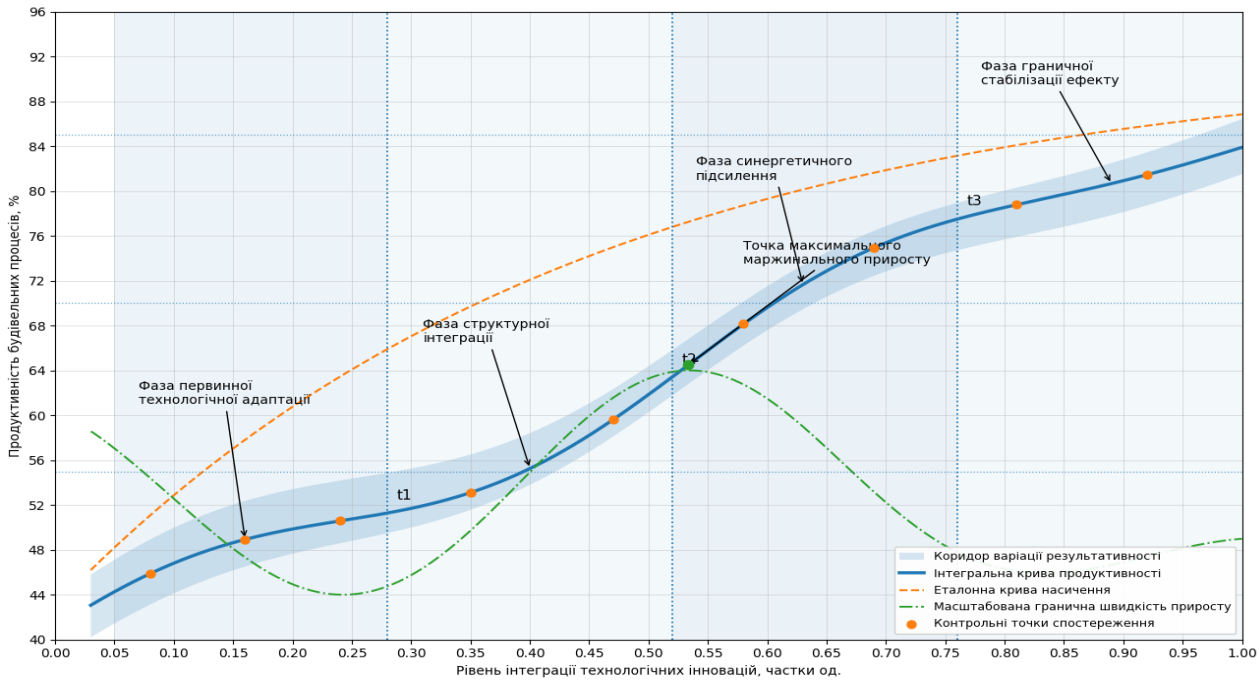


Рис. 4. Залежність продуктивності будівельних процесів від рівня інтеграції технологічних інновацій *(розроблено автором на основі [8])*

Для відображення взаємозв'язку між основними етапами аналізу ефективності внутрішнього трансферу технологій доцільно використати рисунок 5, який демонструє послідовність аналітичних процедур оцінювання [9].

Першим елементом такої системи є функція інтегрованої інноваційної ефективності, що характеризує сукупний вплив технологічних змін на результати діяльності підприємства [10].

Її математичне представлення може бути подано у вигляді:

$$E_i = \sum_{k=1}^{n} \alpha_k T_k + \sum_{j=1}^{m} \beta_j O_j \,, \tag{4}$$

де E_i – інтегральний показник інноваційної ефективності підприємства, T_k – технологічні фактори модернізації виробництва, O_j – організаційні параметри управління інноваційними процесами, α_k,β_j – вагові коефіцієнти відповідних факторів.

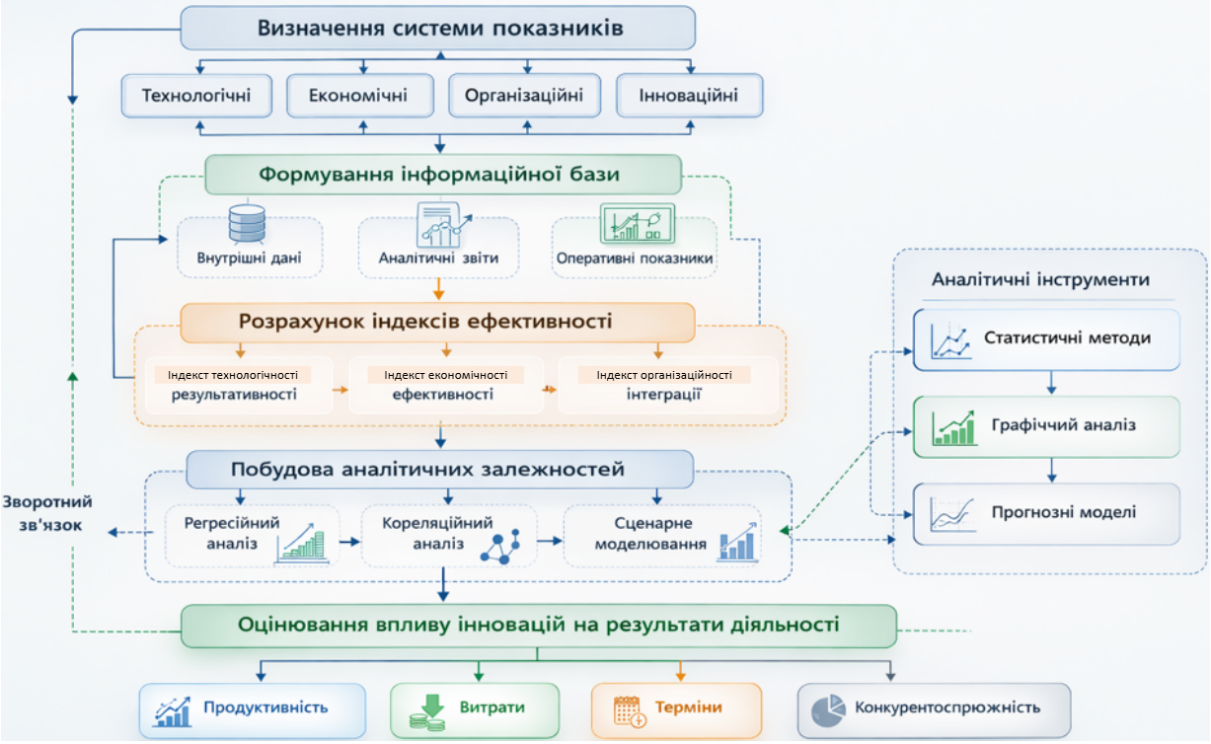


Рис. 5. Структурна модель аналізу ефективності внутрішнього трансферу технологій у будівельному підприємстві *(розроблено автором на основі [9])*

Оскільки внутрішній трансфер технологій має динамічний характер, важливим є врахування часових змін у рівні ефективності інноваційної діяльності підприємства. Для цього може використовуватися функція динамічного розвитку інноваційної системи:

$$E(t) = E_0 e^{\gamma t}, \tag{5}$$

де E(t) – рівень ефективності інноваційної системи у момент часу t, E_0 – початковий рівень ефективності, γ – коефіцієнт темпів інноваційного розвитку.

Важливим аспектом аналізу внутрішнього трансферу технологій є оцінювання взаємодії між різними структурними підрозділами підприємства, оскільки саме координація їх діяльності визначає швидкість поширення технологічних знань та інноваційних практик. Для опису цього процесу можна використати показник організаційної узгодженості:

$$C = \frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} I_{ij}}{n \times m}, \tag{6}$$

де C – коефіцієнт організаційної узгодженості, I_{ij} – інтенсивність інформаційної взаємодії між підрозділами, n,m – кількість підрозділів у структурі підприємства.

Окрім організаційних факторів, на ефективність трансферу технологій значний вплив має рівень інноваційної активності персоналу. Для оцінювання цього параметра можна використати показник інноваційної продуктивності працівників:

$$P_{in} = \frac{\sum_{k=1}^{n} I_k}{L}, \quad (7)$$

де P_{in} – показник інноваційної продуктивності, I_k – кількість інноваційних пропозицій або технологічних рішень, L – чисельність персоналу підприємства.

Для систематизації основних параметрів математичної моделі доцільно узагальнити їх у вигляді таблиці 2, яка демонструє взаємозв'язок між різними групами показників та їх вплив на результативність внутрішнього трансферу технологій [11].

Таблиця 2.

Основні параметри математичної моделі оцінювання ефективності внутрішнього трансферу технологій *(розроблено автором на основі [11])*

Показник	**Математична інтерпретація**	**Економічний зміст**
Інтегральна інноваційна ефективність	E_i	узагальнений показник результативності впровадження технологій
Динаміка інноваційного розвитку	E(t)	відображає зміну ефективності у часі
Організаційна узгодженість	C	характеризує рівень координації між підрозділами
Інноваційна продуктивність персоналу	P_{in}	оцінює інтенсивність генерування інновацій
Синергетичний ефект	S	показує кумулятивний вплив інноваційних факторів

Висновок

Запропонований інтегральний підхід до оцінювання результативності дозволяє здійснювати комплексний аналіз ефективності трансферу технологій та визначати рівень впливу інновацій на діяльність підприємства. Використання математичних моделей та інтегральних показників забезпечує підвищення об'єктивності оцінювання та сприяє прийняттю обґрунтованих управлінських рішень.

Доведено, що впровадження системи критеріїв оцінювання сприяє підвищенню рівня інноваційної активності підприємств, покращенню координації між підрозділами та оптимізації використання ресурсів. Важливим результатом є також зниження ризиків, пов'язаних із впровадженням нових

технологій, та підвищення адаптивності підприємств до змін зовнішнього середовища.

Література

1. Rogers E.M., Takegami S., Yin J. Lessons learned about technology transfer // Technovation. 2001. Vol. 21, No. 4. P. 253–261. DOI: https://doi.org/10.1016/S0166-4972(00)00039-0.

2. Bozeman B., Rimes H., Youtie J. The evolving state-of-the-art in technology transfer research: Revisiting the contingent effectiveness model // Research Policy. 2015. Vol. 44, No. 1. P. 34–49. DOI: https://doi.org/10.1016/j.respol.2014.06.008.

3. Reisman A. Transfer of technologies: a cross-disciplinary taxonomy // Omega. 2005. Vol. 33, No. 3. P. 189–202. DOI: https://doi.org/10.1016/j.omega.2004.04.004.

4. Sexton M., Barrett P. The role of technology transfer in innovation within small construction firms // Engineering, Construction and Architectural Management. 2004. Vol. 11, No. 5. P. 342–348. DOI: https://doi.org/10.1108/09699980410558539.

5. Hu A.G.Z., Jefferson G.H., Qian J. R&D and technology transfer: Firm-level evidence from Chinese industry // Review of Economics and Statistics. 2005. Vol. 87, No. 4. P. 780–786. DOI: https://doi.org/10.1162/003465305775098143.

6. Teece D. J. Technology transfer by multinational firms: The resource cost of transferring technological know-how // Economic Journal. 1977. Vol. 87. P. 242–261.

7. Mansfield E., Romeo A., Wagner S. Foreign trade and U.S. research and development // Review of Economics and Statistics. 1979. Vol. 61, No. 1. P. 49–57.

8. Sterman J.D. Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World. Boston: Irwin McGraw-Hill, 2000. 982 p.

9. Forrester J.W. Industrial Dynamics. Cambridge: MIT Press, 1961. 464 p.

10. Чернишев Д.О., Рижаков Д.А., Хоменко О.М., Петруха С.В., Кучеренко О.І., Горбач М.В. Цифрові технології як інноваційні тренди структурно-трансформаційних зрушень у системі управління підприємств-стейкхолдерів будівництва // Управління розвитком складних систем. 2021. № 46. С. 118–130.

11. Чуприна Х.М., Чуприна Ю.А., Бородавко М.В., Гавріков Д.О. Стратегії реконфігурації бізнес-процесів будівельних підприємств // Управління розвитком складних систем. 2020. № 41. С. 169–174.

Dubenskyi Oleksandr,
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

SYSTEM OF CRITERIA FOR EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF INTERNAL TECHNOLOGY AND INNOVATION TRANSFER IN THE ACTIVITIES OF CONSTRUCTION ENTERPRISES

The modern construction industry is developing under conditions of digitalization, increasing project complexity, and growing requirements for management efficiency, which necessitates the adoption of new approaches to enterprise organization. One of the key mechanisms for enhancing competitiveness is the internal transfer of technologies and innovations, which ensures the systematic dissemination of knowledge and technological solutions within the enterprise.

The effectiveness of such processes is determined by the level of integration of innovations into production processes, the efficiency of interaction between structural units, and the enterprise's ability to adapt new technologies to the existing organizational environment. In this context, the formation of a system of evaluation criteria becomes particularly important, encompassing technological, economic, organizational, and innovative aspects of enterprise activity.

A comprehensive assessment of effectiveness is ensured through the application of an integrated approach, which allows key performance parameters to be aggregated into a single indicator. The use of mathematical models and integral indices enables quantitative analysis of innovation processes and increases the objectivity of evaluation.

Keywords: technology transfer; innovation; construction enterprises; digitalization; integral indicator; efficiency; innovation activity; management.

REFERENCES

1. Rogers, E.M., Takegami, S., Yin, J. Lessons learned about technology transfer. Technovation. 2001. Vol. 21, No. 4. P. 253–261. DOI: https://doi.org/10.1016/S0166-4972(00)00039-0. {in English}

2. Bozeman, B., Rimes, H., Youtie, J. The evolving state-of-the-art in technology transfer research: Revisiting the contingent effectiveness model. Research Policy. 2015. Vol. 44, No. 1. P. 34–49. DOI: https://doi.org/10.1016/j.respol.2014.06.008. {in English}

3. Reisman, A. Transfer of technologies: A cross-disciplinary taxonomy. Omega. 2005. Vol. 33, No. 3. P. 189–202. DOI: https://doi.org/10.1016/j.omega.2004.04.004. {in English}

4. Sexton, M., Barrett, P. The role of technology transfer in innovation within small construction firms. Engineering, Construction and Architectural Management. 2004. Vol. 11, No. 5. P. 342–348. DOI: https://doi.org/10.1108/09699980410558539. {in English}

5. Hu, A.G.Z., Jefferson, G.H., Qian, J. R&D and technology transfer: Firm-level evidence from Chinese industry. Review of Economics and Statistics. 2005. Vol. 87, No. 4. P. 780–786. DOI: https://doi.org/10.1162/003465305775098143. {in English}

6. Teece, D.J. Technology transfer by multinational firms: The resource cost of transferring technological know-how. Economic Journal. 1977. Vol. 87. P. 242–261. {in English}

7. Mansfield, E., Romeo, A., Wagner, S. Foreign trade and U.S. research and development. Review of Economics and Statistics. 1979. Vol. 61, No. 1. P. 49–57. {in English}

8. Sterman, J.D. Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World. Boston: Irwin McGraw-Hill, 2000. 982 p. {in English}

9. Forrester, J.W. Industrial Dynamics. Cambridge: MIT Press, 1961. 464 p. {in English}

10. Chernyshev, D.O., Ryzhakov, D.A., Khomenko, O.M., Petrukha, S.V., Kucherenko, O.I., Horbach, M.V. Digital technologies as innovative trends of structural transformations in the management system of construction stakeholder enterprises. Management of Development of Complex Systems. 2021. No. 46. P. 118–130. {in Ukrainian}

11. Chupryna, Kh.M., Chupryna, Yu.A., Borodavko, M.V., Havrikov, D.O. Strategies for reconfiguration of business processes of construction enterprises. Management of Development of Complex Systems. 2020. No. 41. P. 169–174. {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2786-7269.2026.17.494-508
УДК: 69.005
к.т.н. **Дубінін Д.В.,**
denveronly@icloud.com, ORCID: 0000-0002-2044-0631,
Київський національний університет будівництва і архітектури

ТЕОРЕТИКО-ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ СИСТЕМНОЇ КЛАСИФІКАЦІЇ РІВНІВ ЦИФРОВОГО РОЗВИТКУ: ЯКІСТЬ, ІНТЕГРАЦІЯ, ВПЛИВ НА ОРГАНІЗАЦІЮ БУДІВНИЦТВА

Розглянуто теоретико-прикладні аспекти системної класифікації рівнів цифрового розвитку в будівництві, що дозволяє комплексно оцінювати цифровізацію підприємств, проєктів та будівельної галузі. Запропонована модель ґрунтується на восьми взаємопов'язаних підходах: класифікації за стадіями життєвого циклу об'єкта, функціональними напрямами, рівнем інтеграції даних, технологічною складністю, рівнем автоматизації, організаційною зрілістю, рівнем використання даних та суб'єктами цифровізації. Кожен підхід відображає конкретний аспект трансформації, забезпечуючи аналіз технологічного, організаційного, процесного та управлінського вимірів цифрового розвитку.

Для оцінки цифрового розвитку підприємств будівельної галузі запропоновано узагальнену шкалу рівнів від 0 до 5, де рівень нуль відповідає традиційним аналоговим процесам з паперовою документацією та ручним управлінням, а рівень п'ять — автономному та екосистемному будівництву з інтегрованими цифровими платформами, Big Data, AI, саморегульованими процесами та автономним прийняттям рішень. Модель дозволяє оцінювати слабкі місця цифровізації на конкретних етапах життєвого циклу об'єкта, рівень інтеграції систем, технологічну складність та ступінь автоматизації, а також готовність організації до цифрової трансформації, компетентність персоналу, використання аналітики та data-driven управління.

Запропонована класифікація має практичне значення для управлінського та технічного аудиту, планування інвестицій у цифрові технології, оптимізації процесів будівництва та підвищення ефективності прийняття рішень на основі даних. Вона слугує методологічною основою для розробки індикаторів цифрового розвитку, оцінки готовності підприємств до впровадження сучасних технологій та формування стратегій переходу до інтелектуалізованого та автономного будівництва, що відповідає сучасним стандартам індустрії 4.0.

Ключові слова: організація будівництва; якість; цифрова трансформація; формалізація процесів; будівництво; BIM; цифрова зрілість; цифровий

розвиток; цифрові інновації; стейкхолдери та учасники будівництва; будова;. Інформаційне забезпечення проєктування; цифрове проєктування; цифрова організація будівництва.

Постановка проблеми, її актуальність та новизна. Актуальність обраної теми зумовлена сукупністю глобальних і галузевих чинників, які визначають трансформацію сучасної будівельної сфери. По-перше, будівництво є однією з найменш цифровізованих галузей економіки, що традиційно характеризується низькою продуктивністю, фрагментованістю процесів і високими ризиками перевитрат ресурсів. У цих умовах впровадження цифрових технологій (зокрема BIM, цифрових двійників, автоматизації управління проєктами) стає ключовим фактором підвищення ефективності. Водночас відсутність єдиної системної класифікації рівнів цифрового розвитку ускладнює оцінювання зрілості підприємств і галузі загалом.

По-друге, на міжнародному рівні активно розвиваються концепції цифрової трансформації, індустрії 4.0 та сталого розвитку, що передбачають інтеграцію інформаційних технологій у всі етапи життєвого циклу будівельних об’єктів. У цьому контексті виникає потреба у чітких теоретичних підходах до визначення рівнів цифрової зрілості, їх критеріїв і показників.

По-третє, для України ця тема є особливо актуальною в умовах післявоєнного відновлення та масштабної модернізації інфраструктури. Ефективне планування, прозорість процесів і оптимізація витрат неможливі без цифрових інструментів, а отже — без розуміння поточного рівня цифрового розвитку учасників будівельного ринку.

По-четверте, практична значущість дослідження полягає у можливості застосування системної класифікації для діагностики цифрової зрілості учасників будівництва, формування стратегій цифрової трансформації, розробки державної політики у сфері цифровізації будівництва, підвищення інвестиційної привабливості галузі.

Крім того, відсутність уніфікованих підходів до класифікації рівнів цифрового розвитку призводить до розбіжностей у наукових дослідженнях і практичних оцінках, що підсилює потребу у систематизації та узагальненні існуючих підходів.

Аналіз останніх публікацій.

Сучасні дослідження цифрового розвитку будівництва акцентують увагу на інтеграції цифрових технологій на різних рівнях життєвого циклу об’єктів і організацій. Дослідження [1-3] підкреслюють важливість BIM для оптимального управління складними структурами протягом всього життєвого циклу об’єкта, що включає проєктування, будівництво та експлуатацію,

демонструють застосування цифрових двійників для управління демонтажними відходами житлових будівель, підкреслюючи практичну користь BIM для ефективності та сталості процесів, виділяють роль BIM у прийнятті рішень наприкінці життєвого циклу та цифровому демонтажі, що відображає тенденцію переходу від ізольованих рішень до інтегрованих систем управління [3].

Організаційний та управлінський виміри цифрового розвитку розглядають у праці [4], де пропонують цифрову методологію управління організаційно-технологічними процесами будівництва для оптимізації проєктних параметрів, та систематизують підходи до цифрової зрілості у проєктуванні та будівництві [5]. Дослідження демонструє застосування інтегрованої системи підтримки прийняття рішень для впровадження BIM рівня 3, що підкреслює важливість технічної інтеграції та автоматизації процесів [6].

Технологічні аспекти автоматизації і роботизації висвітлюють роботи, які аналізують проблеми впровадження робототехніки у будівництві [8], та пропонують багаторівневу модель готовності до цифрової трансформації в префабрикованих ланцюгах постачання з урахуванням справедливості оптимізації [10], пропонують моделі оцінки цифрової зрілості компаній, включаючи організаційні, процесні та управлінські виміри, що дає можливість системно оцінювати готовність підприємств до трансформації [7, 9].

Аналітичні та прогнозні аспекти цифровізації досліджуються [11], [12] та [15], які аналізують моделі аналітичної зрілості та цифрову трансформацію ресурсної логістики і організаційної підтримки. Ці роботи підкреслюють значення data-driven управління та застосування BI і AI для прийняття рішень. Дослідження [13 - 14] акцентують увагу на інноваційних моделях управління і використанні UAV та спеціального програмного забезпечення для контролю будівельних робіт, що відображає розвиток автоматизації та інтеграції технологій у процеси.

Особливу увагу останнім часом приділяють цифровій трансформації малих і середніх підприємств [18], що розглядається як інноваційний процес із багаторівневою детермінантністю, включаючи технологічний, організаційний та процесний аспекти. Аналіз літератури демонструє, що сучасна цифрова трансформація в будівництві охоплює: впровадження BIM і CDE, автоматизацію та роботизацію процесів, інтеграцію IT-систем, розвиток цифрових компетенцій персоналу, формування стратегій цифрової зрілості та використання аналітики й прогнозування для прийняття управлінських рішень.

Таким чином, літературні джерела підтверджують комплексний характер цифрового розвитку у будівництві, де технологічні, організаційні, процесні та управлінські виміри взаємопов’язані, а ефективність трансформації залежить

від рівня інтеграції цифрових систем, автоматизації, компетентності персоналу та стратегічного управління. Водночас, сучасні дослідження акцентують увагу на багаторівневому підході, що дозволяє оцінювати цифровізацію на рівні окремих працівників, підрозділів, підприємств, галузі та держави, забезпечуючи цілісну оцінку розвитку цифрової екосистеми будівництва [16, 17].

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою статті є дослідження існуючих класифікацій цифрового розвитку та узагальнення їх в єдиний підхід, який дозволить формалізувати оцінювання.

Методи дослідження. Для досягнення поставленої мети, у статті використано наступні методи дослідження: теоретичного узагальнення – для пошуку класифікацій цифрового розвитку, створення єдиної моделі цифрового розвитку, яка включає в себе існуючі класифікації.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Існує кілька підходів до класифікації цифрового розвитку в будівництві, які відрізняються за критеріями та метою оцінювання. Вони дозволяють комплексно досліджувати рівень цифровізації підприємств та процесів у галузі.

Перший підхід базується на стадіях життєвого циклу об’єкта [1 -3]. У цьому випадку оцінювання цифрового розвитку здійснюється окремо для кожного етапу: проєктування, будівництво, експлуатація та демонтаж або реконструкція. Така класифікація дозволяє визначати слабкі місця цифровізації на конкретних етапах і фокусувати зусилля на підвищенні ефективності окремих процесів.

Другий підхід — класифікація за функціональними напрямами, яка орієнтується на сфери застосування цифрових технологій [4, 5]. Вона охоплює проєктні технології, управління проєктами, логістику та постачання, будівельне виробництво, експлуатацію та обслуговування об’єктів. Цей підхід дозволяє деталізувати оцінку цифрового розвитку за видами діяльності та визначати пріоритетні напрямки для впровадження технологій.

Третій підхід — класифікація за рівнем інтеграції даних, яка показує ступінь взаємодії між різними цифровими системами [6]. Рівні інтеграції можуть варіюватися від ізольованих систем до частково інтегрованих, повністю інтегрованих платформ, єдиного цифрового середовища даних (CDE) та повної екосистемної інтеграції. Цей підхід важливий для оцінки узгодженості інформації та ефективності обміну даними.

Четверта класифікація визначає цифровий розвиток за технологічною складністю [7]. Вона охоплює базові цифрові інструменти, такі як CAD і офісні програми, інформаційні технології на основі BIM, інтегровані платформи (ERP,

CRM, CDE), інтелектуальні технології (AI, Big Data) та автономні системи. Цей підхід корисний для технічного аудиту підприємств і визначення ступеня технологічного прогресу.

П'ятий підхід базується на рівні автоматизації, що відображає ступінь заміщення ручної праці цифровими процесами [8]. Він охоплює ручні процеси, часткову автоматизацію, комплексну автоматизацію, роботизацію та автономні системи. Використовується для оцінки продуктивності та ефективності виробництва.

Шостий підхід — класифікація за організаційною зрілістю, яка оцінює готовність компанії до цифрової трансформації [9, 10]. Рівні можуть варіюватися від відсутності цифрової стратегії, фрагментарних ініціатив, системної цифровізації, високого рівня цифрової культури до інноваційної організації. Така класифікація дозволяє оцінити управлінські можливості та підготовленість підприємства до змін.

Сьомий підхід — класифікація за рівнем використання даних, який визначає, наскільки компанія використовує інформацію для управління [11]. Він включає відсутність систематизованих даних, накопичення даних, аналіз даних, прогнозування та автономне прийняття рішень. Цей підхід відображає перехід до data-driven управління.

Восьмий підхід — класифікація за суб'єктами цифровізації, яка розглядає масштаби впровадження цифрових технологій: окремі працівники, підрозділи, підприємство, галузь або держава [12]. Він дозволяє оцінити широту та вплив цифрової трансформації.

Усі аналізовані класифікації можна об'єднати у три великі групи: *структурні* (за етапами, функціями, суб'єктами), *технологічні* (за рівнем технологій, автоматизації, інтеграції) та *управлінські* (за організаційною зрілістю та використанням даних). Найбільш ефективним для практичного використання є комбінований підхід, який поєднує модель цифрової зрілості з однією або кількома додатковими класифікаціями. Це дозволяє створити багатовимірну систему оцінювання цифрового розвитку, що має як теоретичну, так і прикладну основу.

Цифровий розвиток учасників будівництва можна оцінювати за комплексною моделлю (табл. 1), яка поєднує вісім взаємопов'язаних підходів і охоплює технологічний, організаційний, процесний та управлінський виміри. Перший підхід розглядає цифровий розвиток через призму стадій життєвого циклу об'єкта будівництва, оцінюючи цифровізацію на етапах проєктування, будівництва, експлуатації та реконструкції чи демонтажу, що дозволяє виявляти слабкі місця цифровізації та ефективно планувати впровадження технологій на кожному етапі. Другий підхід класифікує цифровізацію за

функціональними напрямами, визначаючи рівень застосування цифрових інструментів у проєктних технологіях, управлінні проєктами, логістиці та постачанні, будівельному виробництві, а також в експлуатації та обслуговуванні об'єктів. Це дозволяє оцінити, які напрямки потребують більшої інтеграції та інновацій.

Третій підхід оцінює рівень інтеграції даних, показуючи ступінь взаємодії між цифровими системами. Він демонструє, наскільки організація просунута від ізольованих систем до частково інтегрованих платформ, єдиного цифрового середовища даних (CDE) або повної екосистемної інтеграції, що дозволяє визначити ефективність обміну інформацією.

Таблиця 1

Класифікація цифрового розвитку

Рівень		Характеристика	Технологічний вимір	Організаційний вимір	Процесний вимір	Управлін-ський вимір
0	Аналоговий (традиційний)	Відсутність цифрових технологій, паперові процеси	Паперові креслення, базові 2D	Відсутність цифрової культури	Ручні, фрагментовані процеси	Інтуїтивне управління
1	Базова цифровізація	Використання окремих IT-рішень	CAD, електронні документи	Початкове впровадження IT	Часткова автоматизація	Обмежена аналітика
2	Інтегрована цифрова взаємодія	Часткова інтеграція систем і даних	BIM (координаційний рівень), CDE	Координація між учасниками	Інтеграція окремих процесів	Управління на основі даних (частково)
3	Системна цифрова трансформація	Наскрізна цифровізація життєвого циклу	BIM (3D/4D/5D), ERP, CRM	Цифрова стратегія, підготовлений персонал	Інтегровані бізнес-процеси	Data-driven управління
4	Інтелектуалізоване будівництво	Використання інноваційних технологій	IoT, цифрові двійники, AI	Високий рівень цифрової культури	Автоматизовані та адаптивні процеси	Прогнозна аналітика
5	Автономне та екосистемне будівництво	Самоорганізовані цифрові системи	Big Data, автономні системи, AI	Інноваційна екосистема	Саморегульовані процеси	Автономне прийняття рішень

Розроблено автором

Четвертий підхід базується на технологічній складності, охоплюючи еволюцію від базових цифрових інструментів, таких як CAD і офісні програми, до інформаційних технологій на основі BIM, інтегрованих платформ (ERP, CRM, CDE), інтелектуальних технологій (AI, Big Data) і автономних систем. Цей підхід важливий для оцінки технічного прогресу та проведення аудиту цифрових можливостей організації. П'ятий підхід визначає рівень автоматизації, тобто ступінь заміщення ручної праці цифровими процесами, включаючи ручні процеси, часткову або комплексну автоматизацію,

роботизацію та автономні системи, що дозволяє оцінювати продуктивність та ефективність виробництва.

Шостий підхід класифікує організаційну зрілість і показує готовність компанії до цифрової трансформації, визначаючи її стан від відсутності цифрової стратегії та фрагментарних ініціатив до системної цифровізації, високого рівня цифрової культури та інноваційної організації. Сьомий підхід оцінює рівень використання даних, відсутність систематизованої інформації, накопичення даних, аналітичну обробку, прогнозування та автономне прийняття рішень. Він відображає поступовий перехід організації до data-driven управління та інтеграції AI. Нарешті, восьмий підхід розглядає цифровий розвиток за суб'єктами цифровізації, оцінюючи масштаби впровадження цифрових технологій від окремих працівників і підрозділів до підприємства, галузі та держави, що дозволяє визначити широту та вплив цифрової трансформації.

На основі цих підходів формується поступова шкала цифрового розвитку, яка інтегрує технологічні, організаційні, процесні та управлінські аспекти. Рівень 0 відповідає аналоговому стану з паперовими процесами, відсутністю цифрової культури та інтуїтивним управлінням. Рівень 1 характеризується базовою цифровізацією, використанням окремих IT-рішень, частковою автоматизацією та обмеженою аналітикою. Рівень 2 передбачає інтегровану цифрову взаємодію, часткову інтеграцію систем та координацію між учасниками з частковим data-driven управлінням. Рівень 3 відповідає системній цифровій трансформації з наскрізною цифровізацією життєвого циклу, використанням BIM 3D/4D/5D, ERP/CRM та інтегрованими бізнес-процесами. Рівень 4 описує інтелектуалізоване будівництво з IoT, цифровими двійниками, AI, високим рівнем цифрової культури та прогнозною аналітикою. Рівень 5 характеризується автономним та екосистемним будівництвом, використанням Big Data, автономних систем і AI, саморегульованими процесами та автономним прийняттям рішень у межах інтегрованої екосистеми.

Ця комплексна модель дозволяє оцінювати цифровий розвиток підприємств всебічно, виявляти слабкі місця на різних етапах життєвого циклу, планувати цифрові ініціативи на різних рівнях організації, підвищувати автоматизацію, аналітичну зрілість і інтеграцію систем, а також ефективно керувати трансформацією від мікрорівня працівника до макрорівня галузі та держави.

Система індикаторів оцінювання цифрового розвитку в будівництві побудована за багатовимірним підходом і охоплює чотири ключові складові: технологічну, організаційну, процесну та управлінську. Така структура дозволяє комплексно оцінити рівень цифрової зрілості підприємства або

проєкту, враховуючи не лише наявність технологій, а й здатність ефективно їх використовувати (табл.2).

У межах **технологічного виміру** оцінювання здійснюється за трьома основними індикаторами. Перший — рівень використання BIM, який відображає ступінь впровадження інформаційного моделювання: від повної відсутності до застосування на всіх етапах життєвого циклу об'єкта. Другий індикатор характеризує рівень автоматизації процесів і визначається як частка автоматизованих операцій у загальній структурі виробничої діяльності. Третій індикатор — інтеграція IT-систем — показує ступінь взаємодії між різними цифровими рішеннями (CAD, BIM, ERP, CRM), що забезпечує узгодженість даних і процесів.

Таблиця 2

Індикатори оцінки цифрового розвитку учасників будівництва

№	Вимір	Індикатор	Опис індикатора	Метод оцінювання	Шкала оцінювання
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
1	Технологічний	Рівень використання BIM	Ступінь впровадження BIM (від відсутності до повного життєвого циклу)	Експертна оцінка / аудит	0–5
2		Автоматизація процесів	Частка автоматизованих процесів у будівництві	% автоматизованих операцій	0–100%
3		Інтеграція IT-систем	Рівень взаємодії між CAD, BIM, ERP, CRM	Кількість інтегрованих систем	0–5
4	Організаційний	Цифрова компетентність персоналу	Рівень навичок працівників у цифрових технологіях	Оцінка через тестування / сертифікацію	0–5
5		Наявність цифрової стратегії	Чіткість і реалізація цифрової стратегії підприємства	Аналіз документів	0–5
6		Інвестиції в цифровізацію	Частка бюджету на IT і цифрові технології	% від загального бюджету	0–100%
7	Процесний	Інтеграція процесів	Ступінь узгодженості етапів життєвого циклу об'єкта	Експертна оцінка	0–5
8		Використання CDE	Рівень застосування спільного середовища даних	Наявність і повнота використання	0–5
9		Цифровий супровід проєкту	Частка процесів, що виконуються в цифровому середовищі	% цифрових процесів	0–100%
10	Управлінський	Data-driven управління	Рівень використання даних у прийнятті рішень	Експертна оцінка	0–5
11		Аналітика та прогнозування	Використання BI, AI для аналізу та прогнозів	Наявність інструментів	0–5

№	Вимір	Індикатор	Опис індикатора	Метод оцінювання	Шкала оцінювання
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
12		Прозорість і контроль	Рівень моніторингу та контролю процесів у реальному часі	Оцінка систем моніторингу	0–5

Розроблено автором

Організаційний вимір відображає готовність підприємства до цифрової трансформації. Він включає оцінку цифрової компетентності персоналу, яка визначається через рівень знань і навичок працівників у сфері цифрових технологій, а також наявність і зрілість цифрової стратегії, що регламентує впровадження інновацій. Додатково враховується рівень інвестицій у цифровізацію, який визначається як частка фінансових ресурсів, спрямованих на розвиток IT-інфраструктури та впровадження цифрових рішень.

У **процесному вимірі** ключова увага приділяється інтеграції та цифровому супроводу будівельних процесів. Індикатор інтеграції процесів характеризує узгодженість етапів життєвого циклу об’єкта — від проєктування до експлуатації. Використання спільного середовища даних (CDE) відображає рівень організації обміну інформацією між учасниками проєкту. Окремо оцінюється частка процесів, що реалізуються в цифровому середовищі, що дозволяє визначити ступінь цифрового покриття діяльності.

Управлінський вимір спрямований на оцінювання якості прийняття рішень у цифровому середовищі. Індикатор data-driven управління показує, наскільки управлінські рішення базуються на даних, а не на інтуїції. Рівень аналітики та прогнозування визначає використання сучасних інструментів бізнес-аналітики та штучного інтелекту для оцінки та передбачення результатів. Додатково оцінюється прозорість і контроль процесів, що передбачає наявність систем моніторингу в реальному часі та можливість оперативного реагування на відхилення.

Оцінювання індикаторів здійснюється за змішаною шкалою. Частина показників визначається за експертною шкалою від 0 до 5, де 0 відповідає повній відсутності відповідного елементу, а 5 — найвищому рівню його розвитку. Інші індикатори мають кількісне вираження у відсотках, що дозволяє більш точно відобразити рівень автоматизації, цифрового покриття або інвестицій.

Для узагальнення результатів пропонується використовувати інтегральний показник цифрового розвитку, який розраховується як зважена сума всіх індикаторів. Це дає змогу отримати єдину кількісну оцінку рівня

цифрової зрілості та забезпечує можливість порівняння різних підприємств або проєктів між собою.

Таким чином, запропонована система індикаторів забезпечує цілісне, об'єктивне та прикладне оцінювання цифрового розвитку в будівництві, що є важливим інструментом для формування стратегій цифрової трансформації галузі.

Висновки і перспективи подальших досліджень. У результаті проведеного дослідження теоретико-прикладних аспектів системної класифікації рівнів цифрового розвитку в будівництві встановлено, що цифрова трансформація галузі є багатовимірним, ієрархічно організованим процесом, який охоплює технологічні, організаційні, управлінські та нормативно-правові складові. Обґрунтовано доцільність застосування системного підходу до класифікації рівнів цифрового розвитку, що дозволяє інтегрувати розрізнені показники цифровізації в єдину узгоджену модель та забезпечити комплексне оцінювання стану будови.

Класифікація рівнів цифрового розвитку повинна базуватися на принципах ієрархічності, масштабованості, адаптивності та інтероперабельності. Такий підхід забезпечує можливість її застосування як на рівні окремих учасників будівництва, так і на рівні будови або галузі в цілому. Визначено, що ключовими критеріями класифікації виступають ступінь впровадження цифрових технологій (зокрема BIM, IoT, цифрових двійників), рівень інтеграції інформаційних потоків, автоматизації бізнес-процесів, а також рівень цифрової зрілості управлінських рішень.

Обґрунтовано доцільність виділення декількох рівнів цифрового розвитку (від базового до інтегрованого та інтелектуального), кожен з яких характеризується відповідним набором індикаторів, інструментів та організаційних практик. Встановлено, що перехід між рівнями є поступовим і потребує не лише технологічних інвестицій, але й підвищення кваліфікації персоналу та вдосконалення нормативного забезпечення.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості використання розробленої класифікації для діагностики рівня цифрового розвитку учасників будівництва та будов, формування стратегій цифрової трансформації, а також розроблення дорожніх карт впровадження інновацій.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з розробленням кількісних методів оцінювання рівнів цифрового розвитку, формуванням інтегральних індексів цифрової зрілості, а також апробацією запропонованої класифікації на практиці в умовах реальних будівельних проєктів. Особливої уваги потребує дослідження впливу штучного інтелекту, великих даних та автоматизованих

систем управління на формування нових, більш високих рівнів цифрової трансформації.

Література

1. Mohammed Awad Abuhussain, Ahsan Waqar, Abdul Mateen Khan, Idris Othman, Badr Saad Alotaibi, Fadi Althoey, Maher Abuhussain, Integrating Building Information Modeling (BIM) for optimal lifecycle management of complex structures, Structures, Volume 60, 2024, 105831, https://doi.org/10.1016/j.istruc.2023.105831.

2. Kaewunruen, S., Lin, YH. & Guo, Y. BIM-driven digital twin for demolition waste management of existing residential buildings. *Sci Rep* **15**, 28989 (2025). https://doi.org/10.1038/s41598-025-13938-9

3. Akbarieh, A., Jayasinghe, L. B., Waldmann, D., & Teferle, F. N. (2020). BIM-Based End-of-Lifecycle Decision Making and Digital Deconstruction: Literature Review. *Sustainability*, *12*(7), 2670. https://doi.org/10.3390/su12072670

4. Железняк, В., & Конончук, Р. (2024). Цифрова методологія управління організаційно-технологічними процесами будівництва обєктів для оптимізації проєктних параметрів. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*, *2*(54), 325–333. https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.54(2).325-333

5. Srinath Perera, Xiaohua Jin, Priyadarshini Das, Kasun Gunasekara, Marini Samaratunga, A strategic framework for digital maturity of design and construction through a systematic review and application, Journal of Industrial Information Integration, Volume 31, 2023, 100413, https://doi.org/10.1016/j.jii.2022.100413.

6. Abumoeilak L, Beheiry S and Atabay S (2025) An integrated decision support system for BIM level 3 implementation. Front. Built Environ. 11:1687407. doi: 10.3389/fbuil.2025.1687407.

7. Jäkel, Jan-Iwo & Fischerkeller, Franziska & Oberhoff, Tessa & Klemt-Albert, Katharina. (2024). Development of a Maturity Model for the Digital transformation of companies in the context of Construction Industry 4.0. Journal of Information Technology in Construction. 29. 778-809. 10.36680/j.itcon.2024.034.

8. Juan Manuel Davila Delgado, Lukumon Oyedele, Anuoluwapo Ajayi, Lukman Akanbi, Olugbenga Akinade, Muhammad Bilal, Hakeem Owolabi, Robotics and automated systems in construction: Understanding industry-specific challenges for adoption, Journal of Building Engineering, Volume 26, 2019, 100868, https://doi.org/10.1016/j.jobe.2019.100868.

9. Ullah, R., Harrington, J., Farea, A., Otreba, M., Carroll, S., & McKenna, T. (2026). Digital Maturity Assessment Tools for the Construction Industry: A PRISMA-ScR Scoping Review. *Buildings*, *16*(1), 239. https://doi.org/10.3390/buildings16010239

10. Zhen-Song Chen, Kou-Dan Chen, Kannan Govindan, Maxwell Fordjour Antwi-Afari, Evaluating digital transformation readiness in prefabricated construction supply chains: A multi-level model and fairness-aware optimization approach, Journal of Industrial Information Integration, Volume 45, 2025, 100831, https://doi.org/10.1016/j.jii.2025.100831.

11. Król, K., & Zdonek, D. (2020). Analytics Maturity Models: An Overview. *Information*, *11*(3), 142. https://doi.org/10.3390/info11030142

12. Tubis, A.A. (2023). Digital Maturity Assessment Model for the Organizational and Process Dimensions. *Sustainability*, *15*(20), 15122. https://doi.org/10.3390/su152015122

13. Зельцер Р.Я. Інноваційні моделі і методи організації, управління і економічної оцінки технологічних процесів будівельного виробництва: монографія. Київ: «МП Леся», 2018. 208 с.

14. Tugay, O.A. et al (2019). Organization of Supervision over Construction Works Using Uavs and Special Software. Nauka i innovatsii, vol. 15(4), 23-32

15. Zeltser, R. et al (2019). Digital Transformation of Resource Logistics and Organizational and Structural Support of Construction. Nauka i innovatsii, 15(5), 39-51

16. Belenkova, O.Yu. Digital transformation of construction and development of territories as an imperative for the formation of strategies of participants in the construction process. Urban planning and territorial planning, 2022. 81, 13–22.

17. Tsyfra T.Yu. BIM as a tool for reforming the pricing system (on the example of road construction enterprises in Kazakhstan). Ways to increase the efficiency of construction in the conditions of the formation of market relations. 2021. No. 47 (2). P. 168-180.

18. Romero, I., Mammadov, H. Digital Transformation of Small and Medium-Sized Enterprises as an Innovation Process: A Holistic Study of its Determinants. *J Knowl Econ* **16**, 8496–8523 (2025). https://doi.org/10.1007/s13132-024-02217-z

PhD in Technical Science **Denis Dubinin,**
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

THEORETICAL AND APPLIED ASPECTS OF THE SYSTEM CLASSIFICATION OF DIGITAL DEVELOPMENT LEVELS: QUALITY, INTEGRATION, IMPACT ON THE ORGANIZATION OF CONSTRUCTION

The article considers theoretical and applied aspects of the systematic classification of levels of digital development in construction, which allows for a comprehensive assessment of the digitalization of enterprises, projects and the

construction industry. The proposed model is based on eight interrelated approaches: classification by stages of the object's life cycle, functional areas, level of data integration, technological complexity, level of automation, organizational maturity, level of data use and subjects of digitalization. Each approach reflects a specific aspect of transformation, providing an analysis of the technological, organizational, process and managerial dimensions of digital development.

To assess the digital development of enterprises in the construction industry, a generalized scale of levels from 0 to 5 is proposed, where level zero corresponds to traditional analog processes with paper documentation and manual management, and level five to autonomous and ecosystem construction with integrated digital platforms, Big Data, AI, self-regulating processes and autonomous decision-making. The model allows assessing the weaknesses of digitalization at specific stages of the object's life cycle, the level of system integration, technological complexity and degree of automation, as well as the organization's readiness for digital transformation, personnel competence, the use of analytics and data-driven management.

Based on a review of modern scientific sources, it is shown that digital development in construction combines the implementation of BIM and CDE, automation and robotization of processes, integration of IT systems (CAD, ERP, CRM), the development of digital competencies of personnel, analytical support of management decisions and the formation of digital maturity strategies. Literary sources confirm the multi-level nature of digital transformation, covering both individual employees and departments, as well as enterprises, industries and the state, providing a holistic assessment of the digital ecosystem.

The proposed classification is of practical importance for management and technical audits, planning investments in digital technologies, optimizing construction processes and increasing the efficiency of data-based decision-making. It serves as a methodological basis for developing digital development indicators, assessing the readiness of enterprises to implement modern technologies, and forming strategies for the transition to intelligent and autonomous construction that meets modern industry 4.0 standards.

Keywords: construction organization; quality; digital transformation; process formalization; construction; BIM; digital maturity; digital development; digital innovations; stakeholders and construction participants; construction; Information support for design; digital design; digital construction organization.

REFERENCES

1. 1. Mohammed Awad Abuhussain, Ahsan Waqar, Abdul Mateen Khan, Idris Othman, Badr Saad Alotaibi, Fadi Althoey, Maher Abuhussain, Integrating Building

Information Modeling (BIM) for optimal lifecycle management of complex structures, Structures, Volume 60, 2024, 105831, https://doi.org/10.1016/j.istruc.2023.105831. {in English}

2. Kaewunruen, S., Lin, YH. & Guo, Y. BIM-driven digital twin for demolition waste management of existing residential buildings. *Sci Rep* **15**, 28989 (2025). https://doi.org/10.1038/s41598-025-13938-9 {in English}

3. Akbarieh, A., Jayasinghe, L. B., Waldmann, D., & Teferle, F. N. (2020). BIM-Based End-of-Lifecycle Decision Making and Digital Deconstruction: Literature Review. *Sustainability*, *12*(7), 2670. https://doi.org/10.3390/su12072670 {in English}

4. Zhelezniak , V., & Kononchuk, R. (2024). Tsyfrova metodolohiia upravlinnia orhanizatsiino-tekhnolohichnymy protsesamy budivnytstva obiektiv dlia optymizatsii proiektnykh parametriv. Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva, 2(54), 325–333. https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.54(2).325-333

5. Srinath Perera, Xiaohua Jin, Priyadarshini Das, Kasun Gunasekara, Marini Samaratunga, A strategic framework for digital maturity of design and construction through a systematic review and application, Journal of Industrial Information Integration, Volume 31, 2023, 100413, https://doi.org/10.1016/j.jii.2022.100413. {in English}

6. Abumoeilak L, Beheiry S and Atabay S (2025) An integrated decision support system for BIM level 3 implementation. Front. Built Environ. 11:1687407. doi: 10.3389/fbuil.2025.1687407. {in English}

7. Jäkel, Jan-Iwo & Fischerkeller, Franziska & Oberhoff, Tessa & Klemt-Albert, Katharina. (2024). Development of a Maturity Model for the Digital transformation of companies in the context of Construction Industry 4.0. Journal of Information Technology in Construction. 29. 778-809. 10.36680/j.itcon.2024.034. {in English}

8. Juan Manuel Davila Delgado, Lukumon Oyedele, Anuoluwapo Ajayi, Lukman Akanbi, Olugbenga Akinade, Muhammad Bilal, Hakeem Owolabi, Robotics and automated systems in construction: Understanding industry-specific challenges for adoption, Journal of Building Engineering, Volume 26, 2019, 100868, https://doi.org/10.1016/j.jobe.2019.100868. {in English}

9. Ullah, R., Harrington, J., Farea, A., Otreba, M., Carroll, S., & McKenna, T. (2026). Digital Maturity Assessment Tools for the Construction Industry: A PRISMA-ScR Scoping Review. *Buildings*, *16*(1), 239. https://doi.org/10.3390/buildings16010239 {in English}

10. Zhen-Song Chen, Kou-Dan Chen, Kannan Govindan, Maxwell Fordjour Antwi-Afari, Evaluating digital transformation readiness in prefabricated construction supply chains: A multi-level model and fairness-aware optimization approach, Journal of Industrial Information Integration, Volume 45, 2025, 100831, https://doi.org/10.1016/j.jii.2025.100831. {in English}

11. Król, K., & Zdonek, D. (2020). Analytics Maturity Models: An Overview. *Information*, *11*(3), 142. https://doi.org/10.3390/info11030142

12. Tubis, A.A. (2023). Digital Maturity Assessment Model for the Organizational and Process Dimensions. *Sustainability*, *15*(20), 15122. https://doi.org/10.3390/su152015122 {in English}

13. Zeltser R.Ya. Innovatsiini modeli i metody orhanizatsii, upravlinnia i ekonomichnoi otsinky tekhnolohichnykh protsesiv budivelnoho vyrobnytstva: monohrafiia. Kyiv: «MP Lesia», 2018. 208 s. {in Ukrainian}

14. Tugay, O.A. et al (2019). Organization of Supervision over Construction Works Using Uavs and Special Software. Nauka i innovatsii, vol. 15(4), 23-32 {in English}

15. Zeltser, R. et al (2019). Digital Transformation of Resource Logistics and Organizational and Structural Support of Construction. Nauka i innovatsii, 15(5), 39-51 {in English}

16. Belenkova, O.Yu. Digital transformation of construction and development of territories as an imperative for the formation of strategies of participants in the construction process. Urban planning and territorial planning, 2022. 81, 13–22. {in Ukrainian}

17. Tsyfra T.Yu. BIM as a tool for reforming the pricing system (on the example of road construction enterprises in Kazakhstan). Ways to increase the efficiency of construction in the conditions of the formation of market relations. 2021. No. 47 (2). P. 168-180. {in Ukrainian}

18. Romero, I., Mammadov, H. Digital Transformation of Small and Medium-Sized Enterprises as an Innovation Process: A Holistic Study of its Determinants. *J Knowl Econ* **16**, 8496–8523 (2025). https://doi.org/10.1007/s13132-024-02217-z {in English}

DOI: 10.32347/2786-7269.2026.17.509-522
УДК 331.2

к.е.н., доцент **Іванова Т.М.,**
ivanova.tm@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0001-8883-7881,
к.е.н., доцент **Мостовенко О.О.,**
mostovenko.oo@knuba.edu.ua, ORCID: 0009-0009-1632-3510,
Київський національний університет будівництва і архітектури

МІЖНАРОДНИЙ ДОСВІД ОРГАНІЗАЦІЇ ОПЛАТИ ПРАЦІ У КОНТЕКСТІ ПІСЛЯВОЄННОЇ ВІДБУДОВИ ЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ

Досліджено досвід організації оплати праці в зарубіжній практиці та обґрунтовано можливості його адаптації в умовах післявоєнної відбудови економіки України. Актуальність теми зумовлена необхідністю формування ефективної, гнучкої та соціально орієнтованої системи винагороди праці, здатної забезпечити відновлення людського капіталу, підвищення продуктивності праці та стимулювання інвестиційної активності. Метою дослідження є узагальнення ключових моделей оплати праці, які застосовуються у провідних країнах світу, а також визначення напрямів їх імплементації в національну практику.

Проаналізовано особливості ліберальної, континентально-європейської, скандинавської та корпоративної моделей оплати праці, зокрема з урахуванням практики США, Німеччини, Швеції, Великої Британії та Японії. Визначено, що ефективні системи винагороди базуються на поєднанні ринкових механізмів, колективно-договірного регулювання та індивідуалізованих підходів до стимулювання працівників. Доведено, що важливими складовими сучасних моделей виступає гнучкість оплати праці, використання систем, орієнтованих на результативність, розвиток грейдингових структур, а також розширення компенсаційних пакетів.

Особливу увагу приділено аналізу впливу інституційних чинників, рівня соціального партнерства та державного регулювання на формування заробітної плати. Обґрунтовано, що впровадження міжнародного досвіду в Україні має здійснюватися з урахуванням національних особливостей ринку праці, демографічних викликів і процесів європейської інтеграції. Запропоновано напрями модернізації системи оплати праці, які передбачають посилення ролі колективних переговорів, впровадження інноваційних підходів до винагороди, цифровізацію процесів управління персоналом та забезпечення прозорості й справедливості оплати праці.

Зроблено висновок, що адаптація міжнародного досвіду організації оплати праці є важливою передумовою формування конкурентоспроможної

економіки України у післявоєнний період, підвищення якості зайнятості та забезпечення сталого соціально-економічного розвитку.

Ключові слова: оплата праці; інноваційна активність; інтелектуальний капітал; соціальна відповідальність; моделі обліку.

Постановка проблеми. В умовах трансформації соціально-економічної системи України, зумовленої наслідками воєнних дій, актуальності набуває проблема формування ефективної системи оплати праці як ключового інструменту відновлення економіки та розвитку інтелектуального капіталу. Відбудова національної економіки потребує залучення інвестицій та модернізації виробничої інфраструктури на інноваційній основі, створення конкурентоспроможного ринку праці, здатного забезпечити належний рівень доходів та якості життя населення, підвищення продуктивності праці та зменшення масштабів трудової міграції.

Система оплати праці виступає важливим індикатором соціально-трудових відносин, визначає мотивацію працівників, ефективність використання трудових ресурсів та рівень соціальної справедливості в суспільстві. Міжнародний досвід організації оплати праці демонструє різноманіття підходів до формування заробітної плати, поєднання ринкових і інституційних механізмів, а також баланс між гнучкістю та соціальним захистом працівників.

Аналіз існуючих практик провідних країн світу свідчить про ефективність різних моделей оплати праці, зокрема ліберальної, соціально-ринкової, скандинавської та корпоративної, які відрізняються рівнем державного регулювання, роллю профспілок, структурою заробітної плати та ступенем її диференціації. Водночас їх адаптація в Україні має здійснюватися з урахуванням національних особливостей, інституційних обмежень і стратегічних пріоритетів післявоєнного розвитку країни.

Аналіз останніх досліджень. Міжнародний досвід оплати праці вивчали та досліджують багато вітчизняних науковців-економістів, як Галайда Т. [6], Іванчук Н. [7], Іващенко А. [8], Жуліна Є., Колобердянко І. [10], Машевська А. [11], Мартинюк Н., Редька Ю., Рябуха А., Сікора О., Тибінка Г. [16] та інші. Проте питання адаптації міжнародного досвіду організації оплати праці з урахуванням інноваційних підходів мотивації працівників в умовах післявоєнної відбудови України потребують подальшого дослідження та удосконалення.

Метою статті є узагальнення міжнародного досвіду організації оплати праці, визначення можливості імплементації відповідних практик у національну систему соціально-трудових відносин та обґрунтування напрямів її адаптації в Україні в контексті післявоєнної відбудови економіки.

Виклад основного матеріалу. Сучасні міжнародні системи оплати праці історично формувалися під впливом економічних моделей, ринку праці, соціального політики держави та інших факторів, які базуються на поширенні гнучких моделей оплати праці, орієнтованих на продуктивність та компетенції працівників.

Досвід країн із розвиненою ринковою економікою є важливим для дослідження систем організації оплати праці та визначення можливостей імплементації ефективних елементів зарубіжних моделей у діяльність вітчизняних суб'єктів господарювання. Особливу увагу потрібно приділити використанню передового досвіду у сфері впровадження сучасних систем оцінювання персоналу, розвитку компетентнісних моделей, а також формування і застосування інноваційних інструментів матеріального стимулювання різних категорій працівників, орієнтованих на результативність та підвищення продуктивності праці. Проведемо дослідження систем оплати праці на прикладі США, Німеччини, Японії, Великої Британії та Швеції, яке дозволить виявити ключові особливості мотиваційних систем країн і визначити напрями їх адаптації до національної економіки України.

Американська модель організації оплати праці, як і модель обліку країни, характеризується високим рівнем гнучкості та децентралізації, формування заробітної плати відбувається переважно під впливом ринкових механізмів попиту і пропозиції на робочу силу. Державне регулювання має обмежений характер і проявляється у встановленні федерального рівня мінімальної заробітної плати, тоді як конкретні параметри винагороди визначаються на рівні індивідуальних трудових договорів та внутрішньої політики роботодавців.

Ключовими рисами американської моделі оплати праці є домінування індивідуалізованих контрактних відносин, значна частка змінної складової заробітку через різноманітні системи преміювання, застосування грейдових структур (pay bands), орієнтація на конкурентні умови ринку праці, відсутність жорстко регламентованих тарифних сіток, а також широке використання гнучких програм матеріального стимулювання, заснованих на результативності працівників (performance-based pay).

Система оплати праці у США вирізняється високим рівнем ринкової адаптивності, значною варіативністю форм винагороди та істотною диференціацією доходів залежно від галузі, кваліфікації працівника й регіональних особливостей, а її функціонування базується на поєднанні мінімального державного регулювання та домінуванні корпоративних механізмів формування оплати праці.

Передусім, слід відзначити, що на федеральному рівні мінімальна заробітна плата у США станом на 2025 р. становить 7,25 дол. США за годину

(незмінна з 2009 р.) [13], однак у більшості штатів встановлено вищі стандарти. Зокрема, серед штатів найвища мінімальна зарплата на годину встановлена у Вашингтоні, Каліфорнії, Нью-Йорку та Коннектикуті – 16,35 доларів, найнижча ставка – 5,15 доларів діє в Джорджії та Вайомінгу, в Техасі, Кентуккі, Індіані, Айові, Айдахо, Канзасі, Оклахомі, Юті, що відображає значну територіальну диференціацію оплати праці [1]. Проте працівник завжди отримує вищу з двох ставок – штату або федеральну.

Середній рівень заробітної плати також демонструє суттєву варіативність. Так, у 2025 р. медіанна погодинна заробітна плата становила близько 23–25 дол. США; середній тижневий дохід найманих працівників перевищував 1100–1200 дол. США, а у висококваліфікованих галузях (IT та фінансовий сектор) річні доходи часто перевищують 100-150 тис. дол. США [14]. Окремої уваги заслуговує галузева диференціація заробітної плати. Наприклад, у сфері інформаційних технологій середня річна зарплата становить близько 120-150 тис. дол. США; у фінансовому секторі 90–140 тис. дол. США; у будівництві та логістиці 40-70 тис. дол. США, а у роздрібній торгівлі 30-45 тис. дол. [1; 9].

Важливою характеристикою американської моделі є значна частка змінної складової доходів. За оцінками експертів [6], у великих корпораціях частка бонусів та премій може становити 10–30% сукупного доходу для середнього менеджменту та 50% і більше – для топ-менеджменту та працівників фінансового сектору. Поширеним інструментом матеріального стимулювання є програми pay-for-performance, які передбачають тісний зв’язок між результативністю працівника та розміром винагороди. У технологічних компаніях (наприклад, Google, Microsoft) широко використовуються опціони на акції, які дозволяють працівникам отримувати додатковий дохід у разі зростання вартості компанії. Крім того, суттєвим елементом компенсаційного пакету є непрямі виплати (benefits), які в середньому становлять 25–35% загальних витрат роботодавця на персонал і включають медичне страхування, пенсійні програми (зокрема плани типу 401(k)), оплачувані відпустки, страхування життя та інші соціальні гарантії.

Система оплати праці у США характеризується поєднанням високої гнучкості, значної диференціації доходів, орієнтації на результативність та забезпечує конкурентоспроможність робочої сили, стимулює підвищення продуктивності праці, проте водночас супроводжується підвищеним рівнем соціально-економічної нерівності та значною залежністю добробуту працівників від кон’юнктури ринку праці.

Наступною країною з високорозвинутою економікою є Японія. Система оплати праці країни характеризується поєднанням традиційних інституційних підходів та поступової трансформації під впливом глобалізаційних і

демографічних чинників [8]. На відміну від американської моделі, японська система історично базується на принципах довгострокової зайнятості, колективізму та поступового зростання винагороди відповідно до стажу роботи. Ключовим елементом є так звана система «старшинства» (nenko), відповідно до якої рівень заробітної плати зростає зі збільшенням віку та тривалості роботи в компанії. В той же час спостерігається поступове впровадження елементів оплати за результатами (performance-based pay), особливо у великих корпораціях.

Державне регулювання оплати праці в Японії здійснюється через встановлення мінімальної заробітної плати, яка диференціюється за префектурами. Станом на 2025 р. середній рівень мінімальної оплати праці становить близько 1000–1100 єн за годину [3], у Токіо цей показник перевищує мінімальне значення та є найвищим у країні. Середня місячна заробітна плата по країні складає близько 300–330 тис. єн, середній річний дохід – приблизно 4,5–5,5 млн єн, у великих корпораціях цей показник може перевищувати 6-7 млн єн. [15]. Галузева диференціація оплати праці в Японії має такі параметри: у сфері промислового виробництва 4-6 млн єн на рік, у фінансовому секторі - 6-9 млн єн, у IT-секторі 5–8 млн єн, а у сфері послуг і торгівлі 3-4,5 млн єн. [11].

Структура заробітної плати зазвичай включає базовий оклад (kihonkyu), який залежить від стажу роботи працівника, надбавки (за сімейний стан, транспорт, житло), різноманітні бонуси та понаднормові виплати. Особливістю японської моделі є значна роль бонусних виплат. Традиційно працівники отримують дві великі премії на рік (влітку та взимку), які можуть становити 30–50% річного доходу, а у великих компаніях – до 4–6 місячних окладів [10].

Важливої характеристикою системи оплати праці Японії є значна поширеність довгострокових трудових відносин [16]. Хоча зараз система «довічного найму» поступово послаблюється, у великих компаніях вона охоплює до 20–30% працівників, тоді як у малому бізнесі її значення є значно меншим. Водночас частка змінної складової доходів у Японії є нижчою, ніж у США, за винятком бонусних виплат, які мають колективний, а не індивідуальний характер. Суттєву роль у системі винагороди відіграють соціальні виплати та корпоративні гарантії. Частка непрямих витрат роботодавця на персонал становить близько 20–30%, включаючи медичне страхування, пенсійні програми, корпоративні соціальні пакети та компенсацію транспортних витрат.

Саме японська модель оплати праці поєднує стабільність і соціальну орієнтованість із поступовим впровадженням ринкових механізмів, яка забезпечує високий рівень лояльності працівників і соціальної захищеності,

проте водночас може обмежувати індивідуальну мобільність і гнучкість ринку праці, що в сучасних умовах зумовлює її еволюційну трансформацію.

Оплата праці в Німеччині характеризується поєднанням ринкових механізмів із потужною інституційною роллю колективно-договірного регулювання. Важливу роль в країні відіграють галузеві тарифні угоди (Tarifverträge), які укладаються між профспілками та об'єднаннями роботодавців і визначають рівень заробітної плати, умови праці та соціальні гарантії.

У 2025 р. в Німеччині мінімальна заробітна плата становить близько 12,4 євро за годину, а середня брутто-заробітна плата – близько 4000–4200 євро на місяць [2].

Особливістю організації оплати праці в країні є значне охоплення працівників колективними договорами – близько 50–55% зайнятих. Структура заробітної плати включає тарифну (базову) частину, надбавки (за стаж, кваліфікацію, умови праці) та премії та бонуси (зазвичай 5–15% доходу) [6]. Соціальні внески для бізнесу є суттєвими, роботодавець додатково сплачує близько 20–22% фонду оплати праці на соціальне страхування [7]. Модель організації оплати праці забезпечує високий рівень соціального захисту та відносну стабільність доходів, хоча менш гнучка порівняно з англосаксонськими системами.

Класичним прикладом соціально орієнтованої економіки з високим рівнем колективного регулювання та мінімальним прямим втручанням держави у встановлення заробітної плати є шведська модель оплати праці, яка забезпечує високий рівень соціальної рівності, прозорості та захищеності працівників, хоча може обмежувати індивідуальну гнучкість винагороди. На відміну від більшості країн, у Швеції відсутня законодавчо встановлена мінімальна заробітна плата – її рівень визначається через колективні договори. Середня місячна зарплата становить близько 38000–40000 шведських крон [5].

Рівень охоплення колективними договорами є одним із найвищих у світі – понад 85–90% працівників [8]. Основними рисами цієї моделі є централізоване узгодження рівнів оплати праці, відносно невелика диференціація доходів, значна частка фіксованої оплати. Змінна складова (бонуси) зазвичай не перевищує 5–10% доходу, за винятком окремих секторів (фінанси, IT). Існує галузева диференціація оплати праці, наприклад, сфера IT та інженерія – 45 000–60 000 крон/міс., державний сектор – 30 000–40 000 крон, сфера послуг – 25 000–32 000 крон [5]. Соціальні витрати роботодавця є значними і становлять близько 30–32% від фонду оплати праці.

Британська модель поєднує гнучкість ринку праці з базовими соціальними гарантіями, забезпечуючи баланс між конкурентоспроможністю та соціальним

захистом, хоча характеризується більшою диференціацією доходів порівняно з країнами Північної Європи. Модель є змішаною, поєднуючи ринкові механізми з елементами державного регулювання, характеризується більшою гнучкістю порівняно з континентальною Європою, але водночас має розвинену систему соціальних стандартів.

Станом на 2025 р. національна мінімальна заробітна плата для працівників віком старше 23 років становить близько 10,4–11,4 фунтів стерлінгів за годину, середня річна зарплата – близько 33 000–35 000 фунтів [4].

Структура заробітної плати в Британії включає базовий оклад, бонуси та премії (у середньому 10–20%, у фінансовому секторі – значно більше) та додаткові пільги (пенсійні програми, страхування). Галузева диференціація оплати праці коливається, у фінансовому секторі (Лондон) – 50 000–100 000+ фунтів/рік, сфері IT – 40 000–80 000 фунтів та роздрібна торгівля та послуги – 22 000–30 000 фунтів. Частка непрямих витрат роботодавця становить близько 15–20% (включаючи внески на соціальне страхування).

В таблиці 1 наведено порівняльний аналіз моделей оплати праці в зарубіжній практиці.

Таблиця 1

Моделі оплати праці в глобальному економічному середовищі

Критерій	США	Японія	Німеччина	Швеція	Велика Британія
Модель регулювання	Ринкова	Корпоративно-ієрархічна	Соціально-ринкова	Колективно-договірна	Змішана
Роль держави	Мінімальна	Помірна	Значна (через інститути)	Обмежена (опосередкована)	Помірна
Мінімальна зарплата	7,25 дол./год (федеральна), вища у штатах	~1000–1100 єн/год	~12,4 євро/год	Відсутня (визначається колективно)	~10,4–11,4 фунтів/год
Соціальні витрати роботодавця	~25–35%	~20–30%	~20–22%	~30–32%	~15–20%
Гнучкість системи	Дуже висока	Середня	Помірна	Низька	Висока
Характер зайнятості	Індивідуальні контракти	Довгострокова зайнятість	Стабільна зайнятість	Стабільна, соціально орієнтована	Гнучка

Розроблено авторами

Аналіз міжнародного досвіду організації оплати праці на основі облікових систем дозволяє виявити наступні моделі:

- ліберальна (США, Велика Британія), якій притаманні висока гнучкість, значна роль ринку та істотна диференціація доходів;

- соціально-ринкова (Німеччина) поєднує ринкові механізми з інституційним регулюванням через колективні угоди;
- скандинавська (Швеція) базується на високому рівні соціального партнерства та мінімізації нерівності;
- корпоративна (Японія) орієнтована на стабільність зайнятості та поступове зростання доходів.

В таблиці 2 наведена порівняльна характеристика переваг та недоліків організації оплати праці.

Таблиця 2

Порівняльна оцінка моделей оплати праці за критеріями ефективності та обмежень

Країна	Переваги	Недоліки	Напрями вдосконалення
США	Висока гнучкість; сильна мотивація; швидка адаптація до ринку; стимулювання продуктивності	Висока диференціація доходів; обмежений соціальний захист; нестабільність доходів	Посилення соціальних гарантій; зменшення нерівності; баланс між змінною та фіксованою оплатою
Японія	Стабільність зайнятості; висока лояльність персоналу; соціальна згуртованість	Низька мобільність працівників; обмежена гнучкість; слабка прив'язка до індивідуальних результатів	Розширення performance-based підходів; підвищення гнучкості; стимулювання мобільності
Німеччина	Високий рівень соціального захисту; стабільність доходів; узгодження інтересів сторін	Обмежена гнучкість; високе навантаження на роботодавців; повільна адаптація до змін	Підвищення гнучкості оплати; цифровізація HR-процесів; оптимізація соціальних витрат
Швеція	Висока соціальна рівність; прозорість; сильний соціальний захист; довіра між сторонами	Обмежена диференціація стимулів; високе податкове навантаження; стримування індивідуальної мотивації	Впровадження індивідуальних стимулів; підтримка інновацій; підвищення продуктивності
Велика Британія	Гнучкість; адаптивність; можливості кар'єрного зростання; розвиток конкуренції	Висока нерівність доходів; нестабільність зайнятості; обмежена роль профспілок	Посилення соціального діалогу; зменшення нерівності; розвиток системи гарантій

Розроблено авторами

Порівняльний аналіз моделей оплати праці свідчить про те, що жодна з моделей не є універсальною, оскільки має як сильні сторони, так і обмеження. Ліберальні моделі забезпечують гнучкість і високу мотивацію, але потребують посилення соціального захисту, тоді як соціально орієнтовані моделі

гарантують стабільність і рівність, проте можуть обмежувати динамічність ринку праці.

Імплементація міжнародного досвіду організації оплати праці в Україні у період повоєнної відбудови має здійснюватися на засадах поєднання ринкової гнучкості, інституційної спроможності держави та принципів соціального партнерства [12].

Одним із ключових напрямів має стати трансформація системи державного регулювання оплати праці шляхом запровадження багаторівневої моделі, яка забезпечить узгодження інтересів працівників і роботодавців та зниження рівня соціально-економічної напруженості. З огляду на процеси європейської інтеграції, доцільним виступає гармонізація національного законодавства у сфері оплати праці з європейськими стандартами щодо забезпечення рівної оплати за рівну працю, недискримінації та прозорості винагороди, яке сприятиме інтеграції України до єдиного економічного простору та підвищенню довіри з боку міжнародних інвесторів.

Впровадження гнучких систем оплати праці (моделі pay-for-performance, бонусні програми, індивідуалізованих контрактів тощо), орієнтованих на результативність діяльності працівників, дозволить посилити мотиваційний потенціал заробітної плати та адаптувати її до умов динамічного ринку праці. Розвиток системи грейдування посад і прозорих тарифних сіток на рівні підприємств з використанням міжнародних стандартів оцінювання посад і компетенцій сприятиме підвищенню об’єктивності оцінювання праці, мінімізації дискримінаційних практик та формуванню чітких кар’єрних траєкторій. Вдосконалення структури компенсаційних пакетів через розширення частки непрямих виплат (медичного страхування, пенсійних накопичень, програм професійного розвитку, соціальних пільг тощо) дозволить підвищити привабливість зайнятості, особливо в умовах демографічних викликів та міграції робочої сили.

Підвищення ролі інтелектуального капіталу у формуванні системи оплати праці шляхом тіснішого зв’язку рівня винагороди з кваліфікацією, навичками та продуктивністю працівників передбачає розвиток систем безперервного навчання, сертифікації та оцінювання компетентностей.

Впровадження міжнародного досвіду організації оплати праці в Україні має комплексний характер і передбачає інституційні, економічні та соціальні трансформації, спрямовані на формування ефективної, справедливої та конкурентоспроможної системи винагороди праці в умовах післявоєнного відновлення економіки. Інноваційна трансформація системи оплати праці в Україні в умовах повоєнної відбудови має ґрунтуватися на поєднанні найкращих міжнародних практик із урахуванням національних інституційних,

економічних і соціальних особливостей. Пріоритетом виступає формування гнучкої, прозорої та результатоорієнтованої моделі винагороди, здатної стимулювати продуктивність праці, утримання людського капіталу та інноваційну активність.

Одним із ключових інноваційних підходів є впровадження цифрових систем управління оплатою праці на основі інтегрованих HRIS-платформ, яке дозволяє здійснювати моніторинг ринкових рівнів заробітної плати в режимі реального часу, прогнозувати потреби у персоналі та формувати індивідуалізовані компенсаційні пакети. Застосування гнучких моделей винагороди (концепція total rewards, у межах якої поєднуються базова заробітна плата, змінна частина, соціальні пільги, можливості професійного розвитку та нематеріальні стимули) передбачають персоналізацію структури доходу працівника.

Використання систем оплати праці, заснованих на результативності та досягненні ключових показників ефективності (KPI, OKR та інших сучасних методик оцінювання результатів діяльності) дозволяє забезпечити прямий зв'язок між внеском працівника та рівнем його винагороди. Впровадження грейдингових систем нового покоління, які базуються на посадових обов'язках та компетентнісних моделях, рівні цифрових навичок та інноваційної активності працівників, дозволяє формувати більш гнучкі кар'єрні траєкторії та стимулювати професійний розвиток. Інноваційним підходом також виступає впровадження гнучких форм організації праці та відповідних моделей оплати, що враховують поширення дистанційної зайнятості, проєктної роботи, гіг-економіки та передбачає перехід від оплати за відпрацьований час до оплати за досягнутий результат, що підвищує ефективність використання трудових ресурсів.

Окремим напрямом є розвиток програм участі працівників у прибутках і капіталі підприємств, наприклад, через механізми опціонів, корпоративних акцій або бонусів, прив'язаних до фінансових результатів. Інтеграція принципів сталого розвитку в систему оплати праці, зокрема через включення ESG-критеріїв до системи винагороди, може передбачати стимулювання працівників за досягнення екологічних, соціальних та управлінських цілей, що відповідає сучасним глобальним трендам.

Використання інноваційних підходів до організації оплати праці в Україні має базуватися на цифровізації, індивідуалізації, результативності та соціальній відповідальності. Реалізація запропонованих заходів сприятиме формуванню сучасної моделі ринку праці, здатної забезпечити економічне зростання, підвищення добробуту населення та інтеграцію України у глобальний економічний простір.

Висновки. У результаті проведеного дослідження встановлено, що міжнародний досвід організації оплати праці характеризується значною варіативністю моделей, які формуються під впливом історичних, інституційних та економічних чинників. Ліберальні моделі забезпечують високу гнучкість і стимулювання продуктивності, проте супроводжуються значною диференціацією доходів; соціально-ринкові та скандинавські моделі, навпаки, орієнтовані на забезпечення соціальної рівноваги та захищеності працівників за рахунок розвинених інститутів колективного регулювання; корпоративні моделі поєднують стабільність зайнятості з поступовим зростанням винагороди.

Для України в умовах післявоєнної відбудови доцільним є впровадження гібридної моделі оплати праці, яка поєднуватиме гнучкість ринкових підходів із посиленням ролі соціального партнерства та колективно-договірного регулювання. Пріоритетними напрямами модернізації визначено розвиток систем оплати праці, орієнтованих на результативність, запровадження прозорих грейдингових структур, розширення компенсаційних пакетів, цифровізацію управління персоналом та гармонізацію національного законодавства з європейськими стандартами.

Адаптація міжнародного досвіду організації оплати праці є необхідною умовою підвищення конкурентоспроможності української економіки, повернення та відновлення людського капіталу та забезпечення сталого соціально-економічного розвитку. Реалізація запропонованих заходів сприятиме формуванню ефективної системи винагороди праці, здатної відповідати викликам післявоєнного періоду та інтеграції України у глобальний економічний простір.

Список використаних джерел

1. Bureau of Labor Statistics. (2025). URL: https://www.bls.gov/
2. Federal Statistical Office of Germany. (2025). URL: https://www.destatis.de/EN/Home/_node.html
3. Ministry of Health, Labour and Welfare. (2025). URL: https://www.mhlw.go.jp/english/
4. Office for National Statistics. (2025). URL: https://www.ons.gov.uk/
5. Statistics Sweden. (2025). URL: https://www.scb.se/en/
6. Галайда Т.О., Рябуха А.І. Європейський досвід застосування ефективних систем оплати праці та мотивації працівників підприємства *Науковий вісник Херсонського державного університету. Сер. Економічні науки*. 2016. Вип. 16(1). С. 65-68.
7. Іванчук Н.В. Оподаткування фонду оплати праці у високорозвинених країнах світу. *Наукові записки Національного університету «Острозька академія». Серія «Економіка*. Острог: Вид-во НУ «ОА», 2017. №4 (32). С. 129-134.
8. Іващенко А. (2018). Аналіз системи оплати праці в Європейських країнах. URL: https://feao.org.ua/wp-content/

9. Карпович Б. (2025). В якій країні найбільша зарплата: огляд статистики 2025 року. URL: https://www.karpaty.net.ua/v-yakij-krayini-najbilsha-zarplata-oglyad-statystyky-2025-roku/

10. Колобердянко І.І., Редька Ю.А. Сучасні системи та організація оплати праці в зарубіжних країнах. *Вісник Запорізького національного університету*. 2015. №2 (26). С.123-130.

11. Машевська А.А. (2022). Зарубіжний досвід використання системи праці та мотивації працівників підприємства. *Електронне наукове фахове видання «Ефективна економіка»*. №4. DOI: 10.32702/2307-2105-2022.4.152

12. OECD. (2026). Consolidating Ukraine's Recovery Architecture. URL: https://www.oecd.org/content/

13. Пулатова К. (2025). Яка у США мінімальна зарплата у 2025 році: менше заплатити не можуть. URL: https://www.ibm.com/blog/environmental-social-and-governance-history/

14. Середня зарплата у різних країнах. (2025). URL: https://index.minfin.com.ua/ua/labour/salary/world/

15. Симонова К. (2024). Де у світі найвищі зарплати – топ-10 заможних країн. URL: https://finance.novyny.live/de-u-sviti-naivishchi-zarplati-top-10-zamozhnikh-krayin-191254

16. Тибінка Г., Сікора О., Мартинюк Н. Іноземний досвід застосування різних систем оплати праці та можливості їх використання в Україні. *Аграрна економіка*. 2017. Т. 10, № 3-4. С. 120-126.

PhD of Economic Sciences, Associate Professor **Tetiana Ivanova,**
PhD of Economic Sciences, Associate Professor **Oleksii Mostovenko,**
Kyiv National University of Construction and Architecture

INTERNATIONAL EXPERIENCE OF ORGANIZING LABOR PAYMENT IN THE CONTEXT OF POST-WAR ECONOMY RECONSTRUCTION OF UKRAINE

The article examines the experience of organizing labor remuneration in foreign practice and substantiates the possibilities of its adaptation in the conditions of post-war economic reconstruction of Ukraine. The relevance of the topic is due to the need to form an effective, flexible and socially oriented system of labor remuneration, capable of ensuring the restoration of human capital, increasing labor productivity and stimulating investment activity. The purpose of the study is to generalize the key models of labor remuneration used in leading countries of the world, as well as to determine the directions of their implementation in national practice.

The features of liberal, continental European, Scandinavian and corporate models of labor remuneration are analyzed, in particular, taking into account the practice of the USA, Germany, Sweden, Great Britain and Japan. It is determined that effective remuneration systems are based on a combination of market mechanisms, collective bargaining regulation and individualized approaches to employee incentives. It is proven that important components of modern models are flexibility of

remuneration, use of systems oriented on performance, development of grading structures, as well as expansion of compensation packages.

Particular attention is paid to the analysis of the influence of institutional factors, the level of social partnership and state regulation on the formation of wages. It is substantiated that the implementation of international experience in Ukraine should be carried out taking into account the national characteristics of the labor market, demographic challenges and processes of European integration. Directions for modernization of the remuneration system are proposed, which include strengthening the role of collective bargaining, introducing innovative approaches to remuneration, digitalization of personnel management processes and ensuring transparency and fairness of remuneration.

It is concluded that the adaptation of international experience in organizing labor remuneration is an important prerequisite for the formation of a competitive economy of Ukraine in the post-war period, improving the quality of employment and ensuring sustainable socio-economic development.

Keywords: labor remuneration; innovative activity; intellectual capital; social responsibility; accounting models.

REFERENCES:

1. Bureau of Labor Statistics. (2025). URL: https://www.bls.gov/ {in English}
2. Federal Statistical Office of Germany. (2025). URL: https://www.destatis.de/EN/Home/_node.html {in English}
3. Ministry of Health, Labour and Welfare. (2025). URL: https://www.mhlw.go.jp/english/ {in English}
4. Office for National Statistics. (2025). URL: https://www.ons.gov.uk/ {in English}
5. Statistics Sweden. (2025). URL: https://www.scb.se/en/ {in English}
6. Halaida T.O., & Riabukha A.I. (2016). Yevropeiskyi dosvid zastosuvannia efektyvnykh system oplaty pratsi ta motyvatsii pratsivnykiv pidpryiemstva [European experience in the application of effective systems of remuneration and motivation of enterprise employees]. *Naukovyi visnyk Khersonskoho derzhavnoho universytetu. Ser. Ekonomichni nauky – Scientific Bulletin of the Kherson State University. Ser. Economic Sciences,* 16 (1), 65-68 {in Ukrainian}.
7. Ivanchuk N.V. (2017). Opodatkuvannia fondu oplaty pratsi u vysokorozvynenykh krainakh svitu [Taxation of the payroll fund in highly developed countries of the world]. *Naukovi zapysky Natsionalnoho universytetu «Ostrozka*

akademiia». Seriia «Ekonomika – Scientific notes of the National University "Ostroh Academy". Series "Economics, №4 (32), 129-134 {in Ukrainian}.

8. Ivashchenko A. (2018). Analiz systemy oplaty pratsi v Yevropeiskykh krainakh [Analysis of the payroll system in European countries]. URL: https://feao.org.ua/wp-content/ {in Ukrainian}.

9. Karpovych B. (2025). V yakii kraini naibilsha zarplata: ohliad statystyky 2025 roku [In which country is the highest salary: a review of statistics for 2025]. URL: https://www.karpaty.net.ua/v-yakij-krayini-najbilsha-zarplata-oglyad-statystyky-2025-roku/ {in Ukrainian}.

10. Koloberdianko I.I., & Redka Yu.A. (2015). Suchasni systemy ta orhanizatsiia oplaty pratsi v zarubizhnykh krainakh [Modern systems and organization of payroll in foreign countries]. *Visnyk Zaporizkoho natsionalnoho universytetu – Bulletin of the Zaporizhzhia National University*, №2 (26), 123-130 {in Ukrainian}.

11. Mashevska A.A. (2022). Zarubizhnyi dosvid vykorystannia systemy pratsi ta motyvatsii pratsivnykiv pidpryiemstva [Foreign experience in using the labor system and motivation of enterprise employees]. *Elektronne naukove fakhove vydannia «Efektyvna ekonomika» – Electronic scientific professional publication "Effective Economy"*, №4. DOI: 10.32702/2307-2105-2022.4.152 {in Ukrainian}.

12. OESD. (2026). Consolidating Ukraines Recovery Architecture. URL: https://www.oecd.org/content/ {in English}

13. Pulatova K. (2025). Yaka u SShA minimalna zarplata u 2025 rotsi: menshe zaplatyty ne mozhut [What is the minimum wage in the USA in 2025: they cannot pay less]. URL: https://www.ibm.com/blog/environmental-social-and-governance-history/ {in Ukrainian}.

14. Serednia zarplata u riznykh krainakh. (2025). [Average salary in different countries] URL: https://index.minfin.com.ua/ua/labour/salary/world/ {in Ukrainian}.

15. Symonova K. (2024). De u sviti naivyshchi zarplaty – top-10 zamozhnykh krain [Where in the world are the highest salaries - top 10 wealthy countries]. URL: https://finance.novyny.live/de-u-sviti-naivishchi-zarplati-top-10-zamozhnikh-krayin-191254 {in Ukrainian}.

16. Tybinka H., & Sikora O., & Martyniuk N. (2017). Inozemnyi dosvid zastosuvannia riznykh system oplaty pratsi ta mozhlyvosti yikh vykorystannia v Ukraini [Foreign experience in applying different wage systems and the possibility of their use in Ukraine]. *Ahrarna ekonomika – Agrarian Economy*, № 3-4, 120-126. {in Ukrainian}.

DOI: 10.32347/2786-7269.2026.17.523-535
УДК: 330: 69.003

д.ек.н., професор **Лич В.М.**,
kapitall335@ukr.net, ORCID: 0000-0001-9024-1593,
Куценко А.С.,
kutsenko_as-2022@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0001-8727-2962
Київський національний університет будівництва і архітектури

МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ВИБОРУ СТРАТЕГІЙ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ ПІДРЯДНИХ БУДІВЕЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Досліджено методичні підходи до вибору стратегій забезпечення конкурентоспроможності підрядних будівельних підприємств в умовах динамічних економічних перетворень, цифрової трансформації та підвищених безпекових викликів, викликаних війною. Обґрунтовано, що сучасний етап розвитку будівельної галузі характеризується зростанням рівня конкуренції, ускладненням взаємодії учасників проєктів та необхідністю забезпечення стійкості підприємств, що потребує впровадження адаптивних стратегій управління.

Визначено, що конкурентоспроможність підрядного будівельного підприємства формується як інтегральна характеристика ефективності виробничої діяльності, рівня інформаційного забезпечення, інноваційної активності та здатності до швидкої адаптації до змін зовнішнього середовища. Особливу увагу приділено ролі макроекономічних чинників на розвиток будівельних підприємств, ринок будівельних робіт та конкурентоспроможність учасників ринку..

Запропоновано методичний підхід до вибору стратегій забезпечення конкурентоспроможності, який базується на поєднанні методу формування комплексних оцінок, ваги факторів в яких обираються методом аналізу ієрархій, та експертного аналізу. Це дозволяє враховувати багатофакторність впливу внутрішніх і зовнішніх чинників, визначати стратегічні пріоритети розвитку підприємства та обґрунтовувати доцільність впровадження адаптивних управлінських рішень. Розглянуто ключові елементи системи стратегічного управління, що включають маркетингову складову, інформаційне забезпечення, управління ризиками та формування безпекових умов функціонування.

Доведено, що ефективний вибір стратегій забезпечення конкурентоспроможності підрядних будівельних підприємств має ґрунтуватися на комплексному підході, який інтегрує інструменти стратегічного управління, цифрові технології та механізми підвищення

економічної стійкості. Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості їх використання для підвищення ефективності управлінських рішень, забезпечення стабільного розвитку підприємств та зміцнення їх позицій на ринку будівельних послуг.

Ключові слова: конкурентоспроможність; будівельне підприємство; адаптивна стратегія; цифрова трансформація; BIM; стратегічне управління; стратегічні пріоритети; інформаційне забезпечення; елементи системи; ефективність виробничої діяльності; стійкість підприємства; безпекові умови функціонування; метод формування комплексних оцінок; експертний аналіз; економічні перетворення; маркетинг

Постановка проблеми, її актуальність та новизна. Забезпечення конкурентоспроможності підрядного будівельного підприємства доцільно розглядати як комплексне стратегічне завдання, реалізація якого потребує системного підходу до управління та чіткої формалізації цілей розвитку. Саме цільові орієнтири визначають вектор стратегічної еволюції підприємства, структуру управлінських пріоритетів і слугують базою для формування критеріїв оцінювання ефективності його діяльності.

Сучасна макроекономічна динаміка та трансформаційні процеси ринкового середовища формують амбівалентні умови функціонування підрядних будівельних підприємств, поєднуючи підвищений рівень невизначеності з новими можливостями розвитку. Підприємства, які демонструють здатність до адаптації через впровадження гнучких механізмів ризик-менеджменту, активізацію інноваційно-інвестиційної діяльності та системне управління людським капіталом, мають вищий потенціал до збереження стійкості в умовах коливань попиту та структурних змін ринку. У довгостроковій перспективі це забезпечує формування стійких конкурентних переваг. Водночас стратегічно обґрунтованим є поєднання інструментів оперативного реагування на економічні та воєнні шоки із побудовою адаптивної моделі розвитку, що інтегрує ключові довгострокові тренди, зокрема безпекову компоненту, цифровізацію бізнес-процесів, принципи сталого розвитку, а також трансформацію механізмів і джерел фінансування інвестиційних проєктів.

Воєнні дії зумовили глибоку трансформацію умов функціонування підрядних будівельних компаній, при цьому динаміка будівельної діяльності виступає релевантним індикатором стану та перспектив розвитку ринку. Скорочення кількості проєктів на ранніх стадіях інвестиційного циклу — зокрема етапах проєктування, експертного погодження, отримання дозвільної документації та підготовки до будівництва має відкладений негативний ефект, що проявляється у зменшенні обсягів майбутнього будівництва. За таких умов

для підрядних підприємств актуалізуються не лише ризики інтенсифікації конкурентної боротьби, але й необхідність адаптації до нових вимог ринку, включаючи підвищення якості тендерних пропозицій, ефективність витрат, інноваційність рішень та відповідність сучасним стандартам безпеки і стійкості. Тому актуальним напрямком досліджень є розробка методичних підходів до забезпечення конкурентоспроможності будівельних підприємств в умовах трансформаційних змін.

Аналіз останніх публікацій.

Аналіз сучасних наукових джерел свідчить про поступову трансформацію підходів до розуміння сутності конкурентоспроможності підприємства, що безпосередньо обумовлює необхідність формування ефективної стратегії її забезпечення, зокрема для підрядних підприємств будівельної галузі. У працях Фісуненко П.А. зазначається, що конкурентоспроможність підприємства є інтегральною характеристикою його діяльності, яка відображає здатність до ефективного функціонування в умовах динамічного конкурентного середовища та змінюється під впливом як внутрішніх, так і зовнішніх факторів [1]. Подібної позиції дотримуються Грищенко І. та Грищенко В., які наголошують на еволюції наукових підходів від ресурсно-орієнтованих до інноваційно-адаптивних, що акцентують увагу на ролі знань, інтелектуального капіталу та гнучкості управління [2]. Узагальнюючи ці підходи, Волошин А. В. підкреслює системний характер конкурентоспроможності як результату взаємодії різноманітних факторів, що потребує цілеспрямованого управлінського впливу [3].

Подальший розвиток теоретичних засад конкурентоспроможності пов’язаний із дослідженням джерел формування конкурентних переваг. Зокрема, Бакай В., спираючись на концепцію Майкл Портер, визначає ключові стратегії досягнення конкурентних переваг через зниження витрат, диференціацію та фокусування, що створює основу для побудови відповідних механізмів управління [5]. У свою чергу, ряд авторів обґрунтовують необхідність комплексного підходу, який поєднує економічні, організаційні та управлінські аспекти забезпечення конкурентоспроможності [7, 4, 9 - 13, 15]. Садовяк М С. доповнює ці положення, акцентуючи увагу на значенні якості продукції, інновацій та клієнтоорієнтованості як ключових факторів формування конкурентних переваг у будівництві [17].

Водночас значна частина досліджень присвячена специфіці забезпечення конкурентоспроможності саме будівельних і підрядних підприємств. Так, Гойко А. та співавтори підкреслюють важливість забезпечення економічної безпеки, стратегічної гнучкості та розвитку конкурентних переваг у будівельних компаніях [6], а також доводять залежність рівня конкурентоспроможності від ринкової спеціалізації підприємства [18]. Водночас Згалат-Лозинська Л. та

співавтори пропонують методичні підходи до формалізованої оцінки конкурентоспроможності в системі стратегічного управлінського обліку, що дозволяє підвищити обґрунтованість управлінських рішень [8].

Сучасні дослідження також враховують вплив нестабільного зовнішнього середовища, цифровізації та воєнних викликів на конкурентоспроможність підприємств. Пагарський О.А. звертає увагу на необхідність розвитку інноваційної складової в умовах війни [16]. У ширшому контексті Головаш Б.Е. розглядає конкурентоспроможність як елемент економічної безпеки, що має стратегічне значення для розвитку як підприємств, так і держави загалом [14].

Таким чином, узагальнення результатів проведеного аналізу дозволяє зробити висновок, що з урахуванням галузевої специфіки, виникає об'єктивна необхідність розроблення комплексного підходу до формування конкурентоспроможності будівельних підприємств.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою статті є аналіз і узагальнення методичних підходів до створення механізму формування конкурентоспроможності будівельних підприємств.

Методи дослідження. Для досягнення поставленої мети, у статті використано наступні методи дослідження: теоретичного узагальнення – для пошуку інформації щодо підходів та методів формування стратегій будівельних підприємств, аналіз статистичних й науково-методичних джерел – для пошуку макроекономічних чинників на діяльність підприємств, синтез – для теоретичного узагальнення існуючих підходів до формування стратегій забезпечення конкурентоспроможності будівельних підприємств.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Макроекономічна динаміка формує базові умови, в яких функціонує ринок будівництва, і визначає простір можливостей і ризиків для підрядних компаній. До основних макроекономічних чинників належать темпи економічного зростання, інфляція, рівень процентних ставок, державні інвестиції й бюджетна політика, курс національної валюти, умови фінансування (кредитний ринок), а також загальноекономічні структурні зміни – наприклад, переорієнтація економіки на військові потреби, демографічні тренди, цифровізація і безпека. Кожен із цих факторів по-різному корелює з попитом на будівельні роботи, доступністю ресурсів, собівартістю проєктів і конкурентними стратегіями учасників ринку (рис.1).

Пріоритетним завданням функціонування підрядного будівельного підприємства є забезпечення високого рівня адаптивності до динамічних змін зовнішнього середовища. Це передбачає здатність підприємства своєчасно реагувати на трансформації ринкової кон'юнктури, макроекономічні коливання, логістичні та постачальницькі ризики, а також на кризові явища, включаючи

воєнні дії, пошкодження критичної інфраструктури та інші форс-мажорні обставини. За таких умов цільові орієнтири механізму забезпечення конкурентоспроможності мають бути спрямовані не лише на досягнення поточної операційної ефективності, але й на формування гнучкості управлінських рішень та забезпечення довгострокової економічної стійкості підприємства.

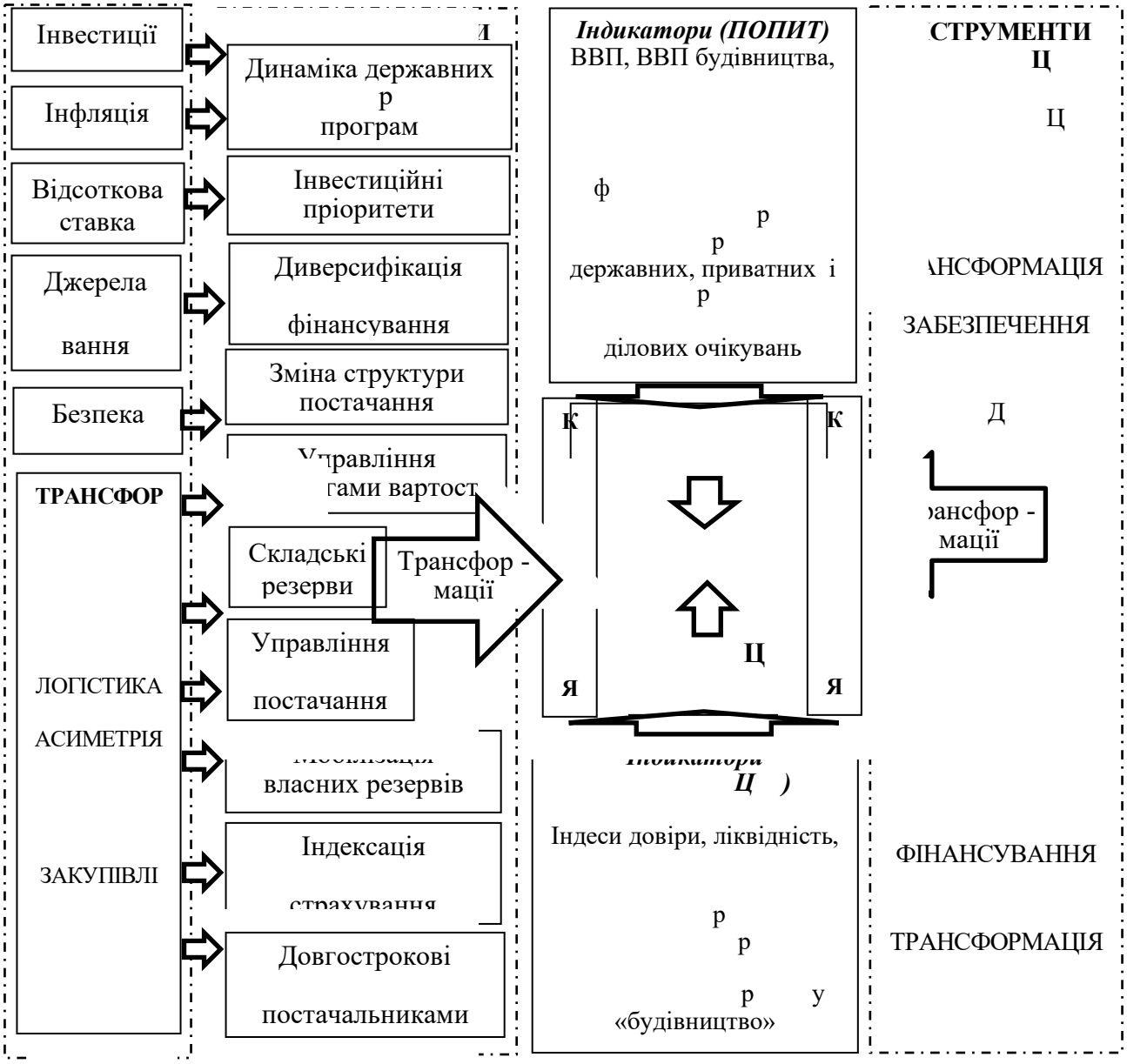


Рис. 1. Вплив макроекономічних перетворень на трансформації будівельного ринку.

Джерело: розроблено авторами.

Методичний підхід до вибору стратегій і заходів підвищення конкурентоспроможності будівельних підприємств використання передбачає послідовне виконання кількох етапів (рис.2).

1. Аналіз ринкового середовища

Дослідження структури будівельного ринку, рівня конкуренції, бар'єрів входу, р у

Результат: *визначення типу ринку(монопольний, олігополістичний, монополістична конкуре. уренція, міжнародний).*

2. Оцінювання рівня конкурентоспроможності підприємства.

р

; р ;

Результат: визначення рівня конкурентоспроможності (високий, середній, низький).

3. Вибір стратегічної моделі розвитку

Формування стратегії підприємства відповідно до типу ринку; рівня р р

Результат: *вибір стратегічного напряму (технологічне лідерство, диференціація, партнерство, операційна ефективність, інтернаціоналізація тощо).*

4. Визначення інструментів реалізації стратегії

Формування комплексу управлінських заходів: впровадження сучасних технологій (BIM, ERP, CRM); інноваційні методи будівництва; створення альянсів і партнерств; оптимізація ресурсів і Lean-менеджмент; міжнародна сертифікація та р

Результат: *формування механізму реалізації стратегії.*

5. Оцінювання результатів

Аналіз впливу реалізації стратегії на: ефективність діяльності підприємства; ринкову позицію; інноваційний розвиток; фінансову стійкість; розширення ринку.

Результат: *підвищення рівня конкурентоспроможності будівельного підприємства.*

Рис.2 Методичний підхід до формування стратегії забезпечення конкурентоспроможності будівельних підприємств.
Джерело: розроблено авторами

На першому етапі здійснюється ідентифікація типу ринку, на якому функціонує будівельне підприємство. Для цього аналізується структура ринку, кількість основних конкурентів, рівень бар'єрів входу, характер цінової конкуренції та роль державного регулювання. Відповідно до отриманих результатів визначається тип ринку: монопольний, олігополістичний, монополістична або досконала конкуренція, а також міжнародний ринок (табл.2).

Таблиця 2

Стратегії будівельних підприємств залежно від рівня конкурентоспроможності і типу ринку

Тип ринку	Рівень конкуренто-спроможності підприємства	Стратегія	Характер стратегічної орієнтації
Монопольний	Високий	Стратегія технологічного лідерства	Інноваційні технології, системи управління якістю, участь у проєктах ДПП
	Середній	Стратегія зміцнення позицій	Модернізація виробництва, підвищення ефективності діяльності, впровадження стандартів якості
	Низький	Стратегія нішевої спеціалізації	Субпідрядні роботи, спеціалізація на окремих видах будівельних послуг
Олігополістичний	Високий	Стратегія інноваційного розвитку та партнерства	Альянси, консорціуми, впровадження BIM, ERP, IoT, вертикальна інтеграція
	Середній	Стратегія кооперації	Спільні проєкти з великими компаніями, використання гнучких фінансових інструментів
	Низький	Стратегія субпідрядної спеціалізації	Виконання окремих етапів будівельних робіт, вузька функціональна спеціалізація
Монополістична конкуренція	Високий	Стратегія диференціації та брендингу	Розвиток бренду, інноваційні методи будівництва, цифровізація управління
	Середній	Стратегія сегментної диференціації	Орієнтація на окремі ринкові сегменти, спеціалізація послуг
	Низький	Стратегія цінової конкуренції	Зниження вартості послуг, робота у вузьких ринкових нішах
Досконала (вільна) конкуренція	Високий	Стратегія операційної ефективності	Lean-менеджмент, оптимізація ресурсів, участь у регіональних кластерах
	Середній	Стратегія підвищення продуктивності	Раціоналізація діяльності, освоєння локальних ринкових ніш
	Низький	Стратегія виживання	Мінімізація витрат, виконання невеликих локальних проєктів

Джерело: розроблено авторами

На другому етапі визначається рівень конкурентоспроможності підприємства. Він має здійснюватися на основі інтегрального показника конкурентоспроможності, що формується з урахуванням фінансових, виробничих, технологічних, інноваційних та маркетингових показників діяльності підприємства. За результатами оцінювання підприємство відноситься до однієї з груп: високий, середній або низький рівень конкурентоспроможності.

На третьому етапі обирається відповідна стратегія розвитку, яка відповідає визначеному типу ринку та рівню конкурентоспроможності підприємства.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Підвищення конкурентоспроможності підрядного будівельного підприємства детермінується його здатністю до адаптації стратегічних орієнтирів відповідно до трансформацій ринкового середовища. Одним із ключових векторів розвитку виступає зростання економічної ефективності, що передбачає оптимізацію витрат, підвищення показників рентабельності активів і власного капіталу, а також здійснення цільових інвестицій у технічну модернізацію та впровадження інноваційних технологій. Забезпечення фінансової стійкості створює передумови для оперативного реагування на коливання попиту, участі у масштабних інвестиційно-будівельних проєктах та мінімізації фінансових ризиків.

Другим важливим напрямом є розвиток операційно-технологічного потенціалу підприємства, що охоплює підвищення продуктивності праці, удосконалення виробничих процесів, забезпечення дотримання календарних графіків виконання робіт, зниження рівня дефектності та обсягів переробок, а також диверсифікацію портфеля замовлень. Підвищення ефективності зазначених процесів сприяє зростанню гнучкості підприємства у взаємодії із замовниками та забезпечує стабільність якості й своєчасності реалізації будівельних проєктів в умовах конкурентного середовища.

Третій напрям пов’язаний із формуванням репутаційно-якісних конкурентних переваг, що передбачає підтримання високого рівня задоволеності замовників, накопичення позитивного досвіду співпраці, укладення повторних контрактів та впровадження ефективних механізмів управління претензіями щодо якості виконаних робіт. Сформована ділова репутація виступає важливим нематеріальним активом, який забезпечує стабільність попиту, підвищення рівня клієнтської лояльності та розширення ринкової присутності навіть за умов посиленої конкуренції.

Четвертим напрямом є розвиток кадрового потенціалу, що включає системне підвищення кваліфікації персоналу, зниження плинності кадрів, забезпечення укомплектованості ключових професійних позицій та вдосконалення мотиваційних механізмів. Висококваліфікований і мотивований персонал виступає основою ефективного впровадження технологічних інновацій, забезпечення належного рівня якості будівельних робіт і реалізації адаптивних стратегій розвитку підприємства.

Окремого значення набуває розвиток інноваційно-інформаційної складової діяльності підприємства, що забезпечує впровадження сучасних

технологій управління проєктами, цифрових інструментів контролю ресурсів і планування виробничих процесів. Такий підхід підвищує оперативність прийняття управлінських рішень, сприяє зростанню гнучкості організаційних структур і формує передумови для досягнення довгострокових конкурентних переваг.

Комплексне підвищення конкурентоспроможності підрядного будівельного підприємства, що охоплює економічну ефективність, операційно-технологічний розвиток, репутаційну стійкість, кадровий потенціал та інноваційність, забезпечує формування адаптивних стратегій розвитку. Це, у свою чергу, дозволяє підприємству ефективно реагувати на зміни ринкового середовища та зміцнювати власні конкурентні позиції.

Підприємствам доцільно орієнтуватися на підвищення фінансово-економічної результативності шляхом оптимізації витрат, системного контролю рентабельності активів і власного капіталу, а також здійснення цільових інвестицій у технічне оновлення. Реалізація зазначених заходів сприяє забезпеченню фінансової стійкості та створює умови для реалізації стратегічно важливих проєктів навіть у нестабільному ринковому середовищі.

Література

1. Фісуненко П.А. Підходи до визначення конкурентоспроможності підприємства: сутність та еволюція поняття. Науково-виробничий журнал «Бізнес-навігатор». Випуск 2 (58) 2020. С. 152-161. DOI: https://doi.org/10.32847/business-navigator.58-28..

2. Грищенко, І., Грищенко, В. (2021). Еволюція науково-методичних підходів до розуміння економічної сутності поняття «конкурентоспроможність» Економічні інновації, 23 (2(79), 51-62. https://doi.org/https://doi.org/10.31520/ei.2021.23.2(79).51-62.

3. Волошин А.В. Характеристика конкурентоспроможності та визначення її сутності. Економіка: реалії часу. Науковий журнал. 2023. № 4 (68). С. 83-88. DOI: 10.5281/zenodo.8433029..

4. Бєлєнкова О.Ю. Стратегія та механізми забезпечення конкурентоспроможності будівельних підприємств на основі моделі сталого розвитку: монографія. Київ: Ліра-К, 2020. 512 с.

5. Бакай, В. (2022). Конкурентні переваги підприємства: характеристика та їх оцінка за моделлю Портера . Modeling the development of the economic systems, (2), 145–153. https://doi.org/10.31891/mdes/2022-4-19.

6. Гойко, А., Цифра, Т., Беседа, М., Палахіцький, В., Тимофєєв, Д. (2024). Стратегічні напрямки зміцнення економічної безпеки та розвитку конкурентних переваг будівельних компаній. Шляхи підвищення ефективності будівництва, 3 (53), 349–359. https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.53(3).349-359

7. Bielienkova, O., Molodid, O., & Gavrilyuk, V. (2022). Theoretical and methodological approach to the competitiveness of enterprises. Ways to Improve Construction Efficiency, 1(49), 164–178. https://doi.org/10.32347/2707-501x.2022.49(1).164-178.

8. Згалат-Лозинська, Л., Косминський І., Іванова Т. Методичні підходи до формалізованої оцінки конкурентоспроможності в системі стратегічного управлінського обліку та економічного оцінювання будівельних підприємств. *Шляхи підвищення*

ефективності будівництва, *2*(54), 352–366. вилучено із DOI: https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.54(2).352-366. {in Ukrainian}.

9. Sorokina L.V. et al. Econometric tools for financial security management of construction companies. Kyiv. KNUBA. 2017. 404 p.

10. Фісуненко П.А., Морозова Є.П., Біляєв О.О. Маркетинговий механізм забезпечення конкурентоспроможності підприємства: новітні теоретичні постулати. *Цифрова економіка та економічна безпека*, (5 (14)), 207-210. DOI:10.32782/dees.14-33

11. Kryshtanovych, M., Mishchenko, D., Chala, V., Fisunenko, P., Tadeoshchuk, O., & Prokopenko, I. (2025). Assessment of the effectiveness of the adaptive strategy for managing marketing activities of open socio-economic systems through the formation of security conditions for functioning. *Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice*, *3*(62), 471–480. https://doi.org/10.55643/fcaptp.3.62.2025.4802

12. Бєлєнкова О., Кирилов І., Строєнко А. Забезпечення конкурентоспроможності й економічної безпеки забудовника в нестійких умовах: фінансова стійкість, адаптивність, інновації. Шляхи підвищення ефективності будівництва, 2025, 1(56), 386–396. https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.56(1).386-396.

13. Stetsenko, S., Sorokina, L., Izmailova, K. (2021). Model of a company competitiveness control by means of artificial intelligence tools. *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research. 2021. Volume 9. № 2, February 2021, pp. 60, 65*. https://doi.org/10.30534/ijeter/2021/08922021

14. Головаш Б.Е. Головаш Л.В. Конкурентні стратегії безпеки розвитку України у глобальному середовищі : Монографія / ДУ «Інститут регіональних досліджень ім. М.Долішнього; за заг. ред. А. І. Мокія. – Львів, 2020. – 872 с.

15. Лич В.М, Куценко А.С. Конкурентоспроможність в умовах цифрової трансформації та глобальних змін Будівельне виробництво, 2024, № 78. с. 73-79 DOI: https://doi.org/10.36750/2524-2555.78.73-79.

16. Пагарський О.А., Лаврухіна К.О. Особливості підвищення конкурентоспроможності національної інноваційної системи в умовах війни. III Міжнародна науково-практична конференція «Проблеми генезису економіки інтелектуально-інноваційного капіталу», 7-8 листопада, 2023, Київ. С.159-160.

17. Садовяк, М.С. (2022). Theoretical Foundations of Competitive Advantage Formation in Residential Construction. Scientific Notes of Lviv University of Business and Law, 33, 342-350. http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.15812399

18. Гойко, А., Цифра, Т., Устименко, А., Коваль, С., Немтирієв, О., Рижик, Т. Оцінка конкурентоспроможності будівельної компанії для елітного сегмента житлового будівництва. *Шляхи підвищення ефективності будівництва* , 2023, *3* (52), 196–206. https://doi.org/10.32347/2707-501x.2023.52(3).196-206

Doctor of economic Sciences, professor **Volodymyr Lych,**
Postgraduate student**Artemii Kutsenko,**
Kyiv National University of Construction and Architecture

METHODOLOGICAL APPROACHES TO CHOOSING STRATEGIES FOR ENSURING THE COMPETITIVENESS OF CONSTRUCTION CONTRACTING ENTERPRISES

The article explores methodological approaches to the selection of strategies for ensuring the competitiveness of construction contracting enterprises in the context of

dynamic economic transformations, digital transformation and increased security challenges caused by the war. It is substantiated that the current stage of development of the construction industry is characterized by an increase in the level of competition, the complexity of the interaction of project participants and the need to ensure the sustainability of enterprises, which requires the implementation of adaptive management strategies.

It is determined that the competitiveness of a construction contracting enterprise is formed as an integral characteristic of the efficiency of production activities, the level of information support, innovative activity and the ability to quickly adapt to changes in the external environment. Particular attention is paid to the role of macroeconomic factors on the development of construction enterprises, the construction market and the competitiveness of market participants.

A methodological approach to the selection of strategies for ensuring competitiveness is proposed, which is based on a combination of the method of forming complex assessments, the weights of factors in which are selected by the method of hierarchy analysis, and expert analysis. This allows us to take into account the multifactorial influence of internal and external factors, determine the strategic priorities of the enterprise's development and justify the feasibility of implementing adaptive management solutions. The key elements of the strategic management system are considered, including the marketing component, information support, risk management and the formation of safety conditions for operation.

It is proved that the effective choice of strategies for ensuring the competitiveness of contracting construction enterprises should be based on an integrated approach that integrates strategic management tools, digital technologies and mechanisms for increasing economic sustainability. The practical significance of the results obtained lies in the possibility of their use to improve the efficiency of management decisions, ensure the stable development of enterprises and strengthen their positions in the construction services market.

Keywords: competitiveness; construction enterprise; adaptive strategy; digital transformation; BIM; strategic management; strategic priorities; information support; system elements; production efficiency; enterprise stability; safety conditions for operation; method of forming complex assessments; expert analysis; economic transformations; marketing

REFERENCES

1. Fisunenko P.A. Pidkhody do vyznachennia konkurentospromozhnosti pidpryiemstva: sutnist ta evoliutsiia poniattia. Naukovo-vyrobnychyi zhurnal «Biznes-navihator». V. 2 (58) 2020. S. 152-161. DOI: https://doi.org/10.32847/business-navigator.58-28. {in Ukrainian}

2. Hryshchenko, I., Hryshchenko, V. (2021). Evoliutsiia naukovo-metodychnykh pidkhodiv do rozuminnia ekonomichnoi sutnosti poniattia «konkurentospromozhnist» Ekonomichni innovatsii, 23 (2(79), 51-62. https://doi.org/https://doi.org/10.31520/ei.2021.23.2(79).51-62. {in Ukrainian}

3. Voloshyn A.V. Kharakterystyka konkurentospromozhnosti ta vyznachennia yii sutnosti. Ekonomika: realii chasu. Naukovyi zhurnal. 2023. № 4 (68). S. 83-88. DOI: 10.15276/ETR.04.2023.9. DOI: 10.5281/zenodo.8433029. {in Ukrainian}

4. Bielienkova O.Iu. Stratehiia ta mekhanizmy zabezpechennia konkurentospromozhnosti budivelnykh pidpryiemstv na osnovi modeli staloho rozvytku: monohrafiia. Kyiv: Lira-K, 2020. 512 s. {in Ukrainian}

5. Bakai, V. (2022). Konkurentni perevahy pidpryiemstva: kharakterystyka ta yikh otsinka za modelliu Portera . Modeling the development of the economic systems, (2), 145–153. https://doi.org/10.31891/mdes/2022-4-19. {in Ukrainian}

6. Hoiko, A., Tsyfra, T., Beseda, M., Palakhitskyi, V., Tymofieiev, D. (2024). Stratehichni napriamky zmitsnennia ekonomichnoi bezpeky ta rozvytku konkurentnykh perevah budivelnykh kompanii. Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva , 3 (53), 349–359. https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.53(3).349-359 {in Ukrainian}

7. Bielienkova, O., Molodid, O., & Gavrilyuk, V. (2022). Theoretical and methodological approach to the competitiveness of enterprises. Ways to Improve Construction Efficiency, 1(49), 164–178. https://doi.org/10.32347/2707-501x.2022.49(1).164-178. {in Ukrainian}

8. Zghalat-Lozynska, L., Kosmynskyi I., Ivanova T. Metodychni pidkhody do formalizovanoi otsinky konkurentospromozhnosti v systemi stratehichnoho upravlinskoho obliku ta ekonomichnoho otsiniuvannia budivelnykh pidpryiemstv. Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva, 2(54), 352–366. vylucheno iz DOI: https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.54(2).352-366. {in Ukrainian}

9. Sorokina L.V. et al. Econometric tools for financial security management of construction companies. Kyiv. KNUBA. 2017. 404 r. {in Ukrainian}

10. Fisunenko P.A., Morozova Ye.P., Biliaiev O.O. Marketynhovyi mekhanizm zabezpechennia konkurentospromozhnosti pidpryiemstva: novitni teoretychni postulaty. Tsyfrova ekonomika ta ekonomichna bezpeka, (5 (14)), 207-210. DOI:10.32782/dees.14-33 {in Ukrainian}

11. Kryshtanovych, M., Mishchenko, D., Chala, V., Fisunenko, P., Tadeoshchuk, O., & Prokopenko, I. (2025). Assessment of the effectiveness of the adaptive strategy for managing marketing activities of open socio-economic systems through the formation of security conditions for functioning. Financial and Credit

Activity Problems of Theory and Practice, 3(62), 471–480. https://doi.org/10.55643/fcaptp.3.62.2025.4802 {in English}

12. Bielienkova O., Kyrylov I., Stroienko A. Zabezpechennia konkurentospromozhnosti y ekonomichnoi bezpeky zabudovnyka v nestiikykh umovakh: finansova stiikist, adaptyvnist, innovatsii. Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn. 2025. № 56 (1). https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.56(1).386-396 {in Ukrainian}

13. Stetsenko, S., Sorokina, L., Izmailova, K. (2021). Model of a company competitiveness control by means of artificial intelligence tools. International Journal of Emerging Trends in Engineering Research. 2021. V. 9. № 2, February 2021, 60, 65. https://doi.org/10.30534/ijeter/2021/08922021 {in English}

14. Holovash B.E. Holovash L.V. Konkurentni stratehii bezpeky rozvytku Ukrainy u hlobalnomu seredovyshchi : Monohrafiia / DU «Instytut rehionalnykh doslidzhen imeni M. I. Dolishnoho NAN Ukrainy»; za zah. red. A. I. Mokiia. – Lviv, 2020. – 872 s. {in Ukrainian}

15. Lych V.M, Kutsenko A.S. Konkurentospromozhnist v umovakh tsyfrovoi transformatsii ta hlobalnykh zmin Budivelne vyrobnytstvo, 2024, № 78. s. 73-79 DOI: https://doi.org/10.36750/2524-2555.78.73-79. {in Ukrainian}

16. Paharskyi O.A., Lavrukhina K.O. Osoblyvosti pidvyshchennia konkurentospromozhnosti natsionalnoi innovatsiinoi systemy v umovakh viiny. III Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiia «Problemy henezysu ekonomiky intelektualno-innovatsiinoho kapitalu», 2023, Kyiv. S.159-160. {in Ukrainian}

17. Sadoviak, M.S. (2022). Theoretical Foundations of Competitive Advantage Formation in Residential Construction. Scientific Notes of Lviv University of Business and Law, 33, 342-350. http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.15812399 {in Ukrainian}

18. Hoiko, A., Tsyfra, T., Ustymenko, A., Koval, S., Nemtyriiev, O., ta Ryzhyk, T. (2023). Otsinka konkurentospromozhnosti budivelnoi kompanii dlia elitnoho sehmenta zhytlovoho budivnytstva. Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva , 3 (52), 196–206. https://doi.org/10.32347/2707-501x.2023.52(3).196-206 {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2786-7269.2026.17.536-546
УДК 005.336.4:69:004.9
Мовчан М.М.,
mihailmovchan@gmail.com, ORCID: 0009-0000-1631-4440,
Київський національний університет будівництва і архітектури

СТРАТЕГІЧНІ ДЕТЕРМІНАНТИ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ВИТРАТАМИ У ДІЯЛЬНОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Сучасний розвиток будівельної галузі характеризується посиленням впливу цифрових технологій на всі аспекти управлінської діяльності, зокрема на систему управління витратами підприємств. Трансформація економічного середовища, ускладнення проєктних структур і зростання обсягів інформаційних потоків зумовлюють необхідність переходу від традиційних підходів до формування витрат до інтегрованих цифрово-аналітичних моделей. У цих умовах система управління витратами перестає виконувати виключно функції обліку та контролю і перетворюється на комплексний інструмент стратегічного управління.

Цифрова трансформація систем управління витратами передбачає інтеграцію інформаційних, технологічних і організаційних компонентів у єдине середовище, яке забезпечує безперервний аналіз, прогнозування та оптимізацію витратних процесів. Важливим аспектом є врахування нових видів витрат, пов'язаних із цифровою інфраструктурою, обробкою даних та впровадженням інформаційних систем. Це зумовлює необхідність перегляду традиційної класифікації витрат і формування нових підходів до їх оцінювання.

Ключові слова: цифрова трансформація; управління витратами; будівельні підприємства; BIM; ERP-системи; цифрова інтеграція; економічна ефективність; аналітичні моделі.

Постановка проблеми: Основною проблемою є невідповідність існуючих систем управління витратами вимогам цифрової економіки. Зростання обсягів інформації, ускладнення виробничих процесів та необхідність інтеграції різнорідних даних потребують впровадження нових інструментів управління. Водночас недостатній рівень інтеграції інформаційних систем призводить до фрагментації даних, що ускладнює аналіз витрат і знижує ефективність управління.

Особливу актуальність набуває проблема врахування нових видів витрат, пов'язаних із цифровізацією діяльності підприємств. Витрати на інформаційні

технології, обробку даних та підтримку цифрової інфраструктури потребують нових підходів до їх оцінювання та управління.

Метою дослідження є обґрунтування стратегічних детермінант цифрової трансформації систем управління витратами у діяльності будівельних підприємств та визначення їх впливу на ефективність управлінських процесів.

Досягнення поставленої мети передбачає дослідження особливостей трансформації витратних систем у цифровому середовищі, визначення ключових факторів цифровізації та обґрунтування підходів до оцінювання ефективності цифрових змін. Особлива увага приділяється аналізу ролі інтеграції інформаційних систем, рівня аналітичної насиченості та швидкості прийняття управлінських рішень у формуванні результативності управління витратами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій: Дослідження показують, що цифровізація сприяє підвищенню прозорості витратних процесів, покращенню контролю за використанням ресурсів та підвищенню точності прогнозування витрат. Водночас підкреслюється важливість інтеграції інформаційних систем як ключового чинника ефективності цифрових змін.

Окремий напрям досліджень пов’язаний із застосуванням економіко-математичних моделей для оцінювання ефективності управління витратами. У наукових працях обґрунтовується доцільність використання інтегральних показників, які дозволяють врахувати комплексний вплив різних факторів на результативність управління.

Виклад основної інформації: З розвитком будівельної галузі цифровізація управлінських процесів поступово трансформує підходи до формування, аналізу та оптимізації витрат підприємств. Якщо в традиційній економічній моделі система управління витратами розглядалась переважно як інструмент бухгалтерського контролю та постфактум-аналізу фінансових результатів, то у цифровому середовищі вона набуває функцій інтегрованої інформаційно-аналітичної системи. Це пов’язано з тим, що будівельні проєкти характеризуються складною структурою ресурсних потоків, тривалими виробничими циклами та значною залежністю від зовнішніх економічних і технологічних факторів [1].

У зв’язку з цим виникає необхідність переосмислення традиційної структури витрат будівельних підприємств. Класичні підходи, що ґрунтуються на поділі витрат на матеріальні, трудові та накладні, не враховують специфіку цифрових процесів, пов’язаних із управлінням інформаційними потоками, цифровими платформами та аналітичними системами [2]. У цифровому середовищі дедалі більшого значення набувають витрати на оброблення даних,

інтеграцію інформаційних систем, підтримку цифрової інфраструктури та розвиток аналітичних інструментів управління [3].

Систематизація ключових стратегічних детермінант цифрової трансформації систем управління витратами будівельних підприємств наведена у табл. 1.

Таблиця 1.

Класифікація стратегічних детермінант цифрової трансформації систем управління витратами будівельних підприємств *(розроблено автором на основі [3])*

Детермінанта	**Економічний зміст**	**Інструменти реалізації**	**Стратегічний ефект**
Технологічна	Розвиток цифрової інфраструктури управління витратами	ERP-системи, BIM-технології, системи аналітики даних	Підвищення точності обліку та прогнозування витрат
Інформаційна	Інтеграція інформаційних потоків між підрозділами підприємства	хмарні платформи, бази даних, BI-системи	Прозорість витратних процесів
Організаційна	Трансформація управлінських процесів і координації ресурсів	цифрові системи управління проєктами	Підвищення ефективності управлінських рішень
Інноваційна	Використання нових цифрових технологій у фінансовому управлінні	цифрові аналітичні моделі, автоматизовані системи контролінгу	Зростання стратегічної ефективності

З метою формалізації процесу цифрової трансформації систем управління витратами доцільно представити базову модель цифрових витрат підприємства, яка відображає взаємозв'язок між традиційними ресурсними витратами та витратами на цифрову інфраструктуру:

$$C_{dig} = C_{tr} + C_{inf} + C_{int}, \quad (1)$$

Де C_{dig} – загальні витрати цифрового управління підприємства; C_{tr} – традиційні виробничі витрати; C_{inf} – витрати на інформаційні ресурси та цифрові дані; C_{int} – витрати на інтеграцію цифрових систем.

Однак у практиці цифрової трансформації будівельних підприємств важливим фактором виступає рівень складності інформаційних процесів, що визначає навантаження на систему управління. Для врахування цього аспекту доцільно використовувати індекс інформаційної складності управління:

$$I_{comp} = \frac{D \times V}{T}, \quad (2)$$

де Ic_{omp} – індекс інформаційної складності; D – обсяг оброблюваних даних; V – швидкість інформаційних потоків; T – час прийняття управлінського рішення.

Зростання значення цього індексу свідчить про необхідність більш високого рівня цифрової інтеграції систем управління витратами. У свою чергу ефективність цифрової інтеграції може бути оцінена через коефіцієнт інтегрованості інформаційних систем підприємства:

$$K_{int} = \frac{N_{int}}{N_{tot}}, \quad (3)$$

де K_{int} – коефіцієнт інтегрованості цифрових систем; N_{int} – кількість інтегрованих інформаційних модулів; N_{tot} – загальна кількість цифрових модулів управління [4].

Подальше розкриття проблематики стратегічних детермінант цифрової трансформації систем управління витратами доцільно здійснювати через побудову концептуальної моделі взаємодії інформаційних, організаційних та економічних підсистем підприємства [5].

У змістовому аспекті це означає, що ефективність цифровізації систем управління витратами визначається не лише обсягом інвестицій у програмні продукти чи цифрову інфраструктуру, а й тим, наскільки повно ці інструменти вбудовані у внутрішню логіку прийняття рішень [6].

Для наочного відображення логіки взаємодії стратегічних детермінант цифрової трансформації систем управління витратами доцільно використати рисунок 1.

Аналітичне представлення цієї залежності може бути подане через функцію цифрової результативності системи управління витратами:

$$E_{dig} = \frac{K_{int} \times I_{an} \times S_{dec}}{K_{cog}}, \quad (4)$$

де E_{dig} – інтегральна результативність цифрової системи управління витратами; K_{int} – коефіцієнт інтегрованості цифрових модулів; I_{an} – індекс аналітичної насиченості інформаційного середовища; S_{dec} – коефіцієнт швидкості ухвалення управлінських рішень; K_{cog} – коефіцієнт когнітивного навантаження.

Рис. 1. Концептуальна схема впливу стратегічних детермінант на цифрову трансформацію системи управління витратами будівельного підприємства
(розроблено автором на основі [6])

Для практичної ілюстрації розглянемо умовне будівельне підприємство, у якому функціонують 10 цифрових модулів управління, з яких 7 є інтегрованими між собою. Тоді коефіцієнт інтегрованості становитиме:

$$K_{int} = \frac{7}{10} = 0{,}70.$$

Припустимо, що індекс аналітичної насиченості інформаційного середовища дорівнює 1,25, коефіцієнт швидкості ухвалення рішень – 0,92, а коефіцієнт когнітивного навантаження – 1,15. У такому разі інтегральна результативність цифрової системи управління витратами дорівнює:

$$E_{dig} = \frac{0{,}70 \times 1{,}25 \times 0{,}92}{1{,}15} = 0{,}70.$$

Якщо ж кількість інтегрованих модулів зросте до 9, тоді:

$$K_{int} = \frac{9}{10} = 0{,}90,$$

$$E_{dig} = \frac{0{,}90 \times 1{,}25 \times 0{,}92}{1{,}15} = 0{,}90.$$

Лише за рахунок посилення інтегрованості цифрового контуру підприємство може підвищити інтегральну результативність системи

управління витратами приблизно на 28,6 %, що демонструє стратегічну значущість інтеграційної детермінанти.

Разом із цим важливо оцінити, як цифрова трансформація впливає на динаміку економічної віддачі від витрат на цифровізацію. Для цього доцільно перейти до розширеного показника ефективності цифрових інвестицій:

$$ROI_{dig} = \frac{B_{dig} \times K_{int} \times (1+\mu_{inn}) - C_{dig}}{C_{dig}}, \quad (5)$$

де ROI_{dig}– коефіцієнт окупності цифрової трансформації; B_{dig} – сукупні вигоди від цифровізації; μ_{inn}– премія інноваційного ефекту; C_{dig} – загальні цифрові витрати підприємства.

Припустимо, що вигоди від цифровізації становлять 4,8 млн грн, цифрові витрати – 3,6 млн грн, коефіцієнт інтегрованості – 0,70, а інноваційна премія – 0,18. Тоді:

$$ROI_{dig} = \frac{4{,}8 \times 0{,}70 \times 1{,}18 - 3{,}6}{3{,}6},$$

$$ROI_{dig} = \frac{3{,}9648 - 3{,}6}{3{,}6} = 0{,}1013.$$

Отже, рівень окупності цифрової трансформації становить 10,13 %. Якщо ж коефіцієнт інтегрованості зростає до **0,90**, то:

$$ROI_{dig} = \frac{4{,}8 \times 0{,}90 \times 1{,}18 - 3{,}6}{3{,}6},$$

$$ROI_{dig} = \frac{5{,}0976 - 3{,}6}{3{,}6} = 0{,}416.$$

У такому випадку окупність зростає до 41,6 %, що вказує на критичну роль інтеграції цифрових систем у процесі управління витратами [7].

Для візуалізації цієї залежності доцільно подати рисунок 2.

Подальшу оцінку стратегічних детермінант можна здійснити через індекс цифрової адаптивності системи управління витратами:

$$S_{ad} = \frac{K_{int} + I_{an} + M_{flex}}{3 \times K_{cog}}, \quad (6)$$

де S_{ad} – стратегічний індекс цифрової адаптивності; M_{flex} – індекс управлінської гнучкості.

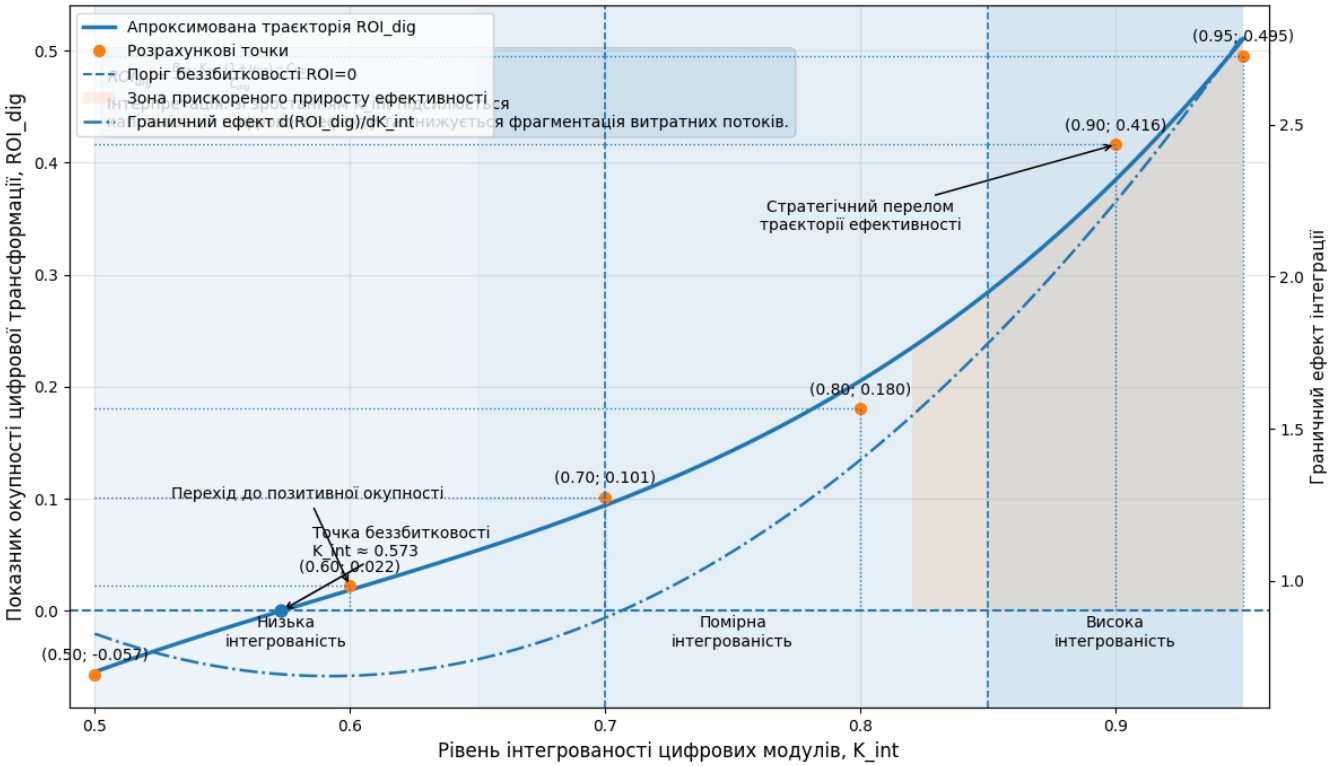


Рис. 2. Залежність показника окупності цифрової трансформації ROI_{dig} від рівня інтегрованості цифрових модулів у системі управління витратами
(розроблено автором на основі [7])

Наприклад, якщо $K_{int} = 0{,}70$, $I_{an} = 1{,}25$, $M_{flex} = 0{,}95$, $K_{cog} = 1{,}15$, то:

$$S_{ad} = \frac{0{,}70 + 1{,}25 + 0{,}95}{3 \times 1{,}15},$$

$$S_{ad} = \frac{2{,}90}{3{,}45} = 0{,}84.$$

Отриманий результат свідчить про достатньо високий потенціал цифрової адаптивності системи управління витратами підприємства [8].

У сучасних умовах цифрової економіки трансформація систем управління витратами будівельних підприємств дедалі більше потребує використання формалізованих економіко-математичних інструментів аналізу.

Для кількісної інтерпретації зазначених процесів доцільно використовувати інтегральну функцію економічного ефекту цифрової трансформації систем управління витратами, яка поєднує фінансові результати цифровізації із коефіцієнтами інтеграції інформаційних систем та інноваційного розвитку підприємства:

$$\Pi_{dig} = \frac{\sum_{t=1}^{T}[(B_t - C_t)\cdot K_{int,t}\cdot(1+\mu_{inn,t}) - R_t]}{(1+r)^t}, \quad (7)$$

де Π_{dig} – інтегральний економічний ефект цифрової трансформації; B_t – економічні вигоди від цифровізації у періоді t; C_t – витрати цифровізації; $K_{int,t}$ – коефіцієнт інтегрованості цифрових систем; $\mu_{inn,t}$ – інноваційна премія цифрових технологій; R_t – ризикові втрати; r – ставка дисконту; T – горизонт прогнозування.

Структурну логіку взаємодії елементів економіко-математичної моделі цифрової трансформації систем управління витратами доцільно представити у вигляді узагальненої архітектури моделі (див. рис. 3).

Рис. 3. Архітектура економіко-математичної моделі оцінювання ефективності цифровізації систем управління витратами будівельного підприємства *(розроблено автором на основі [9])*

Для практичного застосування розробленої моделі розглянемо умовний приклад оцінювання ефективності цифровізації системи управління витратами будівельного підприємства. Припустимо, що у структурі цифрового управління функціонують три основні процеси: цифрове планування ресурсів, моніторинг витрат та аналітична обробка фінансових даних. Результати розрахунків наведено у таблиці 2.

З урахуванням коефіцієнта інтегрованості K_{int}=0,85 та коефіцієнта цифрового ризику ρ=0,12 стратегічна ефективність цифрового управління витратами становитиме:

$$SE_{dig} = \frac{(0{,}53+0{,}45+0{,}58)\times 0{,}85}{1+0{,}12} = 1{,}18$$

Таблиця 2.

Оцінка стратегічної ефективності цифрових процесів у системі управління витратами будівельного підприємства *(розроблено автором на основі [9])*

Цифровий процес	**Економічний ефект E_i, млн грн**	**Витрати C_i, млн грн**	**Ваговий коефіцієнт W_i**	**Частковий індекс ефективності**
Планування ресурсів	3,2	2,1	0,35	0,53
Моніторинг витрат	2,4	1,6	0,30	0,45
Аналітика даних	3,8	2,3	0,35	0,58

Отриманий результат свідчить про високий рівень результативності цифрової трансформації системи управління витратами підприємства, оскільки інтегральний показник перевищує одиницю.

Висновок

Проведене дослідження дозволяє дійти висновку, що цифрова трансформація систем управління витратами будівельних підприємств є об’єктивно зумовленим і стратегічно необхідним процесом, який визначає сучасний вектор розвитку галузі. Перехід від традиційних моделей обліку витрат до інтегрованих цифрово-аналітичних систем забезпечує підвищення точності, оперативності та обґрунтованості управлінських рішень.

Встановлено, що ключову роль у формуванні ефективної системи цифрового управління витратами відіграють стратегічні детермінанти, серед яких особливе значення мають технологічна інтеграція, інформаційна узгодженість, організаційна адаптивність та інноваційний розвиток. Їх комплексна взаємодія формує основу для створення єдиного інформаційного середовища, що забезпечує прозорість витратних процесів і підвищує керованість ресурсними потоками.

Література

1. Drury C. Management and Cost Accounting. 10th ed. Andover: Cengage Learning, 2018. 928 p.

2. Brynjolfsson E., Hitt L. Beyond Computation: Information Technology, Organizational Transformation and Business Performance. Journal of Economic Perspectives. 2000. Vol. 14, No. 4. P. 23–48.

3. Mertens K. Costing Information Systems. Berlin: Springer, 2018. 289 p.

4. Otley D. Performance Management: A Framework for Management Control Systems Research. Journal of Management Accounting Research. 1999. Vol. 10. P. 363–382.

5. Хоменко, О., Петренко, Г., Рижакова, Г., Петруха, Н., Чуприна, Ю., Малихіна, О., & Кушнір, О. (2022). Сучасні інструменти та програмні продукти smard адміністрування

будівельними організаціями в умовах трансформації операційних систем менеджменту. Управління розвитком складних систем, (52), 113–125

6. Нікітін Ю.О., Кульчицький О.І. Цифрова парадигма як основа визначень цифровий бізнес цифрове підприємство цифрова трансформація. Маркетинг і цифрові технології. 2019. Т. 3 № 4. С. 77–87. http://www.irbisnbuv.gov.ua/cgibin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21RE F=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&2_S21P03= FILA=&2_S21STR=mardigt_2019_3_4_10

7. Глосарій з цифровізації соціально-економічних систем і бізнес-процесів: навчальний посібник / за науковою редакцією д.е.н., проф. Л. Г. Мельника. Суми: Університетська книга, 2024. 136 с. https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/97159

8. Melnyk, L., Kalinichenko L., Kubatko O., Dobrowolski Z., Babczuk A. Restructuring the economic systems on the way to an additive economy. Problems and Perspectives in Management. 2023. 21(3). 230–243. https://10.21511/ppm.21(3).2023.18

9. Войтович, В.А., Чуприна, Ю.А. (2023). Оптимізація та контроль програми робіт в підсистемі фінансового менеджменту будівельної організації. Шляхи підвищення ефективності будівництва, 1(51), 129–142.

Movchan Mykhailo,
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine

STRATEGIC DETERMINANTS OF DIGITAL TRANSFORMATION OF COST MANAGEMENT SYSTEMS IN THE ACTIVITIES OF CONSTRUCTION ENTERPRISES

The modern development of the construction industry is characterized by the increasing influence of digital technologies on all aspects of managerial activity, particularly on enterprise cost management systems. The transformation of the economic environment, the growing complexity of project structures, and the expansion of information flows necessitate a transition from traditional approaches to cost formation toward integrated digital and analytical models. Under these conditions, cost management systems evolve from purely accounting and control functions into comprehensive tools of strategic management.

The digital transformation of cost management systems involves the integration of informational, technological, and organizational components into a unified environment that ensures continuous analysis, forecasting, and optimization of cost processes. An important aspect is the consideration of new types of costs associated with digital infrastructure, data processing, and the implementation of

information systems. This necessitates a revision of traditional cost classifications and the development of new approaches to their evaluation.

Keywords: digital transformation; cost management; construction enterprises; BIM; ERP systems; digital integration; economic efficiency; analytical models.

REFERENCES

1. Drury C. Management and Cost Accounting. 10th ed. Andover: Cengage Learning, 2018. 928 p. {in English}

2. Brynjolfsson E., Hitt L. Beyond computation: Information technology, organizational transformation and business performance. Journal of Economic Perspectives. 2000. Vol. 14, No. 4. P. 23–48. {in English}

3. Mertens K. Costing Information Systems. Berlin: Springer, 2018. 289 p. {in English}

4. Otley D. Performance management: A framework for management control systems research. Journal of Management Accounting Research. 1999. Vol. 10. P. 363–382. {in English}

5. Khomenko O., Petrenko H., Ryzhakova H., Petrukha N., Chupryna Yu., Malykhina O., Kushnir O. Modern tools and software products for smart administration of construction organizations under the transformation of operational management systems. Management of Development of Complex Systems. 2022. Issue 52. P. 113–125. {in Ukrainian}

6. Nikitin Yu., Kulchytskyi O. Digital paradigm as a basis for defining digital business, digital enterprise, and digital transformation. Marketing and Digital Technologies. 2019. Vol. 3, No. 4. P. 77–87. URL: http://www.irbisnbuv.gov.ua/cgibin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&2_S21P03=FILA=&2_S21STR=mardigt_2019_3_4_10 (accessed: 19.03.2026). {in Ukrainian}

7. Melnyk L. (ed.). Glossary of Digitalization of Socio-Economic Systems and Business Processes: Study Guide. Sumy: Universytetska Knyha, 2024. 136 p. URL: https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/97159 (accessed: 19.03.2026). {in Ukrainian}

8. Melnyk L., Kalinichenko L., Kubatko O., Dobrowolski Z., Babczuk A. Restructuring economic systems on the way to an additive economy. Problems and Perspectives in Management. 2023. Vol. 21(3). P. 230–243. DOI: https://10.21511/ppm.21(3).2023.18 {in English}

9. Voitovych V., Chupryna Yu. Optimization and control of work programs in the financial management subsystem of a construction organization. Ways to Improve Construction Efficiency. 2023. Issue 1(51). P. 129–142. {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2786-7269.2026.17.547-560
УДК 330.322:69.003:504

Названов Д.В.,
d.creatoor@gmail.com, ORCID: 0009-0008-8149-9400,
Київський національний університет будівництва і архітектури

ФІНАНСОВО-ІНВЕСТИЦІЙНІ ІНСТРУМЕНТИ СТИМУЛЮВАННЯ ЕКОЛОГІЗАЦІЇ ЖИТЛОВОГО БУДІВНИЦТВА

Фінансово-інвестиційні інструменти виступають ключовим механізмом стимулювання екологізації житлового будівництва, оскільки забезпечують мобілізацію капіталу для впровадження енергоефективних рішень, зелених технологій та екологічних стандартів у секторі житла. У сучасних умовах трансформації ринку будівництва, що посилюється екологічними вимогами, інтеграцією принципів ESG та імперативами сталого розвитку, ефективна система фінансового забезпечення стає визначальним чинником реалізації проєктів біосферосумісного житла.

Зростання вартості енергоносіїв, необхідність скорочення викидів парникових газів та адаптація до кліматичних змін формують нові вимоги до структури інвестицій у будівельному секторі. За таких умов держава, фінансові інститути та приватні інвестори дедалі активніше застосовують комплексні інструменти підтримки: поряд із традиційним банківським кредитуванням поширюються спеціалізовані механізми «зеленого» фінансування – зелені кредити, облігації, гарантійні програми, грантові ресурси, фонди енергоефективності та механізми державно-приватного партнерства. Їх використання сприяє зниженню інвестиційних ризиків, диверсифікації джерел капіталу, зменшенню вартості позикових ресурсів та підвищенню фінансової доступності екологічно орієнтованих житлових проєктів для девелоперів і забудовників.

У статті систематизовано фінансово-інвестиційні інструменти, що застосовуються в Україні та міжнародній практиці для підтримки екологізації житлового будівництва; здійснено їх класифікацію за джерелами формування капіталу, механізмами реалізації та рівнем впливу на екологічні показники проєктів. Проаналізовано потенціал, економічну ефективність і обмеження використання зазначених інструментів в умовах трансформаційної економіки. Окреслено інституційні бар'єри розвитку зеленого фінансування та визначено напрями їх подолання.

Методологічну основу дослідження становлять методи порівняльного аналізу, систематизації, узагальнення, структурно-логічного моделювання та оцінки інвестиційної ефективності. Теоретичні положення поєднано з оглядом

практичних кейсів впровадження механізмів «зеленого» фінансування, що дозволило сформувати пропозиції щодо вдосконалення державної політики стимулювання екологічного житлового будівництва та активізації приватних інвестицій.

Отримані результати сприятимуть підвищенню інвестиційної привабливості біосферосумісних житлових проєктів, формуванню стійкої фінансової екосистеми підтримки зелених інновацій у будівництві, посиленню енергоефективності житлового фонду та забезпеченню сталого економічного розвитку міст і територіальних громад у довгостроковій перспективі.

Ключові слова: фінансові інструменти; інвестиційні механізми; зелене фінансування; житлове будівництво; екологізація; зелений кредит; зелені облігації; гранти; енергоефективність.

Постановка проблеми.

Сучасний розвиток житлового будівництва відбувається в умовах посилення екологічних викликів, зростання енергетичних ризиків та необхідності досягнення цілей сталого розвитку. Будівельний сектор традиційно належить до найбільш ресурсомістких галузей економіки, що формують значне навантаження на довкілля через високий рівень споживання енергоресурсів, використання матеріалів із значним вуглецевим слідом та утворення відходів. У зв’язку з цим екологізація житлового будівництва набуває стратегічного значення як для підвищення енергоефективності житлового фонду, так і для забезпечення довгострокової екологічної безпеки та конкурентоспроможності економіки.

Разом із тим впровадження «зелених» технологій і стандартів у житловому секторі потребує значних початкових інвестицій, що створює фінансові бар’єри для девелоперів, забудовників та кінцевих споживачів. Традиційні механізми фінансування будівельних проєктів не завжди враховують екологічні ефекти та довгострокові вигоди від підвищення енергоефективності, що знижує мотивацію суб’єктів ринку до реалізації біосферосумісних рішень. Водночас розвиток інструментів зеленого фінансування відкриває нові можливості для залучення інвестицій у сталий житловий розвиток, однак їх застосування в Україні залишається фрагментарним і недостатньо систематизованим.

Незважаючи на зростання наукового інтересу до проблематики зелених фінансів та сталого будівництва, питання комплексного обґрунтування фінансово-інвестиційних інструментів стимулювання екологізації саме житлового будівництва потребує подальшого дослідження. Особливо актуальним є визначення ефективних механізмів поєднання державних і приватних джерел фінансування, оцінка їх економічної доцільності та

формування інституційних умов для активізації інвестиційної діяльності в екологічно орієнтованих проєктах.

Таким чином, необхідність удосконалення системи фінансово-інвестиційного забезпечення екологізації житлового будівництва, розширення спектра зелених фінансових інструментів та підвищення їх ефективності зумовлює актуальність обраної теми дослідження та визначає наукову й практичну значущість статті.

Аналіз досліджень і публікацій свідчить, що питання застосування фінансово-інвестиційних інструментів для стимулювання екологізації житлового будівництва набуває дедалі більшої актуальності в умовах глобальних кліматичних викликів та трансформації економічних систем у напрямі сталого розвитку. У наукових працях вітчизняні автори, як: Іванисько Н. [1]- розглядає бюджетні програми та пільгові кредити (зокрема «єОселя») як основні джерела фінансування житла; аналізує їхню структуру та ефективність; Чайковський, Я., Луців, Б., Дзюблюк, О. [2] - досліджують роль банківських «зелених» кредитів у підтримці проєктів, спрямованих на сталий розвиток та екологічні інновації; Фролов А. [3,4] - ідентифікує практичні «зелені» фінансові механізми (кредити, позики, облігації) та оцінює їх потенціал у національному контексті; Стретович О. [5] - пропонує модель комбінованого залучення капіталу для екологізації підприємств, яка може бути адаптована для житлового будівництва; Зимогляд Б.Г., Чала В.С. [6] - висвітлюють роль фінансової диверсифікації як частини ширшої екологізації будівництва, що стимулює інвестиції у сталий розвиток; Щербакова О. [7] фокусується на ринкових аспектах зелених облігацій, оцінюючи їх вплив на сталий розвиток та можливості доступу до міжнародних фінансових ресурсів для проєктів з екологічною складовою; Цифра Т. [8] - описує комплекс фінансових та організаційних інструментів, необхідних для становлення ринку «зелених» будівель. Також значний внесок у міжнародну наукову дискусію зробили: Paulo Alcarva, João Pinto, Luis Pacheco, Mara Madaleno, Teresa Barros [9] у систематичному огляді, який досліджує ефективність зелених облігацій та зелених банківських кредитів як інструментів фінансування екологічно сталих проєктів; дослідження Shaoliang Li, Xiazhong Zheng, Qin Zeng [10] аналізують, як зелений фінансовий механізм впливає на розвиток індустрії зеленого будівництва на базі ігрової теорії, що дозволяє оцінити як економічні, так і стратегічні аспекти прийняття рішень інвесторами; Пей Лю, Борон Лін, Хао Чжоу, Сінь Лі, Джордж Папахрістос [11] аналізують вплив «зелених» фінансів (зокрема зелені облігації та кредити) на розвиток «зеленого» будівництва у великих економіках; Mohammed Aboumaachar, Khalid El Ouaafa [12] - розглядають роль зеленого фінансування, включно із зеленими кредитами та

облігаціями, як механізмів стимулювання стійких будівельних проєктів, звертають увагу на теоретичні підстави та ефективність цих інструментів в контексті сталого розвитку і фінансових ринків будівництва загалом.

Водночас результати досліджень демонструють різноманітність підходів до визначення ефективних інструментів екологізації, зокрема через використання «зелених» облігацій, пільгового кредитування, податкових стимулів, державно-приватного партнерства та інноваційних фінансових моделей. Незважаючи на значну кількість наукових напрацювань, потребують подальшого поглиблення питання адаптації таких інструментів до специфіки житлового будівництва, особливо в умовах трансформаційних процесів економіки та післявоєнного відновлення.

Метою статті є теоретичне обґрунтування та науково-практична оцінка фінансово-інвестиційних інструментів стимулювання екологізації житлового будівництва, а також визначення напрямів удосконалення механізмів їх застосування з метою підвищення ефективності фінансування біосферосумісних житлових проєктів в умовах трансформації економіки.

Виклад основного матеріалу.

Фінансово-інвестиційні інструменти відіграють системоутворюючу роль у забезпеченні екологізації житлового будівництва, оскільки саме через них формується ресурсна база для впровадження інноваційних технологій, підвищення енергоефективності будівель та зниження екологічного навантаження на довкілля. В умовах сучасної трансформації економіки та посилення кліматичних викликів відбувається поступове переорієнтування інвестиційних потоків на підтримку сталого розвитку, що зумовлює зростання значення інструментів «зеленого» фінансування у житловому секторі.

Житлове будівництво, як одна з ключових складових будівельної галузі, характеризується високим рівнем капіталомісткості, тривалими строками реалізації проєктів та значною залежністю від зовнішніх джерел фінансування. Водночас впровадження екологічних стандартів, таких як використання енергоефективних матеріалів, відновлюваних джерел енергії, систем енергозбереження та цифрових технологій управління будівлями, потребує додаткових інвестиційних витрат. Саме тому ефективна система фінансово-інвестиційного забезпечення виступає визначальним чинником переходу до біосферосумісного житлового будівництва.

Важливим підтвердженням актуальності екологізації житлового будівництва є сучасні статистичні тенденції розвитку будівельного сектору України. Зокрема, у 2023 році обсяги будівництва зросли на 31,8% порівняно з попереднім роком, що було зумовлено поступовим відновленням економічної активності та адаптацією галузі до умов воєнного часу. У 2024 році темпи

зростання збереглися на рівні 17,8%, що свідчить про стабілізацію ринку та активізацію інвестиційних процесів у будівництві [13].

У 2025 році будівельний сектор продовжив демонструвати позитивну динаміку, зокрема загальний обсяг ринку у грошовому вимірі досяг близько 248 млрд грн, що на 24% більше порівняно з 2024 роком, хоча все ще залишається приблизно на третину нижчим від довоєнного рівня. Водночас структура будівництва зазнала суттєвих змін: зросла частка проєктів, пов'язаних із відновленням інфраструктури та підвищенням енергонезалежності будівель, зокрема попит на сонячні електростанції збільшився на 100%, а на системи резервного енергоживлення - більш ніж на 50% [13].

Щодо житлового будівництва, то у 2025 році в Україні було введено в експлуатацію 9,55 млн кв. м житла, що на 2,1% менше порівняно з 2024 роком [14]. Це свідчить про певне уповільнення темпів введення житла, незважаючи на загальне пожвавлення будівельного ринку. Разом із тим у першому півріччі 2025 року було введено понад 51,5 тис. нових квартир, що лише на 6-7% менше, ніж у відповідному періоді попереднього року [15].

Таблиця 1.

Динаміка основних показників будівельного сектору України у 2023–2025 рр.

Показник	**2023 р**	**2024 р**	**2025 р**	**Темп зміни, %**
Індекс будівельної продукції, % до попереднього року	+31,8	+17,8	+24,0	позитивна динаміка
Обсяг будівельного ринку, млрд грн	160	200	248	+55% (2023-2025)
Введено в експлуатацію житла, млн м^2	9,8	9,75	9,55	-2,5%
Кількість введених квартир, тис. од.	60	55	51,2	-14%
Зростання дозволів на нове будівництво, %	-	+20	+45	суттєве зростання
Попит на енергоефективні рішення, %	+30	+60	+100	різке зростання
Частка житлового фонду, що потребує модернізації, %	85	85	85	без змін

Джерело: узагальнено автором.

Як видно з табл. 1, будівельний сектор демонструє позитивну динаміку розвитку, зокрема зростання обсягів ринку та інвестиційної активності. Водночас зменшення обсягів введення житла та високий рівень зношеності житлового фонду свідчать про необхідність посилення фінансово-інвестиційної підтримки екологізації будівництва.

Водночас спостерігається суттєве зростання інвестиційної активності на початкових стадіях будівництва: обсяг виданих дозволів на нове будівництво у першій половині 2025 року зріс на 45%, а кількість квартир, заявлених на старті проєктів, збільшилася більш ніж на 50%. Це свідчить про формування

відкладеного попиту та потенціал подальшого розвитку житлового будівництва у середньостроковій перспективі.

Разом із тим критичною проблемою залишається низький рівень енергоефективності житлового фонду: за оцінками експертів, близько 85% будівель в Україні потребують термомодернізації та впровадження сучасних енергозберігаючих технологій. Це формує значний інвестиційний попит на «зелені» проєкти та підтверджує необхідність активного використання фінансово-інвестиційних інструментів екологізації [16].

У контексті розвитку зеленого фінансування варто зазначити, що українські підприємства та девелопери досі стикаються з низкою бар'єрів у доступі до таких ресурсів, зокрема недостатньою обізнаністю щодо механізмів залучення коштів, складністю підготовки проєктів відповідно до міжнародних стандартів та обмеженим досвідом роботи з такими інструментами. Це стримує масштабування екологічно орієнтованих інвестицій у житловому будівництві.

У межах дослідження систематизовано фінансово-інвестиційні інструменти за такими основними класифікаційними ознаками: за джерелами формування капіталу (державні, приватні, міжнародні), за механізмами реалізації (кредитні, інвестиційні, грантові, змішані), а також за рівнем впливу на екологічні параметри проєктів (прямі та опосередковані). Такий підхід дозволяє комплексно оцінити їх функціональне призначення та ефективність у стимулюванні екологізації житлового будівництва (табл. 2).

Таблиця 2

Класифікація фінансово-інвестиційних інструментів екологізації житлового будівництва

Класифікаційна ознака	**Вид інструменту**	**Характеристика**	**Приклад застосування**
За джерелами фінансування	Державні	Бюджетне фінансування та підтримка	Пільгові іпотечні програми
	Приватні	Кошти інвесторів і банків	Іпотека, інвестиції девелоперів
	Міжнародні	Ресурси міжнародних організацій	Гранти, фонди
За механізмом реалізації	Кредитні	Поворотне фінансування	Зелені кредити
	Інвестиційні	Фондові інструменти	Зелені облігації
	Грантові	Безповоротне фінансування	Програми підтримки
	Змішані	Комбінування ресурсів	ДПП
За рівнем впливу	Прямі	Безпосередній вплив	Енергоефективні технології
	Опосередковані	Стимулюючий вплив	Податкові пільги

Джерело: узагальнено автором.

Як видно з табл. 2, сучасна система фінансового забезпечення екологізації житлового будівництва базується на поєднанні різних інструментів, що дозволяє досягти синергетичного ефекту та підвищити ефективність реалізації екологічних проєктів.

До державних фінансових інструментів належать бюджетні програми підтримки житлового будівництва, компенсаційні механізми, податкові пільги та субсидії, спрямовані на стимулювання впровадження енергоефективних технологій. Їх застосування формує економічні стимули для забудовників і споживачів щодо переходу до більш екологічно відповідальних моделей будівництва та споживання житла, а також сприяє зниженню бар'єрів входу на ринок «зеленого» будівництва.

Бюджетні програми можуть передбачати пряме фінансування або співфінансування житлових проєктів, що відповідають критеріям енергоефективності та екологічності, включаючи модернізацію існуючого житлового фонду. Компенсаційні механізми, зокрема часткове відшкодування вартості енергоефективного обладнання, утеплення будівель або впровадження відновлюваних джерел енергії, дозволяють скоротити початкові інвестиційні витрати для забудовників і домогосподарств. Податкові пільги можуть включати зниження ставок податку на прибуток, ПДВ або майнових податків для проєктів, що відповідають «зеленим» стандартам, що підвищує їх економічну доцільність і прискорює окупність інвестицій.

Окрему роль відіграють субсидії, які надаються населенню для підвищення доступності житла з високими показниками енергоефективності, а також для зменшення витрат на комунальні послуги. Це не лише підтримує соціально вразливі групи населення, але й стимулює загальний попит на екологічно орієнтоване житло.

Важливим прикладом державного впливу є пільгові іпотечні програми, які забезпечують доступ населення до житла з підвищеними екологічними характеристиками. Такі програми передбачають зниження процентних ставок, часткову компенсацію кредитних платежів або державні гарантії, що зменшує фінансове навантаження на позичальників і підвищує доступність «зеленого» житла для широких верств населення. Водночас інтеграція екологічних критеріїв у вимоги до іпотечного кредитування стимулює забудовників дотримуватися сучасних стандартів енергоефективності.

У цілому, державні фінансові інструменти виконують системоутворюючу функцію, створюючи інституційні та економічні передумови для розвитку ринку екологічного житлового будівництва. Їх ефективне поєднання з приватними та міжнародними джерелами фінансування дозволяє досягти

синергетичного ефекту, забезпечити масштабування «зелених» проєктів та прискорити перехід до сталого розвитку житлового сектору.

Суттєву роль відіграють банківські інструменти фінансування, зокрема «зелені» кредити, які надаються на пільгових умовах для реалізації проєктів з високими екологічними стандартами. Такі кредити, як правило, передбачають зниження процентних ставок, подовжені строки кредитування, гнучкі графіки погашення та можливість отримання додаткових стимулів у разі досягнення визначених показників енергоефективності. Їх застосування дозволяє забудовникам і девелоперам зменшити фінансове навантаження на початкових етапах реалізації проєктів, що є критично важливим з огляду на значні капітальні витрати у будівництві.

Крім того, банківські установи дедалі активніше інтегрують екологічні, соціальні та управлінські (ESG) критерії у процес оцінювання позичальників, що сприяє підвищенню якості інвестиційних рішень і зниженню ризиків. Важливим аспектом є також розвиток спеціалізованих кредитних продуктів для фінансування енергоефективної модернізації житлового фонду, включаючи утеплення будівель, встановлення енергоощадного обладнання та використання відновлюваних джерел енергії.

Одним із найбільш перспективних інструментів є «зелені» облігації, які забезпечують залучення довгострокового капіталу на фінансових ринках і спрямовуються виключно на фінансування екологічно орієнтованих проєктів. Їх перевагою є можливість акумулювання значних обсягів інвестицій від широкого кола інституційних інвесторів, зокрема пенсійних фондів, страхових компаній та міжнародних фінансових організацій. Випуск «зелених» облігацій також сприяє підвищенню прозорості діяльності емітентів, оскільки передбачає необхідність звітності щодо використання коштів і досягнення екологічних результатів.

Розвиток ринку таких інструментів створює передумови для формування ефективної екосистеми зеленого фінансування, підвищення довіри інвесторів та інтеграції національного фінансового ринку у глобальні процеси сталого розвитку. У сукупності банківські інструменти, доповнені ринковими механізмами, забезпечують безперервність фінансування на всіх етапах життєвого циклу житлових проєктів та сприяють прискоренню переходу до екологічно орієнтованого будівництва.

Окрему групу становлять грантові та донорські інструменти, а також механізми державно-приватного партнерства, які забезпечують диверсифікацію джерел фінансування та зниження інвестиційних ризиків. Їх застосування є особливо актуальним в умовах обмеженості внутрішніх фінансових ресурсів та підвищеної невизначеності, оскільки дозволяє залучати міжнародну технічну

допомогу, пільгове фінансування та безповоротні кошти для реалізації екологічно орієнтованих проєктів у житловому будівництві.

Грантові програми міжнародних фінансових організацій і донорських інституцій сприяють впровадженню інноваційних енергоефективних технологій, підвищенню якості проєктного менеджменту та розвитку інституційної спроможності учасників ринку. Водночас механізми державно-приватного партнерства забезпечують ефективний розподіл ризиків між державою та бізнесом, стимулюють довгострокові інвестиції та створюють умови для реалізації масштабних інфраструктурних і житлових проєктів із дотриманням екологічних стандартів.

Синергія грантового фінансування та інструментів державно-приватного партнерства дозволяє не лише зменшити фінансове навантаження на приватних інвесторів, але й підвищити довіру до проєктів з боку міжнародних партнерів, забезпечити прозорість використання коштів і досягнення визначених екологічних показників. Це, у свою чергу, формує підґрунтя для сталого розвитку житлового сектору та активізації процесів «зеленого» будівництва в Україні.

Аналіз економічної ефективності свідчить, що використання таких інструментів сприяє не лише зниженню експлуатаційних витрат за рахунок енергоефективності та оптимізації споживання ресурсів, але й забезпечує довгострокове підвищення вартості нерухомості, її ліквідності та конкурентоспроможності на ринку. Екологічно орієнтовані проєкти характеризуються більш стабільними грошовими потоками, нижчими ризиками експлуатаційних витрат і вищим рівнем привабливості для інвесторів, що орієнтуються на принципи сталого розвитку (ESG). Крім того, впровадження «зелених» стандартів сприяє підвищенню якості житлового середовища, що також опосередковано впливає на економічну ефективність через зростання попиту.

Водночас існують суттєві бар’єри, пов’язані з недосконалістю інституційного середовища, фрагментарністю нормативно-правової бази, недостатнім розвитком ринку «зелених» фінансових інструментів, а також обмеженим доступом до довгострокових і недорогих фінансових ресурсів. Додатковими стримуючими чинниками є низький рівень обізнаності учасників ринку щодо переваг екологічного будівництва, високі початкові інвестиційні витрати та недостатня кількість стимулюючих механізмів з боку держави.

З метою подолання зазначених обмежень доцільним є удосконалення державної політики шляхом формування цілісної стратегії розвитку «зеленого» будівництва, гармонізації національного законодавства з європейськими стандартами та запровадження системи економічних стимулів (податкових

пільг, компенсацій, субсидій). Важливим напрямом є розширення спектра інструментів зеленого фінансування, зокрема розвиток ринку «зелених» облігацій, кредитних програм, гарантійних механізмів і фондів підтримки енергоефективності.

Особливого значення набуває активізація залучення міжнародних інвестицій і донорської допомоги, що дозволить забезпечити масштабування екологічних проєктів та інтеграцію сучасних технологій у житлове будівництво. У контексті післявоєнного відновлення України це створює передумови для формування нової моделі розвитку житлового сектору, яка базується на принципах енергоефективності, екологічної безпеки та довгострокової економічної стійкості.

Висновки.

Узагальнюючи результати дослідження, слід зазначити, що фінансово-інвестиційні інструменти відіграють визначальну роль у стимулюванні екологізації житлового будівництва, забезпечуючи залучення капіталу для впровадження енергоефективних технологій і стандартів сталого розвитку.

Проведений аналіз динаміки будівельного сектору України у 2023–2025 роках засвідчив поступове відновлення ринку та зростання попиту на екологічно орієнтовані проєкти, що формує сприятливе підґрунтя для активізації «зеленого» фінансування. Встановлено, що найбільш результативними є комбіновані механізми фінансування, які інтегрують державні, банківські та міжнародні ресурси, забезпечуючи зниження ризиків і підвищення інвестиційної привабливості житлових проєктів. Водночас ідентифіковано ключові бар’єри розвитку, серед яких – недостатня розвиненість фінансових ринків, обмеженість довгострокових ресурсів та відсутність комплексної державної політики.

Практична цінність дослідження полягає у можливості використання його результатів для формування ефективної державної та регіональної політики у сфері екологічного житлового будівництва. Запропоновані рекомендації щодо поєднання різних джерел фінансування можуть бути застосовані девелоперами та інвесторами для оптимізації інвестиційних стратегій і підвищення результативності проєктів. Розроблена класифікація інструментів становить прикладний інтерес для банківських установ та інвестиційних фондів при створенні нових фінансових продуктів. Водночас впровадження цифрових рішень, зокрема платформних інструментів і смарт-контрактів, сприятиме підвищенню прозорості та контролю інвестиційних процесів. У довгостроковій перспективі реалізація запропонованих підходів забезпечить підвищення енергоефективності житлового фонду, зменшення екологічного навантаження та досягнення цілей сталого розвитку в умовах післявоєнної відбудови України.

Список використаних джерел

1. Іванисько Н.М. (2025). Інструменти фінансування програм житлового будівництва в Україні. *Економіка, управління та адміністрування*, (4(114), 164–175. https://doi.org/10.26642/ema-2025-4(114)-164-175.

2. Чайковський Я., Луців Б., Дзюблюк О., Чайковський Є., Луців П. (2025). Банківське зелене кредитування як ключовий інструмент екологічної модернізації економіки. *Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice*, *2*(61), 54–72. https://doi.org/10.55643/fcaptp.2.61.2025.4651.

3. Фролов А. Інструменти зеленого фінансування в Україні: практичні аспекти. *Вісник економіки.* 2024. Вип. 1. С. 79–93. DOI: 10.35774/visnyk2025.01.079.

4. Фролов А. Інструменти зеленого фінансування в Україні: практичні аспекти. *Вісник Економіки*, no. 1, Apr. 2025, pp. 79-93, https://doi.org/10.35774/.

5. Стретович О. (2025). Інтеграція фінансових інструментів «зеленого» кредитування та облігацій у модель екологізації підприємництва. *Економіка та суспільство*, (79). https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-79-60

6. Зимогляд Б.Г., Чала В.С. (2025) Глобальні екологічні тренди диверсифікації будівельного сектору. *Економічний простір, (203).* DOI: https://doi.org/10.30838/EP.203.89-95

7. Щербакова О. (2023). Роль зелених облігацій у фінансуванні сталого розвитку. *Економіка України*, *66* (12(745), 3–22. https://doi.org/10.15407/economyukr.2023.12.003

8. Цифра Т. Організаційно-економічний механізм формування ринку зелених будівель. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*, вип. 53(2), 2024. *DOI: https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.53(2).331-350*

9. Paulo Alcarva, João Pinto, Luis Pacheco, Mara Madaleno, Teresa Barros. Green bonds and green banking loans: A systematic literature review**.** *Sustainability 2026, 18(2),898; https://doi.org/10.3390/su18020898/ This article belongs to the Collection sustainability in financial industry.*

10. Shaoliang Li, Xiazhong Zheng, Qin Zeng. Can green finance drive the development of the green building industru? – *Based on the evolutionary game theory. Sustainability 2023, 15(17), 13134; https://doi.org/10.3390/su151713134*

11. Пей Лю, Борон Лін, Хао Чжоу, Сінь Лі, Джордж Папахрістос. Вплив зеленого фінансування на зелену трансформацію будівельного сектору Китаю: оцінка на основі системної динаміки для цільових фінансових інструментів і політик Energy Volume 334, 15 October 2025, 137845

12. Aboumaachar M. and El Ouafa K. 2024. Integrating Green Finance and Sustainable Development in the Built Environment: A Review under the Lens of Akerlof's Lemon Theory and Williamson's Transaction Cost Theory. *Revue Internationale des Sciences de Gestion*. 7, 3 (Jul. 2024).

13. Озейчук А. Тенденції будівельного ринку України у 2025 році. https://gmk.center/ua/opinion/tendencii-budivelnogo-rinku-ukraini-u-2025.

14. Ринок житла у 2025 році: темпи будівництва в Україні сповільнилися, але кількість нових квартир зросла. https://minfin.com.ua/ua/2026/03/06/169443970/

15. Державна служба статистики України опублікувала дані про обсяги житлового будівництва в країні. П'ятниця, 19 вересня 2025. https://kbu.org.ua/news/derzhavna-sluzhba-statystyky-ukrainy-opublikuvala-dani-pro-obsiahy-zhytlovoho-budivnytstva-v-kraini?

16. Енергоефективність будівель в Україні: 85% житлового фонду потребує модернізації. https://www.ua-developers.com.ua/posts/energoefektivnist-budivel-v-ukrayini-85-zhitlovogo-fondu-potrebuie-modernizaciyi?

Denys Nazvanov,
PhD student of the department of economic theory, accounting, and taxation.
Kyiv National University of Construction and Architecture

FINANCIAL AND INVESTMENT INSTRUMENTS FOR STIMULATING THE GREENING OF RESIDENTIAL CONSTRUCTION

Financial and investment instruments serve as a key mechanism for stimulating the greening of residential construction, as they ensure the mobilization of capital for the implementation of energy-efficient solutions, green technologies, and environmental standards in the housing sector. In the context of ongoing transformation of the construction market, intensified environmental requirements, ESG integration, and sustainable development imperatives, an effective financial support system becomes a decisive factor in the implementation of biosphere-compatible housing projects.

Rising energy costs, the need to reduce greenhouse gas emissions, and climate change adaptation challenges generate new requirements for the structure and direction of investments in the construction sector. Under these conditions, the state, financial institutions, and private investors increasingly apply a comprehensive set of support instruments. Alongside traditional bank lending, specialized green financing mechanisms are expanding, including green loans, green bonds, guarantee schemes, grant funding, energy efficiency funds, and public-private partnership tools. The use of these instruments contributes to risk mitigation, diversification of capital sources, reduction of borrowing costs, and improved financial accessibility of environmentally oriented housing projects for developers and construction companies.

The article systematizes financial and investment instruments applied in Ukraine and international practice to support the greening of residential construction and provides their classification according to sources of capital formation,

implementation mechanisms, and environmental impact levels. Their potential, economic efficiency, and limitations under conditions of a transformational economy are analyzed. Institutional barriers to the development of green housing finance are identified, and directions for their elimination are proposed.

The methodological framework of the research is based on comparative analysis, systematization, generalization, structural and logical modeling, and investment efficiency assessment methods. Theoretical provisions are combined with a review of practical cases of green financing implementation, which made it possible to formulate recommendations for improving public policy instruments and enhancing private investment in environmentally sustainable housing projects.

The results obtained contribute to increasing the investment attractiveness of biosphere-compatible residential projects, forming a sustainable financial ecosystem for supporting green innovations in construction, strengthening the energy efficiency of the housing stock, and ensuring long-term sustainable economic development of cities and local communities.

Keywords: financial instruments; investment mechanisms; green financing; residential construction; greening; green loans; green bonds; grants; energy efficiency.

REFERENCES:

1. Ivanysko N.M. (2025). Financial instruments for financing housing construction programs in Ukraine. *Economics, Management and Administration*, 4(114), 164–175. https://doi.org/10.26642/ema-2025-4(114)-164-175 {in Ukrainian}

2. Chaikovskyi Ya., Lutsiv B., Dziubliuk O., Chaikovskyi Ye., Lutsiv, P. (2025). Bank green lending as a key instrument for environmental modernization of the economy. *Financial and Credit Activity: Problems of Theory and Practice*, 2(61), 54–72. https://doi.org/10.55643/fcaptp.2.61.2025.4651{in Ukrainian}

3. Frolov A. (2024). Green finance instruments in Ukraine: practical aspects. *Bulletin of Economics*, 1, 79–93. https://doi.org/10.35774/visnyk2025.01.079{in Ukrainian}

4. Frolov A. (2025). Green finance instruments in Ukraine: practical aspects. *Bulletin of Economics*, no. 1, April, pp. 79–93. https://doi.org/10.35774/{in Ukrainian}

5. Stretovych O. (2025). Integration of financial instruments of green lending and bonds into the model of business greening. *Economy and Society*, 79. https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-79-60{in Ukrainian}

6. Zymohliad B.H., Chala V.S. (2025). Global environmental trends in the diversification of the construction sector. *Economic Space*, 203. https://doi.org/10.30838/EP.203.89-95{in Ukrainian}

7. Shcherbakova O. (2023). The role of green bonds in financing sustainable development. *Economy of Ukraine*, 66(12(745)), 3–22. https://doi.org/10.15407/economyukr.2023.12.003{in Ukrainian}

8. Tsyfra T. (2024). Organizational and economic mechanism for the formation of the green building market. *Ways to Increase the Efficiency of Construction in the Context of Market Relations Formation*, 53(2). https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.53(2).331-350{in Ukrainian}

9. Alcarva P., Pinto J., Pacheco L., Madaleno M., Barros T. (2026). Green bonds and green banking loans: A systematic literature review. *Sustainability*, 18(2), 898. https://doi.org/10.3390/su18020898 {in English}

10. Li S., Zheng X., Zeng Q. (2023). Can green finance drive the development of the green building industry? Based on evolutionary game theory. *Sustainability*, 15(17), 13134. https://doi.org/10.3390/su151713134{in English}

11. Liu P., Lin B., Zhou H., Li X., Papachristos G. (2025). The impact of green finance on the green transformation of China's building sector: A system dynamics assessment for targeted financing instruments and policies. *Energy*, 334, 137845. {in English}

12. Aboumaachar M., El Ouafa K. (2024). Integrating green finance and sustainable development in the built environment: A review under the lens of Akerlof's Lemon Theory and Williamson's Transaction Cost Theory. *Revue Internationale des Sciences de Gestion*, 7(3). {in English}

13. Ozeichuk, A. Trends in the Ukrainian Construction Market in 2025. https://gmk.center/ua/opinion/tendencii-budivelnogo-rinku-ukraini-u-2025{in Ukrainian}

14. Housing Market in 2025: Construction Pace in Ukraine Slowed, but the Number of New Apartments Increased. https://minfin.com.ua/ua/2026/03/06/169443970/{in Ukrainian}

15. State Statistics Service of Ukraine Published Data on Residential Construction Volumes in the Country. Friday, 19 September 2025. https://kbu.org.ua/news/derzhavna-sluzhba-statystyky-ukrainy-opublikuvala-dani-pro-obsiahy-zhytlovoho-budivnytstva-v-kraini? {in Ukrainian}

16. Energy Efficiency of Buildings in Ukraine: 85% of the Housing Stock Requires Modernization. https://www.ua-developers.com.ua/posts/energoefektivnist-budivel-v-ukrayini-85-zhitlovogo-fondu-potrebuie-modernizaciyi{in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2786-7269.2026.17.561-571
УДК: 69.005

к.т.н. **Новак Є.В.**,
e.novak@chnu.edu.ua, ORCID: 0000-0002-8512-6344,
доктор філософії з економіки **Галунка О.Д.,**
o.halunka@chnu.edu.ua, ORCID: 0000-0002-3437-2553,
Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича

ТЕОРЕТИЧНІ ПІДХОДИ ТА ПЕРЕДУМОВИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНІЧНОЇ ПРИЙНЯТНОСТІ У БУДІВНИЦТВІ ЯК ОСНОВА ТРАНСФОРМАЦІЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ

Досліджено теоретичні підходи та передумови забезпечення технічної прийнятності у будівництві як ключового елементу трансформації системи управління якістю в сучасних умовах. Обґрунтовано, що технічна прийнятність поступово виходить за межі традиційного розуміння як процедури перевірки відповідності нормативним вимогам і набуває ознак комплексної, багаторівневої системи оцінювання, інтегрованої у всі етапи життєвого циклу об'єкта будівництва.

Визначено, що актуальність теми зумовлена необхідністю адаптації будівельної галузі до сучасних викликів, серед яких цифровізація, впровадження інноваційних технологій, гармонізація нормативної бази з європейськими стандартами, а також підвищення вимог до безпеки, стійкості та енергоефективності будівель. Проаналізовано еволюцію підходів до оцінювання технічної прийнятності — від формалізованого контролю до ризик-орієнтованої моделі, що враховує експлуатаційні характеристики, надійність і довговічність будівельних рішень.

У роботі розкрито роль цифрових технологій, зокрема інформаційного моделювання будівель (BIM), як інструменту підвищення точності та обґрунтованості оцінки технічних рішень. Обґрунтовано доцільність впровадження багатокритеріального підходу до оцінювання, який охоплює технічні, екологічні, економічні та соціальні параметри, включаючи інклюзивність і стійкість до надзвичайних впливів.

Доведено, що важливою передумовою підвищення ефективності системи є інтеграція науково-технічного супроводу, розвиток механізмів професійної відповідальності учасників будівництва та впровадження безперервного моніторингу якості. Узагальнено, що трансформація системи управління якістю в будівництві має ґрунтуватися на поєднанні ризик-орієнтованих підходів, цифровізації, гармонізованої нормативної бази та принципів сталого розвитку.

Отримані результати можуть бути використані для удосконалення теоретичних засад і практичних механізмів забезпечення якості у будівництві, а також для формування сучасної моделі оцінювання технічної прийнятності як інтегрованого інструменту управління якістю.

Ключові слова: якість; система забезпечення якості будівництва; технічна прийнятність; оцінювання відповідності; організація будівництва; учасники будівництва; цифрова трансформація; BIM; стратегічне управління; інформаційне забезпечення; проєктування; проєктувальники; елементи системи; дерегуляція.

Постановка проблеми, її актуальність та новизна. Будівництво є однією з ключових галузей економіки, яка безпосередньо визначає рівень безпеки, комфорту та сталого розвитку суспільства. В умовах інтенсивної урбанізації, відбудови інфраструктури та зростання вимог до енергоефективності й екологічності об’єктів, питання технічної прийнятності будівельних рішень набуває критичного значення. Йдеться не лише про відповідність нормативним вимогам, а й про здатність інноваційних матеріалів, технологій і конструктивних рішень забезпечувати надійність і довговічність об’єктів.

Сучасний етап розвитку будівництва характеризується активним впровадженням інновацій (BIM-технології, «зелене» будівництво, модульні конструкції тощо). Це потребує перегляду традиційних підходів до оцінки якості та формування нових теоретичних засад технічної прийнятності, які враховують ризики, невизначеність і складність інноваційних рішень.

Особливої актуальності тема набуває в контексті трансформації систем управління якістю. Традиційні підходи, орієнтовані переважно на контроль відповідності, поступово замінюються ризик-орієнтованими та процесними моделями управління. У цьому аспекті технічна прийнятність виступає базовою категорією, що інтегрує вимоги безпеки, функціональності, економічної доцільності та експлуатаційної надійності.

Крім того, у сучасних умовах глобалізації та євроінтеграції виникає необхідність гармонізації національних стандартів із міжнародними та європейськими нормами. Це зумовлює потребу в теоретичному обґрунтуванні підходів до забезпечення технічної прийнятності, які відповідатимуть принципам міжнародних систем стандартизації та сертифікації.

Не менш важливим чинником є зростання відповідальності за якість будівництва в умовах підвищених ризиків (техногенних, екологічних, соціальних). Помилки на етапі проєктування або оцінки технічної прийнятності можуть призвести до значних економічних втрат і загроз безпеці людей. Тому

удосконалення теоретичних підходів у цій сфері є необхідною передумовою підвищення ефективності систем управління якістю.

Таким чином, актуальність дослідження визначається потребою забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів, необхідністю адаптації до інноваційних технологій і матеріалів, трансформацією систем управління якістю у напрямі ризик-орієнтованих підходів, гармонізацією з міжнародними стандартами, підвищенням вимог до ефективності та стійкості будівництва.

У сукупності це обґрунтовує доцільність і своєчасність дослідження зазначеної теми як важливої теоретичної та практичної основи розвитку сучасної будівельної галузі.

Аналіз останніх публікацій.

Аналіз використаних джерел свідчить про комплексний характер дослідження проблеми забезпечення технічної прийнятності у будівництві, що поєднує нормативно-правові, методичні, теоретичні та прикладні аспекти.

Нормативно-правову основу становлять Закон України «Про надання будівельної продукції на ринку» та підзаконні акти, зокрема постанова Кабінету Міністрів України №1458 і Порядок розроблення та прийняття національних документів з визначення прийнятності [1–3]. Ці документи формують сучасну модель технічного регулювання, орієнтовану на європейські підходи до оцінки відповідності та підтвердження характеристик будівельної продукції.

Методологічну основу дослідження становить стандарт ДСТУ ISO 9000:2015, який визначає принципи управління якістю, зокрема процесний підхід і безперервне вдосконалення [4]. Це дозволяє розглядати технічну прийнятність як складову системи управління якістю.

Теоретичне підґрунтя сформовано працями вітчизняних науковців, у яких розкрито питання організації будівельного виробництва, управління якістю та ефективності процесів [5–8]. Додатково міжнародні колективні монографії розширюють дослідження, розглядаючи організаційно-технологічні та економічні аспекти будівництва [9, 11].

Сучасні наукові публікації присвячені безпосередньо технічній прийнятності та її трансформації. Зокрема, досліджено методичні підходи до формування національних документів і проаналізовано міжнародний досвід, що є важливим для адаптації європейських практик в Україні [7, 10].

Економічні аспекти діяльності будівельних підприємств, зокрема фінансова безпека та конкурентоспроможність, розкрито у відповідних наукових працях [12, 13], що дозволяє пов'язати технічну прийнятність із результативністю функціонування галузі. Сучасні дослідження також

акцентують увагу на управлінні ризиками та превентивних механізмах забезпечення якості [14].

Таким чином, проаналізовані джерела формують цілісну наукову базу, яка обґрунтовує технічну прийнятність як ключовий елемент трансформації системи управління якістю в будівництві й надають підґрунтя до подальших досліджень у сфері забезпечення якості будівництва.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою статті є дослідження взаємозв'язку нових підходів до забезпечення технічної прийнятності будівельної продукції з трансформацією системи управління якістю.

Методи дослідження. Для досягнення поставленої мети, у статті використано наступні методи дослідження: аналізу і синтезу – для пошуку чинників впливу на систему забезпечення якості трансформації підходів до визначення і забезпечення технічної прийнятності будівельної продукції, компаративний аналіз – для пошуку ключових змін у процесі оцінки технічної прийнятності в будівництві.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. У 2022–2026 роках процес оцінки технічної прийнятності в будівництві України зазнав комплексних змін, які свідчать про перехід до нової моделі управління якістю (табл.1).

Передусім відбулася зміна самого підходу до оцінки. Якщо раніше технічна прийнятність визначалася переважно як відповідність об'єкта встановленим державним будівельним нормам і стандартам, то нині акцент зміщено на ризик-орієнтований підхід і врахування всього життєвого циклу об'єкта. Це означає, що оцінюється не лише відповідність проєктних рішень, а й їхня надійність, безпечність та ефективність у процесі експлуатації, включаючи визначення залишкового ресурсу.

Важливим напрямом змін стала гармонізація нормативної бази з європейськими стандартами. Україна поступово переходить від ізольованої національної системи до інтегрованої моделі, що базується на стандартах EN та ISO. У зв'язку з цим змінюється і логіка оцінки технічної прийнятності — від формального підтвердження відповідності до підтвердження експлуатаційних характеристик і якості будівельної продукції.

Суттєву роль відіграє цифровізація процесів. Запровадження електронної системи у сфері будівництва дозволило перевести значну частину процедур у цифровий формат, скоротити строки розгляду документації та підвищити прозорість прийняття рішень. Додатково впровадження BIM-технологій сприяє переходу від аналізу паперової документації до роботи з цифровими моделями

об'єктів, що дає можливість більш точно оцінювати технічні рішення, прогнозувати ризики та виявляти помилки ще на етапі проєктування.

Таблиця 1

Ключові зміни у процесі оцінки технічної прийнятності в будівництві України у 2022–2026 рр.

№	Напрям	Зміни	Базовий підхід	Зміна підходу	Вплив на технічну прийнятність
1	Підхід до оцінки	Перехід до ризик-орієнтованої та життєвого циклу оцінки	Формальна перевірка відповідності ДБН і ДСТУ	Оцінка ризиків, надійності, залишкового ресурсу	Технічна прийнятність стала безперервним процесом
2	Нормативна база	Гармонізація з європейськими стандартами (EN, ISO)	Національні норми без повної інтеграції з ЄС	Адаптація до стандартів ЄС, оцінка відповідності продукції	Уніфікація вимог і підвищення якості
3	Цифровізація	Впровадження електронної системи у будівництві	Паперові процедури, складні погодження	Електронна подача, автоматизація процесів	Прискорення та прозорість оцінки
4	BIM-технології	Інтеграція цифрового моделювання (BIM)	Відсутність обов'язкового використання	Управління через цифрові моделі об'єкта	Перехід до моделювання та прогнозування рішень
5	Безпека та стійкість	Посилення вимог через воєнні ризики	Стандартні вимоги без урахування воєнних загроз	Урахування навантажень, захисних споруд, стійкості	Розширення критеріїв безпеки
6	Критерії оцінки	Додавання екологічних та соціальних критеріїв	Орієнтація на технічні параметри	Енергоефективність, екологічність, інклюзивність	Багатокритеріальна оцінка якості
7	Регуляторна політика	Дерегуляція та спрощення процедур	Складні дозвільні процеси	Спрощення для малих об'єктів, нові процедури	Зменшення бюрократії
8	Відповідальність	Перерозподіл відповідальності між учасниками	Значна роль державного контролю	Більша відповідальність проєктувальників і забудовників	Підвищення якості через самоконтроль
9	Науково-технічний супровід	Обов'язковість супроводу на всіх етапах	Епізодичне застосування	Системний супровід протягом життєвого циклу	Підвищення обґрунтованості рішень
10	Оцінка продукції	Впровадження ринкового нагляду	Обмежений контроль будівельної продукції	Стандартизовані процедури оцінки відповідності	Контроль якості матеріалів і виробів

Розроблено авторами

Окремо слід відзначити посилення вимог до безпеки та стійкості будівель, що стало особливо актуальним в умовах воєнних викликів після 2022 року. У процес оцінки технічної прийнятності інтегруються критерії, пов'язані з підвищеною міцністю конструкцій, стійкістю до надзвичайних впливів та наявністю захисних рішень.

Паралельно розширюється перелік критеріїв оцінки. Якщо раніше домінували суто технічні показники, то нині враховуються також екологічні, енергоефективні та соціальні аспекти, зокрема інклюзивність і доступність будівель. Таким чином, технічна прийнятність набуває комплексного, багатовимірного характеру.

Ще однією важливою тенденцією є дерегуляція та спрощення процедур. Зменшення кількості дозвільних етапів і спрощення процедур для окремих категорій об'єктів супроводжується одночасним посиленням відповідальності учасників будівельного процесу — проєктувальників, інженерів і забудовників. Відбувається перехід від жорсткого державного контролю до моделі, де ключову роль відіграє професійна відповідальність і самоконтроль.

Крім того, значно зросла роль науково-технічного супроводу, який стає обов'язковим елементом на всіх етапах життєвого циклу об'єкта — від проєктування до експлуатації. Це забезпечує більш глибоке обґрунтування технічних рішень і підвищує їхню надійність.

Також було вдосконалено систему оцінки будівельної продукції, зокрема через впровадження ринкового нагляду та стандартизованих процедур підтвердження відповідності. Це дозволяє забезпечити належну якість матеріалів і виробів, що використовуються у будівництві.

Зазначені зміни відображають перехід від традиційної, формалізованої системи оцінки технічної прийнятності до сучасної моделі, яка базується на ризик-орієнтованому підході, цифрових технологіях, європейських стандартах і розширеному розумінні якості будівництва.

Для покращення якості у будівництві через систему оцінювання технічної прийнятності, потрібно провести комплекс змін, які охоплюють підходи, процедури, технології та відповідальність учасників:

1. *Перехід до ризик-орієнтованого підходу*. Оцінка технічної прийнятності має базуватися не лише на формальній відповідності нормам, а й на аналізі ризиків безпеки, довговічності та експлуатаційних характеристик. Впровадження оцінки життєвого циклу об'єкта від проєктування до експлуатації, використання методів моделювання й прогнозування ризиків (статистичні моделі, цифрові симуляції).

2. Інтеграція цифрових технологій. Масштабне використання BIM-технологій для цифрового проєктування та оцінки рішень, електронна подача

документації та автоматизовані процедури перевірки, використання цифрових моделей для верифікації відповідності матеріалів і конструкцій у реальному часі.

3. Гармонізація з міжнародними стандартами. Перехід на європейські та міжнародні стандарти (EN, ISO) для підвищення надійності оцінок, впровадження процедур оцінки відповідності будівельних матеріалів і продукції, розробка уніфікованих критеріїв і методів, щоб різні проєкти оцінювались за однаковими правилами.

4. Розширення критеріїв оцінки (екологічності, енергоефективності, ресурсозбереження та інклюзивності, врахування стійкості до надзвичайних ситуацій і воєнних впливів). Багатокритеріальна оцінка дозволяє приймати рішення, що відповідають сучасним вимогам до якості.

5. Підвищення професійної відповідальності. Перерозподіл відповідальності з державних контролюючих органів на проєктувальників, забудовників і підрядників, введення механізмів самоконтролю та сертифікації компетенцій учасників процесу, застосування штрафів та стимулів за дотримання/порушення стандартів якості.

6. Системний науково-технічний супровід. Впровадження обов’язкового науково-технічного супроводу на всіх етапах, моніторинг і корекція проєктних рішень у режимі реального часу, використання тестів матеріалів і прототипів для прийняття рішень.

7. Постійне вдосконалення включає регулярне оновлення нормативної бази з урахуванням нових технологій і матеріалів, моніторинг результатів і внесення корективів у процедури оцінки, використання даних протягом періоду експлуатації для поліпшення майбутніх рішень.

Щоб якість будівництва реально підвищилась, система оцінки технічної прийнятності має стати процесом постійного контролю та оптимізації, інтегрованим з цифровими технологіями, міжнародними стандартами та комплексною оцінкою ризиків. Тобто, оцінка перестає бути формальною процедурою — вона стає інструментом прийняття рішень, що забезпечує безпечні, надійні та стійкі об’єкти.

Висновки і перспективи подальших досліджень. У результаті проведеного дослідження встановлено, що технічна прийнятність у будівництві трансформується з вузько спрямованої процедури перевірки відповідності нормативним вимогам у комплексну багаторівневу систему оцінювання, яка визначає якість об’єкта на всіх етапах його життєвого циклу. Така трансформація обумовлена як внутрішніми змінами у галузі, так і зовнішніми викликами, зокрема цифровізацією, євроінтеграційними процесами та необхідністю забезпечення стійкості будівель в умовах підвищених ризиків.

Доведено, що сучасні підходи до оцінювання технічної прийнятності базуються на поєднанні ризик-орієнтованої методології, цифрових технологій та гармонізованої нормативної бази. Перехід від формального контролю до аналізу ризиків і експлуатаційних характеристик дозволяє більш об'єктивно оцінювати якість проєктних і конструктивних рішень, а також прогнозувати їхню поведінку в процесі експлуатації.

Інтеграція цифрових інструментів, зокрема інформаційного моделювання будівель (BIM), створює принципово нові можливості для оцінювання технічної прийнятності. Використання цифрових моделей забезпечує підвищення точності оцінки, дозволяє здійснювати багатоваріантний аналіз рішень і сприяє ранньому виявленню помилок, що, у свою чергу, знижує ризики та витрати на подальших етапах реалізації проєкту.

Гармонізація національної нормативної бази з європейськими стандартами є необхідною передумовою підвищення якості будівництва. Перехід до системи оцінки відповідності, орієнтованої на характеристики продукції та результативність будівельних рішень, забезпечує підвищення прозорості та уніфікації процедур технічної прийнятності.

Важливою складовою сучасної системи забезпечення технічної прийнятності є науково-технічний супровід, який забезпечує обґрунтованість і адаптивність рішень на всіх етапах життєвого циклу об'єкта. Його системне впровадження сприяє зниженню невизначеності та підвищенню достовірності оцінок.

Технічна прийнятність у сучасних умовах виступає ключовим елементом трансформації системи управління якістю в будівництві, забезпечуючи перехід від формального контролю до проактивного управління якістю, орієнтованого на результат, безпеку та стійкий розвиток.

Література

1. Закон України «Про надання будівельної продукції на ринку». https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/850-20#Text
2. Постанова Кабінету Міністрів України No1458 від 23 грудня 2022 року «Деякі питання надання будівельної продукції на ринку». https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1458-2021-%D0%BF#n24.
3. Порядок розроблення та прийняття національних документів України з визначення прийнятності https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1458-2021-%D0%BF#n84.
4. ДСТУ ISO 9000:2015 «Системи управління якістю. Основні положення та словник термінів (ISO 9000:2005, IDT)». Чинний з 01.07.2016 р.
5. Менеджмент якості в будівництві та виробничі організаційні системи: монографія / Лівінський О.М. та ін.. Київ: Центр учбової літератури, 2018. 230 с
6. Принципи планування виробничої програми будівельного підприємства і методи нормування її параметрів: монографія / А. Ф. Гойко [та ін.]; Київський національний ун-т будівництва і архітектури. Київ: КНУБА, 2007. 56 с.

7. Скакун В.А., Запєчна Ю.О., Богатюк Д.В., Галунка О.Д. Методичний підхід до розроблення та прийняття національних документів України з визначення прийнятності інноваційної будівельної продукції.Управління розвитком складних систем. Київ, 2023. No 56. С. 165 – 172, dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2023.56.165-172.

8. Зельцер Р.Я. Інноваційні моделі і методи організації, управління і економічної оцінки технологічних процесів будівельного виробництва: монографія. Київ: «МП Леся», 2018. 208 с.

9. Organizational and technological model engineering in the construction industry : collective monograph / P. Ye. Hryhorovskyi et. al. Lviv – Toruń : Liha-Pres, 2019. 128 p.

10. Бєлєнкова О., Цифра Т., Казьмін О. (2023). Система визначення технічної прийнятності будівельної продукції – досвід Європи та Азії. Управління розвитком складних систем, (56), 123–130. https://doi.org/10.32347/2412-9933.2023.56.123-130

11. Technical and economic aspects of real estate properties: collective monograph / Nikolaiev V.P. et. al. Lviv-Toruń: Liha-Pres, 2019. 124 p.

12. Сорокіна Л.В., Стеценко С.П., Гойко А.Ф. Економетричний інструментарій управління фінансовою безпекою будівельного підприємства: монографія / за наук. ред. д.е.н., проф. Л.В. Сорокіної. Київ: КНУБА, 2017. 404 с.

13. Гойко, А., Цифра, Т., Беседа, М., Палагіцький, В., Тимофєєв, Д. (2024). Стратегічні напрямки зміцнення економічної безпеки та розвитку конкурентних переваг будівельних компаній. Шляхи підвищення ефективності будівництва, 3 (53), 349–359. https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.53(3).349-359

14. Malykhin, M. (2025). Methodological approach to construction of a system for detection and prevention of destruction of the activities of construction participants. Baltic Journal of Economic Studies, 11(3), 230-238. https://doi.org/10.30525/2256-0742/2025-11-3-230-238

Candidate of technical sciences, associate Professor **Yevhenia Novak,**
PhD of Economic Sciences **Oksana Halunka,**
Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University

THEORETICAL APPROACHES AND PREREQUISITES FOR ENSURING TECHNICAL ACCEPTABILITY IN CONSTRUCTION AS A BASIS FOR TRANSFORMING THE QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

The article examines theoretical approaches and prerequisites for ensuring technical acceptability in construction as a key element of transforming the quality management system in modern conditions. It is substantiated that technical acceptability is gradually going beyond the traditional understanding as a procedure for verifying compliance with regulatory requirements and is acquiring the features of a comprehensive, multi-level assessment system integrated into all stages of the life cycle of a construction object.

It is determined that the relevance of the topic is due to the need to adapt the construction industry to modern challenges, including digitalization, the introduction of innovative technologies, harmonization of the regulatory framework with European standards, as well as increasing requirements for safety, sustainability and

energy efficiency of buildings. The evolution of approaches to assessing technical acceptability is analyzed - from formalized control to a risk-based model that takes into account operational characteristics, reliability and durability of construction solutions.

The paper reveals the role of digital technologies, in particular building information modeling (BIM), as a tool for increasing the accuracy and validity of the assessment of technical solutions. The feasibility of implementing a multi-criteria approach to assessment, which covers technical, environmental, economic and social parameters, including inclusiveness and resistance to extreme influences, is substantiated.

It is proven that an important prerequisite for increasing the efficiency of the system is the integration of scientific and technical support, the development of mechanisms for the professional responsibility of construction participants and the implementation of continuous quality monitoring. It is summarized that the transformation of the quality management system in construction should be based on a combination of risk-based approaches, digitalization, a harmonized regulatory framework and the principles of sustainable development.

The results obtained can be used to improve the theoretical foundations and practical mechanisms of quality assurance in construction, as well as to form a modern model of technical acceptability assessment as an integrated quality management tool.

Keywords: quality; construction quality assurance system; technical acceptability; conformity assessment; construction organization; construction participants; digital transformation; BIM; strategic management; information support; design; designers; system elements; deregulation.

REFERENCES

1. Zakon Ukrainy «Pro nadannia budivelnoi produktsii na rynku». https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/850-20#Text {in Ukrainian}

2. Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy No1458 vid 23 hrudnia 2022 roku «Deiaki pytannia nadannia budivelnoi produktsii na rynku». https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1458-2021-%D0%BF#n24. {in Ukrainian}

3. Poriadok rozroblennia ta pryiniattia natsionalnykh dokumentiv Ukrainy z vyznachennia pryiniatnosti https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1458-2021-%D0%BF#n84. {in Ukrainian}

4. DSTU ISO 9000:2015 «Systemy upravlinnia yakistiu. Osnovni polozhennia ta slovnyk terminiv (ISO 9000:2005, IDT)». Chynnyi z 01.07.2016 r. {in Ukrainian}

5. Menedzhment yakosti v budivnytstvi ta vyrobnychi orhanizatsiini systemy: monohrafiia / Livinskyi O.M. ta in.. Kyiv: Tsentr uchbovoi literatury, 2018. 230 s {in Ukrainian}

6. Pryntsypy planuvannia vyrobnychoi prohramy budivelnoho pidpryiemstva i metody normuvannia yii parametriv: monohrafiia / A. F. Hoiko [ta in.]; Kyivskyi natsionalnyi un-t budivnytstva i arkhitektury. Kyiv: KNUBA, 2007. 56 s.

7. Skakun V.A., Zapiechna Yu.O., Bohatiuk D.V., Halunka O.D. (2023) Metodychnyi pidkhid do rozroblennia ta pryiniattia natsionalnykh dokumentiv Ukrainy z vyznachennia pryiniatnosti innovatsiinoi budivelnoi produktsii.Upravlinnia rozvytkom skladnykh system. Kyiv, 2023. No 56. S. 165 – 172, dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2023.56.165-172. {in Ukrainian}

8. Zeltser R.Ya. (2018) Innovatsiini modeli i metody orhanizatsii, upravlinnia i ekonomichnoi otsinky tekhnolohichnykh protsesiv budivelnoho vyrobnytstva: monohrafiia. Kyiv: «MP Lesia», 208 s. {in Ukrainian}

9. Organizational and technological model engineering in the construction industry : collective monograph / P. Ye. Hryhorovskyi et. al. Lviv – Toruń : Liha-Pres, 2019. 128 p. {in English}

10. Bielienkova O., Tsyfra T., Kazmin O. (2023). Systema vyznachennia tekhnichnoi pryiniatnosti budivelnoi produktsii – dosvid Yevropy ta Azii. Upravlinnia rozvytkom skladnykh system, (56), 123–130. https://doi.org/10.32347/2412-9933.2023.56.123-130 {in Ukrainian}

11. Technical and economic aspects of real estate properties: collective monograph / Nikolaiev V.P. et. al. Lviv-Toruń: Liha-Pres, 2019. 124 p. {in English}

12. Sorokina L.V., Stetsenko S.P., Hoiko A.F. (2023) Ekonometrychnyi instrumentarii upravlinnia finansovoiu bezpekoiu budivelnoho pidpryiemstva: monohrafiia / za nauk. red. d.e.n., prof. L. V. Sorokinoi. Kyiv: KNUBA, 436 s. {in Ukrainian}

13. Hoiko, A., Tsyfra, T., Beseda, M., Palahitskyi, V., Tymofieiev, D. (2024). Stratehichni napriamky zmitsnennia ekonomichnoi bezpeky ta rozvytku konkurentnykh perevah budivelnykh kompanii. Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva , 3 (53), 349–359. https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.53(3).349-359. {in Ukrainian}

14. Malykhin, M. (2025). Methodological approach to construction of a system for detection and prevention of destruction of the activities of construction participants. Baltic Journal of Economic Studies, 11(3), 230-238. https://doi.org/10.30525/2256-0742/2025-11-3-230-238 {in English}

DOI: 10.32347/2786-7269.2026.17.572-584
УДК 658.78

к.т.н., доцент **Човнюк Ю.В.,**
ychovnyuk@ukr.net, ORCID: 0000-0002-0608-0203,
к.т.н., доцент **Приймаченко О.В.,**
pryimachenko.ov@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0001-5125-8472,
Зварич І.А., zvarich.dp@gmail.com, ORCID: 0009-0008-2063-5608,
Зварич О.А., zvarich.dp@gmail.com, ORCID: 0009-0008-2063-5608,
Чередніченко О.П.,
opcherednichenko@gmail.com, ORCID: 0000-0003-0445-2816,
Київський національний університет будівництва і архітектури

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ПРОГНОЗУВАННЯ ПО ЧАСОВИМ РЯДАМ У ЗАДАЧАХ ФОРМУВАННЯ ЕФЕКТИВНО ФУНКЦІОНУЮЧОЇ МЕРЕЖІ СКЛАДІВ ВЕЛИКИХ МІСТ УКРАЇНИ

Проведений контент-аналіз основних методів прогнозування по часовим рядам задля розв'язку задач формування ефективно функціонуючої мережі складів: метод простого ковзаючого середнього, метод зваженого ковзаючого середнього, метод простого однопараметричного експоненціального згладжування, метод двопараметричного експоненціального згладжування (метод Хольта/Holt), метод трьохпараметричного експоненціального згладжування (метод Уінтерса/Winters), модель авторегресії. Показано, що оптимізація складського господарства – це задача доволі складна й вимагає чіткого методичного підходу та відповідного математичного моделювання. Доведено, що розширення складської мережі шляхом будівництва нових власних складів, зміна положення за рахунок купівлі у власника вже діючих складів чи комбінація форм власності складів повинна стати результатом дослідження та науково обґрунтованих прогнозів й розрахунків, де вирішальне значення має ефективність функціонування складської мережі та її економічна доцільність у процесі подальшої експлуатації.

Ключові слова: методи прогнозування; часові ряди; формування; ефективність; функціонування; складська мережа.

Постановка проблеми.

Відомо, що оптимізація складського господарства є доволі складною задачею, яка вимагає чіткого методичного підходу. Існує ціла низка умов для ефективного функціонування складської мережі у логістичній системі, як і, зокрема, окремо взятого кладу. Намагання багатьох керівників копіювати технології вантажообробки, об'ємно планувальні рішення чи організацію

процесів, які реалізуються на інших складах, нехай навіть найпередовіших, не приводить до очікуваних результатів. Причиною є специфічні умови зовнішнього середовища й особливості функціонування компанії та відповідно самого складу. Відмінності можуть бути пов'язані з:

1) місцезнаходженням (регіональним) складу;

2) особливостями під'їздних шляхів (близькість чи відсутність від центральних магістралей, орієнтацією на роботу з різними транспортними засобами);

3) конструкцією (етажністю, висотою будівлі, кроком колон, наявністю і розміщенням підсобних приміщень складу);

4) навантажувально-розвантажувальним фронтом (кількість воріт, висотою рампи, розмірами навантажувально-розвантажувального майданчика перед складом та його оснащенням (характеристиками воріт, вирівнюючих майданчиків-доклевеллерів);

5) розмірами складської будівлі (по ширині, довжині, розмірами прольоту);

6) системою складування та об'ємно-планувальними рішеннями (видами й характеристиками стелажів й розстановкою їх в просторі, наявністю та розмірами робочих зон складу, застосовуваною інформаційною системою, системою кондиціонування й управління вантажопереробкою);

7) технічним оснащенням (видами і характеристиками піднімально-транспортної техніки);

8) складським персоналом (розподілом функціональних обов'язків. Кількістю персоналу, розподілом матеріальної відповідальності);

9) товарними потоками (асортиментом, інтенсивністю надходження на склад й виходу зі складу, яке застосовується складським товароносієм та транспортною тарою і т.д.);

10) клієнтською базою (географією споживачів, величиною та асортиментом партій поставок, частотою й ритмічністю поставок, часом роботи клієнтів, вимогами щодо обслуговування і т.д.);

11) постачальниками (географією постачальників, умовами їх поставки, асортимент, транспортні можливості, мінімальний та максимальний розмір партії і т.д.).

Необхідно пам'ятати, що, намагаючись досягти оптимального рівня діяльності складу, кожна компанія вирішує й цілу низку інших питань:

1) як підвищити продуктивність складу?;
2) як оптимізувати наявні ресурси?;
3) скільки повинно бути співробітників на складі?;
4) яка система мотивації ефективна?;

5) як враховувати виробіток на одного працівника?;
6) як скоротити крадіжки?;
7) як покращити показники обслуговування клієнтів?;
8) як скоротити час комплектації замовлення?;
9) як підвищити трудову дисципліну?;
10) як забезпечити матеріальну відповідальність?;
11) яка інформаційна система є оптимальною для складу?;
12) чи раціональним є використання даних видів техніки на даному етапі?;
13) чи треба виділяти експедицію відправки?.

Перераховані зовнішні й внутрішні специфічні особливості функціонування складу та проблеми, котрі необхідно вирішувати, роблять кожний склад унікальним. Ось чому при оптимізації складу чи складського господарства як аксіому необхідно пам'ятати: лише індивідуальний підхід до розв'язку проблем складу із врахуванням зовнішніх та внутрішніх факторів, які впливають на його діяльність, зробить склад ефективним.

Мета створення та функціонування складу у логістичній системі полягає у тому, щоб приймати вантажопотік з транспорту з одними параметрами, переробляти й видавати його на інший транспорт з іншими параметрами й виконувати з мінімальними витратами, забезпечуючи вимоги клієнтів.

Сучасний інтегрований підхід у логістиці передбачає управління наскрізними потоками логістичної системи, які проходять через усі її ланки. Мета логіста при управлінні товарними потоками, що проходять через склад, зводиться до узгодження вихідних потоків із урахуванням потреб клієнтів зі вхідними потоками при забезпеченні оптимального використання наявних складських ресурсів.

Склад як елемент логістичної системи діє на основі тих самих принципів, що й система у цілому. При цьому цілі та задачі логістичної системи (ЛС) визначають цілі і задачі кожного складу. Однак це зовсім не виключає можливості аналізу та дослідження складових її ланок та елементів, їх математичного моделювання та прогнозування розвитку й вдосконалення. Головним при цьому є виконання наступних вимог:

1) всі ланки й елементи повинні розглядатись у взаємозв'язку та взаємозалежності;

2) всі елементи є складовими єдиної логістичної системи, а тому їх діяльність повинна бути спрямована на досягнення загальної цільової функції всієї системи;

3) локальні цілі й задачі функціонування елементів ЛС повинні узгоджуватись із загальною метою і задачами усієї ЛС;

4) аналіз і дослідження будь-якого елементу ЛС повинні здійснюватись на основі системного підходу;

5) моделювання елементів ЛС повинно проводитись на тих самих принципах, що й моделювання системи у цілому;

6) оптимізація всієї системи первісна, а лише вона диктує умови субоптимізації її складових елементів.

Основними умовами ефективного функціонування складу як елементу ЛС, що випливають із загальних принципів її проектування, можна вважати наступні.

Склад повинен розглядатись не ізольовано, а лише як елемент ЛС. Ефективність складу повинна відповідати інтересам ефективного функціонування ЛС в цілому.

Необхідно врахувати взаємодії та взаємовідношення складу як на рівні всієї ЛС (зовнішнього середовища оточення), так і в середині суб'єкта ЛС, чиєю матеріально-технічною базою він є.

Необхідно пов'язувати технічні і технологічні можливості руху матеріального потоку, який проходить через склад, із зовнішнім транспортом, а також безпосередніми постачальниками й покупцями.

Зниження витрат на складську обробку вантажів не повинно призвести собою зниження обслуговування клієнтів.

Комплекс логістичних послуг, які надаються складами, повинен відповідати політиці фірми при обслуговуванні клієнтів.

Технічні та технологічні рішення на складі повинні виникати не з модних течій, а з логістичної необхідності та економічної доцільності.

Сучасний рівень розвитку ЛС передбачає автоматизовану систему управління інформаційними потоками, незалежно від рівня технічного оснащення самого складу.

Для зниження витрат праці, пов'язаних з документообігом, доцільно передбачати єдиний підхід до документації між усіма учасниками ЛС.

Для автоматизації інформаційних потоків у системі й на складі, доцільно впроваджувати штрихове кодування вантажу на підприємствах товаровиробників.

Склади, які є складовою частиною інтегрованої ЛС, одночасно є матеріально-технічною базою основних учасників (ланок) цієї системи, через котрі проходить матеріальний потік. У ЛС склад грає роль її елементу, оскільки, забезпечуючи здійснення логістичних операцій, він не підлягає подальшій декомпозиції у межах поставлених задач ЛС.

Будь-який склад, який є елементом ЛС, у той же час сам повинен розглядатись як складна техніко-економічна система, особливо якщо мова йде

про сучасні склади з високим рівнем механізації й автоматизації складних процесів [1, 2]. Згідно із загальною теорією систем, будь-який матеріальний об'єкт, що представляє собою сукупність взаємозв'язаних та взаємодіючих підсистем й елементів, пов'язаних загальною метою/ціллю функціонування, можна розглядати як систему. При цьому система вважається складною, якщо вона має певний набір властивостей [3]:

1) неоднорідність й велике число елементів. До елементів складської системи можна віднести: власне будівлю, технологічне обладнання, вантаж, тару і т.д.

2) емерджентність – неможливість звести властивості окремих елементів й властивості системи у цілому. Наприклад, обране сполучення окремих елементів складської мережі може не привести до оптимізації вантажопереробки складською системою;

3) ієрархія – наявність кількох рівнів та способів досягнення цілей відповідних рівнів;

4) агрегування – об'єднання кількох параметрів системи у параметри більш високого рівня;

5) багатофункціональність – здатність системи до реалізації деякої множини функцій н заданій структурі, котра проявляє себе у властивостях гнучкості, адаптації;

6) гнучкість – властивість змінювати умови функціонування складської системи у залежності від цілі підприємства;

7) надійність – властивість системи реалізувати задані функції протягом певного періоду часу із заданими параметрами якості;

8) адаптація – зміна цілей функціонування при зміні умов зовнішнього середовища.

На усіх складах, незалежно, від їх місця у логістичній системі, відбувається перетворення вхідного матеріального потоку (за розмірами, складом і часом) у вихідну партію у відповідності із замовленням споживачів. Тому склад можна розглядати як основного перетворювача матеріального потоку ЛС від постачальників сировини й матеріалі до поставки готової продукції кінцевому споживачеві. При цьому уся діяльність складу повинна бути спрямована на оптимізацію не тільки самого складу, але й усієї ЛС.

У сучасних умовах розвитку бізнес вже давно не ставить перед собою мету максимізації товарних запасів за принципом "на всякий випадок". В управлінні запасами компанії орієнтуються на оптимізацію товарних запасів й на швидку їх оборотність. Для складу це означає, що організація процесу вантажообробки повинна бути націлена на забезпечення інтенсивності вхідних і вихідних вантажопотоків й необхідною рівня обслуговування клієнтської бази.

Така позиція зачіпляє усі аспекти політики складування і діяльності складу, починаючи з проектних рішень (наприклад, збільшується кількість воріт під розвантаження й навантаження) і технічного оснащення складу (необхідна більш продуктивна новітня техніка) й закінчуючи технологією обробки вантажів.

З позиції логістики склад призначений не для зберігання вантажів, а для перетворення/трансформації вантажів. На цьому принципі заснований один із напрямів сучасної політики складування - "крос-докінг". Сутність складування за принципом "крос-докінгу" співпадає з основним призначенням складу у ЛС. Даний принцип примушує кардинально змінювати складську технологію вантажообробки, забезпечуючи у першу чергу процеси прийому та високу швидкість виконання операції комплектації замовлень, що, відповідно, зачіпає планування складських площ. З точки зору структури складських площ впровадження "крос-докінгу" означає, що на складі перевагу віддають площам для приймання та комплектації, а зона зберігання або зводиться до мінімуму (для запасів на 1-2 дні) або зовсім відсутня. За функціональним призначенням склади "крос-докінгу", як і звичайні склади, можуть поділятись на розподільчі, де товарні партії на рівні цілої вантажної одиниці з коліс переформуються у партії у відповідності із замовленням клієнтів (т. з. "крос-докінг" розподільчий), і підсортувальні, на котрих вантажна одиниця, що надходить, розбирається, й із коробів (чи штук) комплектується замовлення споживача (т.з. "крос-докінг через склад").

При цьому склади, де комплектуються замовлення і немає зони зберігання, називають просто "крос-докінг" (склади Flow Through – проведення потоку через склад), а склади з короткостроковим зберіганням протягом 1-2 днів називають "крос-докінг плюс" (склади Merge-in-Transit- злиття у транзиті). Така термінологія висунута практикою й у науковому відношенні некоректна, однак бізнес користується нею і зараз.

Зрозуміло, що для належного прогнозування роботи таких складів необхідно застосовувати спеціальні методи й моделі вирішення задач формування подібних складських мереж, зокрема, методи прогнозування за часовими рядами.

Аналіз публікацій по темі дослідження.

Автори [4-12] розглядають різноманітні методи й моделі для вирішення задач формування складської мережі, зокрема, методи прогнозування та прийняття рішень [10]. Проте порівняльного аналізу як і змістовного (т. з. контент-аналізу) у пропонованих вище роботах не здійснено, тому дане дослідження акцентує увагу саме на цьому і є, на думку авторів, доволі

актуальним у зв'язку із сучасним бурхливим розвитком і вдосконаленням існуючих складських мереж (наприклад , поблизу великих міст України).

Мета роботи полягає у детальному та всебічному контент-аналізі існуючих методів та моделей вирішення задач формування складських мереж (особливо, навколо великих міст України) та для обґрунтування можливостей їх застосування в умовах тривалої війни України з РФ.

Виклад основного змісту дослідження.

У даному дослідженні проведений контент-аналіз методів прогнозування, який заснований на прогнозуванні за часовими рядами, а також висвітлене математичне забезпечення для практичної реалізації такого підходу щодо вирішення задач формування складських мереж (великих міст України, в умовах тривалої агресії РФ).

1. Метод простого ковзаючого середнього.

Метод простого ковзаючого середнього (МПКС) застосовується для оперативного прогнозування за часовими рядами, які не мають явно вираженого тренду й циклічності. Метод заснований на згладжуванні вихідного часового ряду шляхом усереднення даних на обраному інтервалі згладжування та використанні отриманого значення у якості оцінки наступного, тобто прогнозного, значення. Згладжування усередненням виконується за формулою:

$$Z_{k+1} = \frac{1}{m} \cdot \sum_{i=0}^{m-1} Y_{k-i}, \quad k = \overline{(m,n)}, \tag{1}$$

де: Y_i – вихідний часовий ряд; Z_k – згладжений часовий ряд; m – інтервал згладжування (кількість точок, за якими відбувається згладжування); n – кількість спостережень (кількість точок вихідного ряду).

Даний метод доволі простий у реалізації й широко застосовується на практиці. Зокрема він є одним із інструментів аналізу даних у популярному пакеті Excel.

2. Метод зваженого ковзаючого середнього.

Метод зваженого ковзаючого середнього (МЗКС) застосовується для врахування нерівнозначності загладжуваних усередненням даних. Нерівнозначність даних враховується ваговими коефіцієнтами, які у сумі складають одиницю. Зазвичай більша "вага" призначається більш пізнім спостереженням чи тим спостереженням, які заслуговують більшої довіри. При однакових вагових коефіцієнтах МЗКС вироджується у МПКС.

Згладжування усередненням виконується по формулі:

$$Z_{k+1} = \sum_{i=0}^{m-1} g_{m-i} \cdot Y_{k-i}, \;\; k = \overline{(m,n)}, \tag{2}$$

де: Y_i – вихідний часовий ряд; Z_k –згладжений часовий ряд; m –інтервал згладжування (кількість точок, за якими здійснюється згладжування); n –кількість спостережень (кількість точок вихідного ряду); g_i –вагові коефіцієнти для точок інтервалу згладжування;

$$\sum_{i=0}^{m-1} g_{m-i} = 1. \tag{3}$$

Даний метод простий у реалізації і застосовується у практиці для оперативного адаптивного прогнозування. Якщо вагові коефіцієнти невідомі, тоді їх значення знаходять методом найменших квадратів (МНК), виходячи із забезпечення найкращого наближення згладженого ряду до вихідного. Задача математичного програмування у цьому випадку зводиться до мінімізації цільової функції:

$$S(\vec{g}) = \sum_{j=m+1}^{n} \left[Y_j - Z_j(\vec{g}) \right]^2 \Rightarrow \min, \tag{4}$$

при обмеженнях:

$$\sum_{i=1}^{m} g_i = 1, \;\; g_i \geq 0, \;\; i = \overline{(1,m)}, \tag{5}$$

де: $\vec{g}$ –вектор шуканих вагових коефіцієнтів.

3. Метод простого параметричного експоненціального згладжування (МПОЕЗ).

Даний метод відноситься до типу адаптивних способів прогнозування, у котрих для згладжування вихідного ряду використовуються експоненціальні фільтри. Власне фільтрація здійснюється за допомогою вагових коефіцієнтів, значення котрих за експоненціальним законом спадають по мірі віддалення від точки складання прогнозу. Тобто максимальну "вагу" має найостанніше спостереження, а "ваги" попередніх спостережень спадають за експоненціальним законом по мірі старіння даних.

МПОЕЗ широко застосовуються у практиці і є одним з інструментів аналізу даних у пакетах Excel. Метод заснований на фільтрації даних й реалізується у виді рекурентної моделі:

$$Z_i = \alpha \cdot Y_{i-1} + (1-\alpha) \cdot Z_{i-1}, \;\; i = \overline{(2,n+1)}, \tag{6}$$

де: Y_i –вихідний часовий ряд; Z_i –згладжений ряд; n – кількість точок вихідного ряду; α –параметр фільтру даних;

У якості початкового значення згладженого ряду можна прийняти початкове значення вихідного, тобто $Z_i = Y_i$.

Якщо параметр α невідомий, тоді для його визначення використовується метод найменших квадратів (МНК). Задача математичного програмування при цьому виглядає наступним чином:

$$S(\alpha) = \sum_{k=2}^{n} [Y_{k+1} - Z_{k+1}(\alpha)]^2 \Rightarrow \min, \tag{7}$$

де: $Z_{k+1}(\alpha) = \alpha \cdot Y_k + (1-\alpha)^k \cdot Y_1 + \alpha \cdot \sum_{j=1}^{k-1} (1-\alpha)^j \cdot Y_{k-j}, \ 0 \le \alpha \le 1.$

Тут використовують нерекурентне, а пряме представлення згладженого ряду через вихідний.

4. Двопараметричне неекспоненціальне згладжування (ДНЕЗ). Метод Хольта (Holt).

Даний метод відноситься до типу адаптивних методі і застосовується дл прогнозування за часовими рядами з явно вираженими трендами. Згладжування вихідного ряду здійснюються за допомогою двох експоненціальних факторів: а) фільтру даних з параметрами $0 \le \alpha \le 1.$; б) фільтру тренду з параметром $0 \le \beta \le 1.$

Для операції згладжування і прогнозування використовується рекурентна модель:

$$Z_{i+1} = A_i + B_i, \ \ i = \overline{(2,n)}, \tag{8}$$

де: $A_i = \alpha \cdot Y_i + (1-\alpha) \cdot (A_{i-1} + B_{i-1})$; $B_i = \beta \cdot (A_i - A_{i-1}) + (1-\beta) \cdot B_{i-1}$; Y_i –вихідний часовий ряд; Z_i –згладжений ряд, за початкових умов $A_2 = Y_1$ та $B_2 = Y_2 - Y_1$.

5. Трьохпараметричне експоненціальне згладжування (ТЕЗ). Метод Уінтерса (Winters).

Даний метод також відноситься до типу адаптивних методів і застосовується для прогнозування за часовими рядами з явно вираженим трендом та циклічністю процесу, яка пов’язана, наприклад, з сезонністю попиту на товари. Згладжування вихідного ряду здійснюється за допомогою трьох експоненціальних фільтрів: : а) фільтру даних з параметрами $0 \le \alpha \le 1.$; б) фільтру тренду з параметром $0 \le \beta \le 1$; в) фільтру індексів сезонності D_i з параметром $0 \le \gamma \le 1$.

При цьому вихідний часовий ряд повинен задовольняти наступним умовам: 1) кількість періодів спостереження ρ, у яких проявляє себе сезонність

(циклічність), $\rho \geq 2$; 20 кількість точок ряду $n \geq \rho \cdot k$, де k – кількість циклів (сезонів) у періоді.

Тобто часовий ряд, який аналізують повинен складатись не менше, ніж з $2k$ точок. Для операції згладжування і прогнозування використовується рекурентна модель:

$$Z_{i+1} = (A_i + B_i) \cdot D_{i-k+1}, \ \ i = \overline{(k+1, n)}, \tag{9}$$

де:

$A_i = \alpha \cdot \dfrac{Y_i}{D_{i-k}} + (1-\alpha) \cdot (A_{i-1} - B_{i-1})$; $B_i = \beta \cdot (A_i - A_{i-1}) + (1-\beta) \cdot B_{i-1}$; $D_i = \gamma \cdot \dfrac{Y_i}{A_i} + (1-\gamma) \cdot D_{i-k+1}$; Y_i – вихідний часовий ряд; Z_i –згладжений ряд, за початкових умов:

$$A_k = \frac{1}{k} \cdot \sum_{i=1}^{k} Y_k; \ \ B_k = \frac{1}{k} \cdot \sum_{i=1}^{k} \left(\frac{Y_{k+1} - Y_k}{k} \right); \ \ D_l = \frac{1}{p} \cdot \sum_{j=1}^{p} \left(\frac{Y_{k(j-1)+1}}{\frac{1}{k} \cdot \sum_{i=1}^{k} Y_{k(j-1)+1}} \right), \ \ l = \overline{(1,k)}. \tag{10}$$

6. Модель авторегресії.

Прогнозування за моделлю авторегресії застосовують при наявності статистичного взаємозв’язку між різними значеннями досліджуваного часового ряду. У практиці для оперативного прогнозування попиту на товари й послуги зазвичай використовується лінійна модель авторегресії:

$$Z_k = d + \sum_{j=1}^{m} b_j \cdot Y_{k-j}, \ \ k = \overline{(m+1, n+1)}, \tag{11}$$

де: Y_j –вихідний часовий ряд; Z_k –прогнозоване значення показника, який аналізують у точці k; n –кількість точок вихідного часового ряду; m –порядок моделі авто регресії; d та b_j –параметри моделі авторегресії, $j = \overline{(1,m)}$.

Порядок моделі авторегресії m $(m < n)$ визначає кількість останніх точок вихідного часового ряду Y_j, за якими будується модель прогнозування (11).

Зазвичай m задається чи підбирається дослідним шляхом. Параметри b_j, кількість котрих дорівнює порядку моделі, визначаються МНК без обмежень. При цьому у якості цільової функції використовується дисперсія похибки моделі [10]:

$$S(\vec{b}) = \frac{1}{(n-m-1)} \cdot \sum_{i=m+1}^{n} \left(Y_i - \sum_{j=1}^{m} b_j \cdot Y_{i-j} \right)^2 \Rightarrow \min, \tag{12}$$

де: $\vec{b}$ –вектор параметрів моделі.

Параметр d обчислюється після визначення параметрів b_j за формулою:

$$d = \overline{Y} \cdot \left(1 - \sum_{j=1}^{m} b_j \right), \tag{13}$$

де: $\overline{Y} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n} Y_i$ – середнє значення вихідного ряду.

Висновки.

1. У дослідженні наведені методи і моделі вирішення задач формування складських мереж великих міст України. При реалізації методів прогнозування за часовими рядами висвітлені основні риси та сутність наступних методів: 1) метод простого ковзаючого середнього; 2) метод зваженого ковзаючого середнього; 3) метод простого однопараметричного експоненціального згладжування; 4) метод двопараметричного експоненціального згладжування (метод Хольта); 5) метод трьохпараметричного експоненціального згладжування (метод Уінтерса); 6) модель та метод авторегресії. Наведені основні співвідношення та аналітичні залежності, які фігурують у кожному з вище названих методів.

2. Отримані у роботі результати дозволяють у подальшому уточнити й вдосконалити існуючі у відповідній літературі методи та моделі вирішення задач формування складських мереж великих міст України, де прогнозування засноване на аналізі часових рядів та їх еволюції, котрі характеризують основні тренди, циклічність та можливість статистичних взаємозв'язків між різними значеннями досліджуваного часового ряду.

Список літератури.

1. Дэвид А., Марк и Клемент Мак Гоуэн. Методология структурного анализа и проектирования. SADT. - М.: 1993. – 240 с.
2. Зайцев Е.И. Информационные технологии в управлении эксплуатационной эффективностью автотранспорта. – СПб.: СПБГИЄА, 1998.
3. Вуколов Є.А. Основы статистического анализа. Практикум по статистическим методам и исследованию операций с использованием пакетов STATISTIKA и EXCEL. - М.: Форум: ИНФА-М, 2004. - 464 с.
4. Джонсон Д., Вуд Д., Вордлоу Д., Мэрфи П. и др. Современная логистика. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2004 – 624 с.
5. Харунг Дж.А. Складирование. – Нью-Йорк: Роналд паблишинг, 1925.
6. Дыбская В.В. Логистика складирования: учебник/ В.В. Дыбская. – Москва, Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. – 796 с.
7. Рубенс М. Математическое моделирование и управление распределением. – Брюссель: Бельгийский институт кадров, технического содействия и трансфера технологий, 1993. – 311 с.
8. Савин В.А. Склады. Справочное пособие. – М.: Дело и Сервис, 2001.
9. Саркисян С.А., Каспин В.И., Лисичкин В.А., Минаев Э.С., Пасечник Г.С. Теория прогнозирования и принятия решений. – М.: Высшая школа, 1977. – 351 с.
10. Сток Дж.Р., Ламберг Д.М. Стратегическое управление логистикой. – М.: ИНФА-М, 2005. – 797 с.

11. Харольд Е.Фирон, Майкл Р. Линдерс. Управление снабжением и запасами. Логистика. – СПб.; ООО «Издательство Полигон», 1999. 768 с.

12. Човнюк Ю.В., Чередніченко П.П., Гасанова С.Ф., Міщенко О.Д. Розробка оптимальної системи логістики складування спортивних товарів, туристичного та альпіністського спорядження. Міжнародний наук. журнал "Інтернаука". Серія: "Економічні науки". - 2023. - №7(75). – С. 90-112. https://doi.org/10.25313/2520-2294-2023-7-9057.

13. Човнюк Ю.В., Приймаченко О.В., Зварич І.А., Зварич О.А., Чередніченко О.П. Моделювання оптимальної дислокації складів при їх розміщенні у складській мережі міст. / Просторовий розвиток, вип. 16. – К.: КНУБА, 2026. – С. 620-637. DOI: 10.32347/2786-7269.2026.16.620-637.

PhD, Associate Professor **Chovniuk Yuriy**,
PhD of Engineering Sciences **Oleksii Pryimachenko,**
Postgraduate Student **Igor Zvarych**, Postgraduate Student **Oleg Zvarych**,
Master of the Public Administration **Cherednichenko Oleksandra**,
Kyiv National University of Construction and Architecture

APPLICATION OF TIME SERIES FORECASTING METHODS IN THE TASKS OF FORMING AN EFFECTIVELY FUNCTIONING NETWORK OF WAREHOUSES IN LARGE CITIES OF UKRAINE

The paper presents a content analysis of the main methods of forecasting time series for solving problems of forming an effectively functioning network of warehouses: the simple moving average method, the weighted moving average method, the simple single-parameter exponential smoothing method, the two-parameter exponential smoothing method (Holt's method), the three-parameter exponential smoothing method (Winters' method), and the autoregression model. It is shown that warehouse management optimization is a rather complex task that requires a clear methodological approach and appropriate mathematical modelling. It is proven that the expansion of the warehouse network through the construction of new own warehouses, a change in position through the purchase of existing warehouses from the owner, or a combination of forms of warehouse ownership should be the result of research and scientifically based forecasts and calculations, where the decisive factor is the efficiency of the warehouse network and its economic feasibility in the process of further operation.

Keywords: forecasting methods; time series; formation; efficiency; functioning; warehouse network.

REFERENCES

1. Devyd A., Mark y Klement Mak Houэn. Metodolohyia strukturnoho analyza y proektyrovanyia. SADT. - M.: 1993. – 240 s. {in Russian}

2. Zaitsev E.Y. Ynformatsyonnye tekhnolohyy v upravlenyy эkspluatatsyonnoi эffektyvnostiu avtotransporta. – SPb.: SPBHYIeA, 1998. {in Russian}

3. Vukolov Ye.A. Osnovy statystycheskoho analyza. Praktykum po statystycheskym metodam y yssledovanyiu operatsyi s yspolzovanyem paketov STATISTIKA y EXCEL. - M.: Forum: YNFA-M, 2004. - 464 s. {in Russian}

4. Dzhonson D., Vud D., Vordlou D., Merfy P. y dr. Sovremennaia lohystyka. – M.: Yzdatelskyi dom "Vyliams", 2004 – 624 s. {in Russian}

5. Kharunh Dzh.A. Skladyrovanye. – Niu-York: Ronald pablyshynh, 1925. {in Russian}

6. Dibskaia V.V. Lohystyka skladyrovanyia: uchebnyk/ V.V. Dibskaia. – Moskva, Volohda: Ynfra-Ynzheneryia, 2021. – 796 s. {in Russian}

8. Rubens M. Matematycheskoe modelyrovanye y upravlenye raspredelenyem. – Briussel: Belhyiskyi ynstytut kadrov, tekhnycheskoho sodeistvyia y transfera tekhnolohyi, 1993. – 311 s. {in Russian}

9. Savyn V.A. Sklady. Spravochnoe posobye. – M.: Delo y Servys, 2001. {in Russian}

10. Sarkysian S.A., Kaspyn V.Y., Lysychkyn V.A., Mynaev E.S., Pasechnyk H.S. Teoryia prohnozyrovanyia y pryniatyia reshenyi. – M.: Vysshaia shkola, 1977. – 351 s. {in Russian}

11. Stok Dzh.R., Lamberh D.M. Stratehycheskoe upravlenye lohystykoi. – M.: YNFA-M, 2005. – 797 s. {in Russian}

12. Kharold E. Fyron, Maikl R. Lynders. Upravlenye snabzhenyem y zapasamy. Lohystyka. – SPb.; OOO «Yzdatelstvo Polyhon», 1999. 768 s. {in Russian}

13. Chovniuk Yu.V., Cherednichenko P.P., Hasanova S.F., Mishchenko O.D. Rozrobka optymalnoi systemy lohistyky skladuvannia sportyvnykh tovariv, turystychnoho ta alpinistskoho sporiadzhennia. Mizhnarodnyi naukovyi zhurnal "Internauka". Seria: "Ekonomichni nauky". - 2023. - №7(75). – S. 90-112. https://doi.org/10.25313/2520-2294-2023-7-9057. {in Ukrainian}

14. Chovniuk Yu.V., Pryimachenko O.V., Zvarych I.A., Zvarych O.A., Cherednichenko O.P. Modeliurovannia optymalnoi dyslokatsii skladiv pry yikh rozmishchenni u skladskii merezhi mist. / Prostorovyi rozvytok, vyp. 16. – K.: KNUBA, 2026. – S. 620-637. DOI: 10.32347/2786-7269.2026.16.620-637. {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2786-7269.2026.17.585-600
УДК329.11
д.політ.н., професор **Перегуда Є.В.,**
pereguda.iev@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0001-7561-7193,
Київський національний університет будівництва і архітектури

КОНСЕРАТИВНА ПОЛІТИЧНА ДУМКА В УКРАЇНІ: ІСТОРІЯ ТА СУЧАСНІСТЬ

Актуальність проблематики пов'язана із становленням партійно-ідеологічного спектру українського суспільства, аналіз якого неможливий без вивчення його консервативної складової, адже консерватизм вважається однією з провідних політичних ідеологій. Водночас таке вивчення неможливе без дослідження історичних шляхів українського консерватизму. Метою статті є аналіз історичних передумов становлення, основних характеристик класичної української консервативної політичної думки та сучасного її стану.

У статті на основі досягнень зарубіжної та вітчизняної політології виокремлено особливості та основні принципи доктрини консерватизму. З'ясовано, що ключовою її рисою є положення про соціальну нерівність. Акцентовано на здатності консерватизму до самовдосконалення шляхом взаємодії з іншими провідними політичними ідеологіями. Водночас звернено увагу на кризові явища сучасного розвитку консервативної доктрини.

Проаналізовані історичні засади українського консерватизму, зокрема внесок, який в нього зробили давньоруська релігійна філософія, полемічна література, козацтво, Просвітницька думка, мислителі XIX ст. Особлива увага приділена класикам українського консерватизму В'ячеславу Липинському, Василю Кучабському, консервативно-клерикальної думки міжвоєнного періоду XX ст. Степану Томашівському, Андрею Шептицькому.

Охарактеризовано ідеології консервативних партій після проголошення незалежності, а також консервативні складові інших політичних сил України. Зроблено висновок, що елементи консервативної доктрини були властиві тим акторам, які безпосередньо не відносились до консервативного спектру політики. Водночас в умовах різного історичного досвіду регіонів України перспективи сучасного українського консерватизму залежатимуть від його взаємодії з іншими провідними ідеологіями.

Ключові слова: консерватизм; неоконсерватизм; традиційний консерватизм; національний консерватизм; клерикальний консерватизм; еліта; демократія; політичні партії; В'ячеслав Липинський; Василь Кучабський.

Актуальність проблематики пов’язана із становленням партійно-ідеологічного спектру українського суспільства, аналіз якого неможливий без вивчення його консервативної складової, адже консерватизм вважається однією з провідних політичних ідеологій. Водночас таке вивчення неможливе без дослідження історичних шляхів українського консерватизму.

Традиційні форми соціального життя стрімко руйнуються внаслідок становлення новітніх комунікаційних технологій. Виникає проблема, як соціальні архетипи втілюються в нових формах, як консерватизм адаптується до цього процесу.

Аналіз останніх досліджень. Засади українського консерватизму вивчали В. Горбатенко, В. Бушанський, П. Гай-Нижник, Ю. Остапець та ін. Системи ідей В. Липинського, ін. класиків українського консерватизму досліджували Д. Чижевський Т. Осташко, Ю. Терещенко, С. Гелей, І. Гирич, О. Калакура, В. Бурлачук, В. Головченко, М. Горєлов, Т. Горбань, Г. Корольов, О. Красівський, В. Педич, Р. Симоненко, В. Тельвак, Н. Халак, Б. Янишин. Об’єктом аналізу ставали й ідеології сучасних партій (П. Гай-Нижник, Т. Бевз та ін.). Але є прогалини у вивченні тенденцій становлення та сучасного стану цієї доктрини.

Метою є аналіз становлення, основних характеристик класичної української консервативної політичної думки та сучасного стану її розвитку.

Методи і методологія. Дослідження відштовхується від аналізу основних елементів політичної доктрини консерватизму. При вивченні становлення його в України задіяно історичний підхід. Досліджуючи сучасний його розвиток, використано думку Л. Нагорної, що в сучасному суспільстві ідеології «не набувають доктринальних форм, а існують здебільшого у вигляді систем цінностей, психологічних установок, поведінських стереотипів» [23, с. 5]. Тому автор, виділяючи консерваторів з-поміж політичних сил, поєднує номінальний та ситуаційний підходи.

Виклад основного матеріалу. Британська енциклопедія визначає консерватизм як політичну доктрину, яка підкреслює важливість традиційних інститутів та практик. Консерватори виходять з недосконалості людської природи, а тому покладають на традиційні інститути (сім'я, релігія, школа) приборкання руйнівних інстинктів. Тим, хто не засвоїть урок, уряд та закон мають нав'язати дисципліну. [32] Але це не означає, що консерватори взагалі проти соціальних змін. Вони розглядають традиції як «поступові та плавні зміни», а реформи мають «виправляти недоліки давніх інституцій у світлі сучасних потреб». [33]

Отже, теза щодо відстоювання конверваторами мінімалізму держави не зовсім точна. Так, Н. Шлютер вважав, що держава має відігравати більшу роль

у захисті добробуту, безпеки та моралі, [36] Проте наразі консерватизм переживає кризу, яку пов'язують зі змішуванням економічного лібералізму та соціалізму держави загального добробуту.[35]

Р. Кірк виокремив такі принципи консерватизму: стійкий моральний порядок, спрямований на гармонію людини та суспільства; дотримання звичаїв, умовностей і безперервності соціальних інститутів; принцип припису, тобто речей, встановлених споконвіку, зокрема права власності, недосконалість окремої людини та мудрість спільноти; принцип розсудливості як головної чесноти державного діяча, небезпечність раптових реформ; принцип різноманітності, протидія радикальному егалітаризму; недосконалість людської природи; зв'язок свободи і приватної власності; добровільне співтовариство та опозиція мимовільному колективізму, централізму; розумне обмеження влади, опозиція деспотизму; консерватор не проти соціального покращення, поєднання вимог сталості та прогресу. [34]

У 2012 р. Європейська народна партія, що об'єднує національні консервативні партії, визначила такі цінності – свобода в поєднанні з відповідальністю; повага до традицій; допомога нужденним, які, своєю чергою, мають докласти зусиль для покращення свого становища; забезпечення надійних держфінансів; збереження здорового навколишнього середовища; субсидіарність; плюралістична демократія та соціальна ринкова економіка.

На нашу думку, ключовим ідентитетом консерватизму є визнання соціальної нерівності. на чому базувалися уявлення про єдність суспільства, визнання ролі еліт в управлінні. Але виникає питання, які соціальні групи для консерваторів є елітними носіями традиційних цінностей.

Раніше в консерватизмі виділяли 3 напрями: традиціоналізм, лібертаризм та неоконсерватизм. В останньому Ю. Остапець виокремлює ліберально-консервативний, християнсько-демократичний напрями та консервативний націоналізм. [24, с. 352] Наразі типологія на Заході поглиблена. Виділяють авторитарний, культурний, феміністський, фіскальний, зелений, національний, соціальний, патерналістичний, прагматичний, популістський консерватизм, палеоконсерватизм тощо. Враховуючи тему статті, зазначимо, що національний консерватизм концентрується більше на національних інтересах, відстоюванні культурної та етнічної ідентичності. [9]

Консервативна думка в Україні формувалась століттями. Так, у давньоруській філософії аналізувалися проблеми духовної єдності Русі, взаємодії церкви та влади тощо. Кирило Туровський вважав, що порушення вимог християнської віри призводять до соціального зла, а призначенням служителів церкви є сприяння соціальній злагоді, справедливості. [15, с. 27]

Свій внесок зробили й полемічна література, що протистояла ієзуїтів, які

використовували новітні технології. Натомість Іван Вишенський, критикуючи суспільний лад Речі Посполитої, ідеалом бачив ранньохристиянську громаду. Так народився український соціальний консерватизм. [5]

Б. Хмельницький та козаки поєднали себе з релігійним рухом, взяли під захист православ'я. Відтак вони сприйняли ідею історичної тяглості народу [7, с. 94-95], що не корелює, напр., з американським консерватизмом.

У XVIII ст. С. Десницький, Я. Козельський, М. Козачинський розділяли ідеї щодо розуму як джерела суспільних дій, природного права тощо, але, на відміну від європейських просвітителів, природним станом суспільства вважали становість [4], що дозволяє віднести їх до консервативної думки.

Для XIX ст. властива апологетика минувшини, поєднана з неприйняттям суспільної дійсності. [14, с. 267] П. Куліша з В. Липинським єднали «пошуки органічного суспільного ідеалу, обстоювання доіндустріальних цінностей, звернення до морально-етичних цінностей». [31, с. 61]

Класиком української консервативної політичної думки вважається В. Липинський. Р. Лехнюк виділяє такі його принципи: здорова традиція, відповідальні еліти, ефективна держава, розвинена культура та ідентичність, суспільна солідарність та охорона спільного блага. [20]

Сам Липинський називав свою доктрину «гетьманським націоналізмом». [8] Він концептуалізував націю як територіальну та політично інтегровану спільність етносів, класів, осіб різних віросповідань [13, с. 8] та був переконаний, що перетворює народ на націю держава, а не навпаки. [21] До 1917 р. був одним з небагатьох діячів, які прагнули не автономії у складі Росії, а державної незалежності. [8] На шляху до нації народ мала вести еліта. [22] О. Калакура звертає увагу: що це мала бути не спадкова аристократія, а спільнота людей з різних класів, обраних на виборах. [17, с. 400] Ідеологію Липинський виводить із народних традицій, етичної культури хліборобської спільноти, вважаючи останню соціальною базою національного відродження. [9]

В. Липинський виокремлював 3 форми державного правління: Він негативно оцінював демократії, за яких влада потрапляє до «плутократів» та найнятих ними політиків-професіоналів, та охлократій, до яких відносив фашизм та більшовизм та за яких військово-бюрократична ланка маніпулює юрбою. Прийнятною для України вважав клясократію, в основі якої правова держава, обмежена конституційна монархія, свобода економічної, культурної та політичної самодіяльності, яка обмежена авторитетом сильної і стабільної влади. [30] Солідаризувати суспільство мала релігія [13, с. 8]

Демократично-Хліборoської партії, автором програми якої він був [27], виступила за демократичну республіку, підзвітніість уряду законодавчій владі. Передбачалась посада президента. Липинський поступився ідеєю монархізму,

віддаючи «дань духові часу». [8] Вибори мали бути таємними, прямими й пропорційними, без обмежень за соціальною, національною чи релігійною ознаками. Проголошувались право незайманості особи, свободи друку, слова, спілок, страйків. Нацменшинам надавалось пропорційне представництво в держустановах, широке самоврядування і культурно-національна автономія. [8]

УДХП була прихильницею жорсткого контроля держави над економікою, націоналізації за викуп залізниць і водних шляхів, природних багатств, вугільних копалень, залізорудних та нафтових промислів, лісів та, частково, інших галузей. Держконтроль доповнювався контролем профспілок. [8]

П. Гай-Нижник визнає, що ідеї Липинського не знайшли широкої підтримки, але вважає, що багато з них зберегли значення посьогодні, включно теорію еліт, державного устрою, осмислення проблеми легітимності влади. [10]

Ще один класик консерватизму Василь Кучабський був істориком, членом воєнних організацій, в т.ч. Українських січових стрільців, дипломатом, що зумовило його дослідницькі інтереси. Його світогляд розвивався під впливом ідей В. Липинського, Е. Юнґера, німецької консервативної ідеології, політичної географії Ф. Ратцеля й геополітики Р. Челлена. [18, с. 38]

Його доктрина мала аристократичний й мілітарний характер. [18, с. 37] Був ідеологом монархізму. Незалежна Україна мала об’єднати представників різних національностей, мов і культур. Був прихильником соборності української держави. Вважав, що для останньої потрібна «постійно пануюча верства», яка несе відповідальність, забезпечує тяглість державної політики й гарантує стійкість на тривалий період. [6] Водночас він вважав непідготовленими до цього тодішні еліти, в т.ч. західноукраїнські. [6]

Він негативно ставився до значного впливу зовнішніх акторів на українську політику, в т.ч. німців – на Державу П. Скоропадського. [18, с. 46] Як й Липинський, до світової війни критикував орієнтацію на Австрію. Ключовою його працею була «Західна Україна в боротьбі з Польщею і більшовизмом в 1918-1923 рр.». Кучабський вважав, що Західна Україна захистила нові державності Центральної Європи від більшовизму. [19]

У міжвоєнний період на грунті Української греко-католицької церкви поширюються клерикально-консервативні концепції. С. Томашівський відійшов від соборництва, став прихильником державотворення в Західній Україні. [12, с. 716] Підкреслював значення відповідальності національних лідерів, але критикував останніх за відсутність єдиної національної ідеї. [29]

Ще один представнник цього напряму митрополит Андрей Шептицький поділяв ідею недосконалості людини та необхідності її вдосконалення на основі християнського вчення. Був патріотом України, але боронити її права закликав без ненависті до інших народів. Відкидав політичне насилля. [1] Був

ініціатором Українського католицького союзу для консолідації суспільства. Проповідував легальні дії в умовах тодішньої Польщі. [16, с. 417-418]

В свою чергу Осип Назарук виступав за автономію Галичини у складі Польщі та відстоював ідею територіального самоврядування [16]

В сучасній Україні кілька партій називалися консервативними. Українську консервативну республіканську партію створили діячі, незадоволені союзом керівництва Республіканської партії з екскомуністичною верхівкою. Врешті влились до «Батьківщини» та ін. партій. Українська національна консервативна партія на початку 1990-тих рр. проголосила національний консерватизм ідеологічною платформою, повторювала постулати Липинського щодо еліти, територіального патріотизму, необхідності монархії. Але після зміни керівництва її гаслами стали демократія, громадянське суспільство, правова держава, особисті свобода громадян. [9] Партія була маловпливовою, а у 2018 р. передала оргструктури ін. політсилам та змінила назву.

Українська консервативна партія, створена керівництвом Міжрегіональної академії управління персоналом, визначала націю як сукупність всіх етносів в межах держави, яких об'єднують правові інституції. Вона постає на основі української мови, традиційних цінностей та атрибутів державності. Її консолідація поєднується з розбудовою демократії, соціальної ринкової економіки, прав людини, розвитком громадянської ініціативи й передбачає збереження культурної, конфесійної та мовної ідентичності етнічних спільнот, втіленням національної ідеї, яка означає в т.ч. гармонізацію інтересів індивідів та соціальних груп на принципах консерватизму. [2] Але їх програмові документи містили положення про українську етнократію, пріоритет етнічних українців в усіх владних структурах тощо. [9]

П. Гай-Нижник, який досліджував ідеологічні засади цих партій, робив висновок, що УКП здебільшого відповідала принципам націоналістичного консерватизму, натомість УНКП злилася з лібералізмом. [9]

Усі ці партії були маловпливовими та врешті припинили функціонування.

Сам П. Гай-Нижник очолював ГО Націонал-консервативний рух «Булава». За його оцінкою, консервативну думку в Україні досліджують поодинокі науковці та інтелектуали. [9] Прагнучи заповнити цю лакуну, випустив двотомник, присвячений консерватизму і гетьманському руху. [11]

Він писав, що консерватори визнають метою суспільного розвитку не свободу особистості, а єдність інтересів держави та нації. Воля більшості не може бути останньою інстанцією, оскільки в сучасних державах громадською думкою маніпулюють. Та й не може бути єдиної громадської думки в суспільстві, яке охоплює багато культур. [9] Але вважав, що до другої палати парламенту мають увійти представники саме громадських організацій. [10]

Згідно з П. Гай-Нижником, консерватори завжди є націоналістами. Він закликав встановити для держслужбовців іспити з української мови, історії та культури [10], повернути в паспорти графу національності, а також закликав українців одружуватися лише з українцями, або принаймні із людьми слов'янської чи європейської раси, а громадянство надавати неукраїнцям лише у виключних випадках. [10] Не зовсім зрозуміло, як останні тези узгоджувались з ідеями Липинського, Кучабського та ін. консерваторів.

Також сумнівно, що національній консолідації сприяла б пропозиція поділу України на етнографічні краї. [10] Навряд чи їх самоуправління вдалося б втримати виключно у господарській діяльності.

У працях П. Гай-Нижника чітко прослідковується лобіювання інтересів УГКЦ, яку він вважав разом з УПЦ національними церквами. «Тоталітарні секти» пропонував заборонити. [10]

Наприкінці 2010-тих рр. виникла ще одна – Консервативно-Демократична партія «Сила і честь» на чолі з ексголовою СБУ І. Смешком. Свою ідеологію вона називає аутентичним українським консерватизмом, джерелами якого є ідеї Липинського та політична практика Гетьманату Скоропадського. На сайті партії, крім праць Липинського, також представлено ідеї відомого британського консервативного лідера У. Черчілля.

Ідеологи КДП причинами зростання ролі консерватизму вбачають вади ліво-ліберальної повістки, перенесення національної боротьби з революційної в інституціональну площину та нездатність ідеї націоналізму відповісти на наявні виклики. [3] Вони вважають недоліком гальмування розвитку теорії консерватизму та прагнуть вирішити цю проблему. У 2022 р. було підготовлено Альманах «Консервативна політика»..

Розвиткові теорію мали сприяти рефлексія тенденцій сучасного розвитку та історичний аналіз. І. Смешко висловив думку, що «сучасні конституційні монархії є одними із успішніших демократій», а монархи «виконують функції моральних авторитетів», є «символами національних традицій, гарантами прав і свобод», «запобіжником у системі забезпечення політичної стабільності». [28]

Гетьманат Скоропадського лідер партії вважає найуспішнішим державним утворенням 1917-1920 рр. Але, на його думку, той не зумів об'єднати більшість народу. Серед причин цього називав й виборність інституту гетьманства. Смешко вважає, що держбудівництво має спиратися на: лідера держави із планом державотворення; владну еліту, яка приймає стратегічні рішення і втілює їх; соціальну базу, яка підтримує проєкт і, в разі загрози, стає на захист держави. Гетьман просто не встиг сформувати політичну і соціальну базу. Водночас І. Смешко відкидав звинувачення, що Скоропадський підтримував лише великих власників. [28]

У програмі партії сказано, що держава має поставити на перше місце інтереси Людини з її прагненням до стабільності та потребою у безпеці. [26] Демократія має базуватися на 3 принципах: потужний середній клас із високим рівнем політичної культури; розмежування законодавчої, виконавчої та судової гілок влади та делегування максимуму функцій держави місцевому самоврядуванню; існування кількох справжніх демократичних партій з чіткою ідеологією, орієнтованих на правовий захист позапартійних професіоналів в органах влади від партійно-кланового впливу на них. [26]

Згідно з програмою, повноваження Президента слід обмежити і поставити під нагляд парламенту із прозорою процедурою імпічменту. Партія виступає за двопалатний парламент, адміністративно-територіальну реформу з метою зміцнення унітарності держави у поєднанні з глибокою децентралізацією, прийняття закону про національний і місцеві референдуми. [26]

Спостерігачі можуть висловити сумніви в кореляції з принципами консерватизму (включно з думкою про соціальну нерівність як головний ідентитет консерватизму) як назви партії, так й деяких її програмних принципів. Попереджаючи ці сумніви, лідер КДП вказував на специфіку України. Якщо у Європі консерватори турбувалися про свободу окремих прошарків, в Україні навіть нижні прошарки вимагали тієї ж свободи. Джерело цього Смешко вбачав в історичному досвіді, зокрема, Січі. [28]

Програма також містить тези про необхідність вжиття заходів із подолання бідності, розробки системи соціальних ліфтів. [26] Чи не суперечить це ідеям Липинського та інших консерваторів про «провідну верству»? На нашу думку, не суперечить, якщо врахувати, що ті під елітою розуміли не спадкову аристократію, а верству, що формується з різних класів. Інша справа, що ця теза страждає відсутністю конкретики, як ці «ліфти» мають працювати.

В економіці партія відстоює демонополізацію, деолігархізацію, деофшоризацію, дерегуляцію, детінізацію, що матиме результатом подолання бідності, зміцнення ринку, стимулювання конкуренції, відновлення справедливості, але у поєднанні з преференціями для малого та середнього бізнесу. [26] Щоправда, ці положення теж не конкретизовані, як й про наступ на корупцію, але, враховуючи, що вони виходять від ексголови СБУ, можливо, додаткові аргументи не потрібні. Також КДП за перехід від сировинної до постіндустріальної економіки, держпідтримку наукомісткого промислового виробництва, стимулювання венчурних та інвестиційних проєктів, розвиток ІТ-галузі. створення нової транспортної інфраструктури. [26]

Важливе місце в програмі займають зовнішня політика, сектор безпеки і оборони. Партія підтримує європейську і євроатлантичну інтеграцію, стратегічне партнерство із США, статус України як головного партнера США

поза НАТО. Тобто вони не говорять про членство України в НАТО. Цікаво, що незадовго до повномасштабного вторгнення рф партія опублікувала план, який мав запобігти сповзанню в Третю світову війну. Він включав підтвердження нейтралітету України, нерозміщення військ НАТО на її території. Але рф мала відійти до кордонів 1991 р. та надати Україні реальні гарантії безпеки, згідно з Будапештським меморандумом 1994 р. Аналогічні гарантії мав надати й Захід.

Лідер партії вважає її завданням зміцнити національну консолідацію [28] Національну ідею він аналізує в духовному, соціально-економічному та державотворчому вимірах: Бог, Свобода, Сім'я та Україна як найвищі духовні цінності народу; культура, наука, земля та власність, які розподіляються між громадянами справедливим та збалансованим чином; виборність, соціальна справедливість, законність та армія. Водночас І. Смешко виступає за рівні умови для розвитку всіх національностей; [28]

Ми припускаємо, що риси консерватизму могли бути властиві не лише партіям, які так називалися, а й тим, яких відносять до іншого політичного спектру. На зламі 1980-1990-тих рр. фактичними консерваторами була верхівка КПУ, яка відстоювала звичну соціальну ієрархію. Їх опоненти висували гасла демократії, ринку, незалежності, яку тлумачили як рух до свободи. Отже, їх ідеологія була ліберальною, але з консервативною складовою, яка полягала в тому, що в обґрунтуванні незалежності значне місце займало успадкування традицій державності. [25, с. 65] Після проголошення незалежності номенклатура лишилась при владі та прийняла гасла української державності, культури, мови, церкви, а націонал-демократи, які й уособлювали вказану консервативну складову, уклали союз з нею. Ідеологією цього союзу була суміш традиційних та неоконсервативних цінностей. Але якщо гасла українізації впроваджували, то економічні та політичні реформи гальмували. Отже, неоконсервативна складова на практиці простежувалася менш інтенсивно. Водночас традиційні цінності такими не були для більшості суспільства, яке очікувало добробуту, простору для самореалізації. Отже, для неї це був злам традиційного способу життя. [25, с. 66]

Внаслідок неоліберальних реформ др. пол. 1990-тих рр. більшість активів було поставлено під контроль певних політугруповань. Навколо них відбувалась реконсолідація суспільства. Активи мали територіальну прив’язку, тому ідеологія консолідації виходила з архетипів регіонів. Останні мали різні цінності. Носії нових ідеологій поділилися на табори. Різним був зміст їх ідеологій. Одні стали спадкоємцем консерватизму націонал-демократів. Їх консерватизм був ближче до традиційного. У політиці та економіці вони були близькі до лібералів. В ідеології угруповань, які контролювали активи в східних регіонах, значне місце посідали цінності, сформовані в імперські та радянські часи. Їх особливістю

була увага до питань порядку, законності, добробуту. Вони гнучкіше ставились до традиційних цінностей. [25, с. 68]

Якщо ж аналізувати не гасла, а управлінську практику, можна побачити, що для обох таборів гнучким було ставлення до економічного лібералізму. Він відкидадався, коли йшлося про захоплення ринків наближеними фірмами. Тобто держава для них, на відміну від типових неоконсерваторів, була важелем впливу на конкуренцію. [25, с. 68]

Отже, оцінку політичних сил як консервативних слід диференціювати залежно від сфер. Щодо культури вони належали до традиційного консерватизму. Але їх культурні стратегії не були ефективними та, враховуючи етнокультурний плюралізм, експансію постмодернізму, не сприяли консолідації. Щодо економіки оцінки не можуть робитися, виходячи з класичних уявлень. Був розрив між риторикою та практикою. Зміст консервативних тенденцій обмежився збереженням всевладдя бюрократії. [25, с. 69]

Висновки. Основним ідентитетом консерватизму є теза про соціальну нерівність. Консервативна думка в Україні пройшла тривалий розвиток. Класичний консерватизм у І пол. ХХ ст. належав до національного напряму. Ця традиція була продовжена й у сучасній Україні. Але низка чинників зумовила маловпливовість консервативного руху за часів незалежності. Водночас елементи консерватизму були властиві й носіям інших політичних ідеологій. Спроба реанімувати його на зламі 2010-2020-тих рр. шляхом його адаптації до сучасних умов спрямована на закріплення панування політичних еліт.

Перспективи подальших досліджень пов’язані з вивченням особливостей консервативного проєкту в кризових умовах, збереження його ідентичності та допустимих меж взаємодії з іншими політичними ідеологіями.

Список використаних джерел:

1. Андрей Шептицький. Слово до української молоді. URL: https://surl.li/gafokr (дата звернення: 24.12.2025).

2. Бевз Т.А. Українська Консервативна партія. Енциклопедія історії України. Кн. 2. Київ: В-во «Наукова думка», 2019. URL: https://surl.li/imhxal (дата звернення: 01.03.2026).

3. Бугела О. Український консерватизм. URL: https://surl.li/ycznpc (дата звернення: 16.02.2026).

4. Вдовичин І.Я. Українська політична думка періоду занепаду козацько-гетьманської держави. *Вдовичин І., Вільчинська І., Перегуда Є. та ін. Історія політичної думки України*. Львів: Новий Світ-2000, 2017. С. 100-126.

5. Вишенський І. Твори. URL: https://surl.li/bdxyle (дата звернення: 25.12.2025).

6. Віхров М. Лицар консервативного етосу. URL: https://surl.li/urnxoj (дата звернення: 01.02.2026).

7. Ворчакова І.Є. Українська політична думка в добу визвольних змагань XVII століття. *Вдовичин І., Вільчинська І., Перегуда Є. та ін. Історія політичної думки України*. Львів: Новий Світ-2000, 2017. С. 76-99.

8. Гай-Нижник П.П. В. Липинський та УДХП в теорії і практиці українського державотворення і політичного націонал-консерватизму (1900–1920 рр.). *Гілея*. 2018. Вип. 129. №2. С. 305-322. URL: https://surl.li/hnwila (дата звернення: 02.12.2025).

9. Гай-Нижник П.П. Ідеологія сучасних українських консервативних політичних партій. *Наукові записки ІПіЕНД*. 2011. Вип. 3(53). С. 94-115. URL: https://surl.li/sbbsux (дата звернення: 15.01.2026).

10. Гай-Нижник П.П. Позиції та завдання сучасного українського консерватизму. *Гілея*. 2013. Вип.74. №7. С.346-350. URL: https://surl.lt/dwsdkp (дата звернення: 15.01.2026).

11. Гай-Нижник П.П. Український націонал-консерватизм: Гетьманський Рух. В 2 книгах. Київ: Саміт-книга, 2023-2024.

12. Гирич І. Томашівський Степан Теодорович. *Політична енциклопедія*. Київ: Парламентське видавництво, 2011. С. 716.

13. Горбань Т.Ю. Проблема суспільної консолідації в історіософії В'ячеслава Липинського. *Гілея.* 2012. Вип. 58. №3. С. 5-11.

14. Горбатенко В.П., Бушанський В.В. Консерватизм. *Юридична енциклопедія* у 6 т.. Київ: Українська енциклопедія ім. М.П. Бажана, 2001. Т. 3: К-М. С. 267.

15. Дзьобань О.П. Політична думка княжої доби. *Вдовичин І., Вільчинська І., Перегуда Є. та ін. Історія політичної думки України*. Львів: Новий Світ-2000, 2017. С. 16-32.

16. Зелена О.Я. Українська політична думка 1930-х років у Галичині. *Вдовичин І., Вільчинська І., Перегуда Є. та ін. Історія політичної думки України*. Львів: Новий Світ-2000, 2017. С. 406-429.

17. Калакура О. Липинський В'ячеслав Казимирович. *Політична енциклопедія*. Київ: Парламентське видавництво, 2011. С. 400-401.

18. Корольов Г.О. Консервативна утопія В. Кучабського: «геополітичний трикутник», революція й Східна Європа. *УІЖ*. 2012. №3. С. 36-48.

19. Кучабський В. Большевизм і сучасне завдання українського Заходу. *Тисяча років української суспільно-політичної думки*. У 9 т. Том VII (20-ті – 40-ві роки XX ст.). Київ: Дніпро, 2001. С. 101-105.

20. Лехнюк Р. Кредо українського консерватизму. *Тиждень* 17.04.2022. URL: https://surli.cc/uqxjsm (дата звернення: 23.02.2026).

21. Липинський В. Листи до Братів-Хліборобів. *Множинська Р.В. Українські мислителі XIX-XX ст. Хрестоматія.* Київ: КНУТД, 2015. С. 241-253.

22. Липинський В. Національна аристократія. *Консерватизм. Антологія.* Київ: ВД «Простір», «Смолоскип». 2008. С. 772-775.

23. Нагорна Л. Політична культура українського народу: історична ретроспектива і сучасні реалії. Київ: Стилос, 1998. 278 с.

24. Остапець Ю. Консерватизм. *Політична енциклопедія*. Київ: Парламентське видавництво, 2011. С. 352.

25. Перегуда Є.В. Становлення політичного консерватизму в сучасній Україні. *Вісник КНЛУ. Серія Історія, економіка, філософія*. Вип. 21. Київ: Вид. центр КНЛУ, 2016. С. 62-71.

26. Програма Консервативно-демократичної партії України «Сила і честь». URL: https://surl.li/vffsdo (дата звернення: 16.02.2026).

27. Програмові засади Української Демократично-Хліборобської Партії. *Тисяча років української суспільно-політичної думки*. У 9 т. Том VI (90-ті роки XIX – 20-ті роки XX ст.). Київ: Дніпро, 2001. С. 279-282.

28. Смешко І. Невивчені уроки Гетьманату та національна ідея України у сучасних умовах. URL: https://surl.li/ccdhgd (дата звернення: 01.02.2026).

29. Томашівський С. Під колесами історії. Нариси і статті. URL: https://surl.li/ksypug (дата звернення: 23.01.2026).

30. Українська державність у XX столітті. Київ: Політична думка, 1996. URL: https://surl.li/pszskz (дата звернення: 23.01.2026).

31. Ясь О. Історичне письмо пізнього П. Куліша як предтеча консервативного проекту української історіографії початку XX ст. *УІЖ*. 2019. №4. С. 61-87.

32. Dagger R. Conservatism political philosophy. URL: https://surl.li/pzykkf (дата звернення: 31.01.2026).

33. Hamilton A. Conservatism. *Stanford Encyclopedia of Philosophy*. URL: https://surl.lu/jrndjg (дата звернення: 12.02.2026).

34. Kirk R. Ten Conservative principles. URL: https://surl.li/emhsqv (дата звернення: 18.01.2026).

35. Nisbet R. Conservatism: Dream and Reality. N.Y.: Routledge, 2017. 130 p.

36. Schlueter N., Wenzel N. Selfish Libertarians and Socialist Conservatives?: The Foundations of the Libertarian-Conservative Debate. Stanford University Press, 2016. 216 p.

Professor **Ievgen PEREHUDA,**
Kyiv National University of Construction and Architecture

CONSERVATIVE POLITICAL THOUGHT IN UKRAINE: HISTORY AND MODERNITY

The relevance of the issue is associated with the formation of the party-ideological spectrum of Ukrainian society, the analysis of which is impossible without studying its conservative component, because conservatism is considered one of the leading political ideologies. At the same time, such a study is impossible without studying the historical paths of Ukrainian conservatism. The purpose of the article is to analyze the historical prerequisites for its formation, the main

characteristics of classical Ukrainian conservative political thought and its current state.

The article, based on the achievements of foreign and domestic political science, identifies the features and basic principles of the doctrine of conservatism. It is found that its key feature is the provision on social inequality. The emphasis is on the ability of conservatism to self-improve through interaction with other leading political ideologies. At the same time, attention is drawn to the crisis phenomena of the modern development of the conservative doctrine.

The historical foundations of Ukrainian conservatism are analyzed, in particular the contribution made to it by Old Russian religious philosophy, polemical literature, Cossacks, Enlightenment thought, and thinkers of the 19th century. Special attention was paid to the classics of Ukrainian conservatism Vyacheslav Lypynsky, Vasyl Kuchabsky, and representatives of conservative-clerical thought of the interwar period of the 20th century Stepan Tomashivsky, Andrey Sheptytsky.

The ideologies of conservative parties after the declaration of Ukraine's independence, as well as the conservative components of other political forces in Ukraine, are characterized. The conclusion is made that elements of the conservative doctrine were inherent in those political actors who did not directly belong to the conservative spectrum of politics. At the same time in the conditions of different historical experience of the regions of Ukraine, the prospects of modern conservatism will depend on its effective interaction with other leading political ideologies.

Keywords: conservatism; neoconservatism; traditional conservatism; national conservatism; clerical conservatism; elite; democracy; political parties; Vyacheslav Lypynsky; Vasyl Kuchabsky.

REFERENCES:

1. Andrei Sheptytskyi. Slovo do ukrainskoi molodi [A word to Ukrainian youth]. Retrieved December 24, 2025, from: https://surl.li/gafokr {in Ukrainian}.

2. Bevz T.A. Ukrainska Konservatyvna partiia [Ukrainian Conservative Party]. Entsyklopediia istorii Ukrainy. Kn. 2. Kyiv: V-vo «Naukova dumka», 2019. Retrieved March 01, 2026, from: https://surl.li/imhxal {in Ukrainian}.

3. Buhela O. Ukrainskyi konservatyzm [Ukrainian conservatism]. Retrieved February 16, 2026, from: https://surl.li/ycznpc {in Ukrainian}.

4. Vdovychyn I.Ia. Ukrainska politychna dumka periodu zanepadu kozatsko-hetmanskoi derzhavy [Ukrainian political thought during the period of the decline of the Cossack-Hetman state]. Vdovychyn I., Vilchynska I., Perehuda Ie. ta in. Istoriia politychnoi dumky Ukrainy. Za zah. red. N.M. Khomy. Lviv: Novyi Svit-2000, 2017. S. 100-126 {in Ukrainian}.

5. Vyshenskyi I. Tvory [Works]. Retrieved December 25, 2025, from:

https://surl.li/bdxyle {in Ukrainian}.

6. Vikhrov M. Lytsar konservatyvnoho etosu [A knight of conservative ethos]. Retrieved February 01, 2026, from: https://surl.li/urnxoj {in Ukrainian}.

7. Vorchakova I.Ie. Ukrainska politychna dumka v dobu vyzvolnykh zmahan XVII stolittia [Ukrainian political thought in the era of liberation struggles of the 17th century]. Vdovychyn I., Vilchynska I., Perehuda Ie. ta in. Istoriia politychnoi dumky Ukrainy. Lviv: Novyi Svit-2000, 2017. S. 76-99 {in Ukrainian}.

8. Hai-Nyzhnyk P.P. V. Lypynskyi ta UDKhP v teorii i praktytsi ukrainskoho derzhavotvorennia i politychnoho natsional-konservatyzmu (1900–1920 rr.) [V. Lypynsky and the Ukrainian People's Party of Labor in the Theory and Practice of Ukrainian State Formation and Political National Conservatism (1900–1920)]. Hileia. 2018. Vyp. 129. №2. S. 305-322. Retrieved December 02, 2025, from: https://surl.li/hnwila {in Ukrainian}.

9. Hai-Nyzhnyk P.P. Ideolohiia suchasnykh ukrainskykh konservatyvnykh politychnykh partii [Ideology of modern Ukrainian conservative political parties]. Naukovi zapysky IPiEND. 2011. Vyp. 3(53). S. 94-115. Retrieved February 12, 2026, from: https://surl.li/sbbsux {in Ukrainian}.

10. Hai-Nyzhnyk P.P. Pozytsii ta zavdannia suchasnoho ukrainskoho konservatyzmu [Positions and tasks of modern Ukrainian conservatism]. Hileia. 2013. Vyp.74. №7. C.346-350. Retrieved January 15, 2026, from: https://surl.lt/dwsdkp {in Ukrainian}.

11. Hai-Nyzhnyk P.P. Ukrainskyi natsional-konservatyzm: Hetmanskyi Rukh [Ukrainian National Conservatism: Hetman Movement]. V 2 knyhakh. Kyiv: Samit-knyha, 2023-2024 {in Ukrainian}.

12. Hyrych I. Tomashivskyi Stepan Teodorovych [Tomashivskyi Stepan Teodorovych]. Politychna entsyklopediia. Kyiv: Parlamentske vydavnytstvo, 2011. S. 716 {in Ukrainian}.

13. Horban T.Iu. Problema suspilnoi konsolidatsii v istoriosofii Viacheslava Lypynskoho [The problem of social consolidation in the historiosophy of Vyacheslav Lypynsky]. Hileia. 2012. Vyp. 58. №3. S. 5-11 {in Ukrainian}.

14. Horbatenko V.P., Bushanskyi V.V. Konservatyzm [Conservatism]. Yurydychna entsykl5pediia u 6 t.. Kyiv: Ukrainska entsyklopediia im. M.P. Bazhana, 2001. T. 3: K-M. S. 267 {in Ukrainian}.

15. Dzoban O.P. Politychna dumka kniazhoi doby [Political thought of the princely era]. Vdovychyn I., Vilchynska I., Perehuda Ie. ta in. Istoriia politychnoi dumky Ukrainy. Lviv: Novyi Svit-2000, 2017. S. 16-32 {in Ukrainian}.

16. Zelena O.Ia. Ukrainska politychna dumka 1930-kh rokiv u Halychyni [Ukrainian political thought in the 1930s in Galicia]. Vdovychyn I., Vilchynska I., Perehuda Ie. ta in. Istoriia politychnoi dumky Ukrainy. Lviv: Novyi Svit-2000, 2017.

S. 406-429 {in Ukrainian}.

17. Kalakura O. Lypynskyi Viacheslav Kazymyrovych [Lypynskyi Vyacheslav Kazymyrovych]. Politychna entsyklopediia. Kyiv: Parlamentske vydavnytstvo, 2011. S. 400-401 {in Ukrainian}.

18. Korolov H.O. Konservatyvna utopiia V. Kuchabskoho: «heopolitychnyi trykutnyk», revoliutsiia y Skhidna Ievropa [V. Kuchabsky's Conservative Utopia: "Geopolitical Triangle", Revolution and Eastern Europe]. UIZh. 2012. №3. S. 36-48 {in Ukrainian}.

19. Kuchabskyi V. Bolshevyzm i suchasne zavdannia ukrainskoho Zakhodu [Bolshevism and the modern task of the Ukrainian West]. Tysiacha rokiv ukrainskoi suspilno-politychnoi dumky. U 9 t. Tom VII (20-ti – 40-vi roky XX st.). Kyiv: Dnipro, 2001. S. 101-105 {in Ukrainian}.

20. Lekhniuk R. Kredo ukrainskoho konservatyzmu [Credo of Ukrainian conservatism]. Tyzhden 17.04.2022. Retrieved February 23, 2026, from: https://surli.cc/uqxjsm {in Ukrainian}.

21. Lypynskyi V. Lysty do Brativ-Khliborobiv [Letters to the Brothers-Growers]. Mnozhynska R.V. Ukrainski myslyteli XIX-XX st. Khrestomatiia. Kyiv: KNUTD, 2015. S. 241-253{in Ukrainian}.

22 Lypynskyi V. Natsionalna arystokratiia [National aristocracy]. Konservatyzm. Antolohiia. Kyiv: VD «Prostir», «Smoloskyp». 2008. S. 772-775{in Ukrainian}.

23. Nahorna L. Politychna kultura ukrainskoho narodu: istorychna retrospektyva i suchasni realii [Political culture of the Ukrainian people: historical retrospective and modern realities]. Kyiv: Stylos, 1998. 278 s {in Ukrainian}.

24. Ostapets Yu. Konservatyzm [Conservatism]. Politychna entsyklopediia. Kyiv: Parlamentske vydavnytstvo, 2011. S. 352 {in Ukrainian}.

25. Perehuda Ie.V. Stanovlennia politychnoho konservatyzmu v suchasnii Ukraini [The emergence of political conservatism in modern Ukraine]. Visnyk KNLU. Seriia Istoriia, ekonomika, filosofiia. Vyp. 21. Kyiv: Vyd. tsentr KNLU, 2016. S. 62-71 {in Ukrainian}.

26. Prohrama Konservatyvno-demokratychnoi partii Ukrainy «Syla i chest» [Program of the Conservative Democratic Party of Ukraine "Strength and Honor"]. Retrieved February 16, 2026, from: https://surl.li/vffsdo {in Ukrainian}.

27. Prohramovi zasady Ukrainskoi Demokratychno-Khliborobskoi Partii [Program principles of the Ukrainian Democratic-Agricultural Party]. Tysiacha rokiv ukrainskoi suspilno-politychnoi dumky. U 9 t. Tom VI (90-ti roky KhIKh – 20-ti roky KhKh st.). Kyiv: Dnipro, 2001. S. 279-282 {in Ukrainian}.

28. Smeshko I. Nevyvcheni uroky Hetmanatu ta natsionalna ideia Ukrainy u suchasnykh umovakh [Unlearned lessons of the Hetmanate and the national idea of

Ukraine in modern conditions]. Retrieved February 01, 2026, from: https://surl.li/ccdhgd {in Ukrainian}.

29. Tomashivskyi S. Pid kolesamy istorii. Narysy i statti [Under the Wheels of History. Essays and Articles]. Retrieved January 23, 2026, from: https://surl.li/ksypug {in Ukrainian}.

30. Ukrainska derzhavnist u XX stolitti [Ukrainian statehood in the 20th century]. Kyiv: Politychna dumka, 1996. Retrieved January 23, 2026, from: https://surl.li/pszskz {in Ukrainian}.

31. Yas O. Istorychne pysmo piznoho P. Kulisha yak predtecha konservatyvnoho proektu ukrainskoi istoriohrafii pochatku XX st. [The historical writing of the late P. Kulish as a precursor of the conservative project of Ukrainian historiography of the early 20th century]. UIZh. 2019. №4. S. 61-87 {in Ukrainian}.

32. Dagger R. Conservatism political philosophy. Retrieved January 31, 2026, from: https://surl.li/pzykkf. {in English}

33. Hamilton A. Conservatism. Stanford Encyclopedia of Philosophy. Retrieved February 12, 2026, from: https://surl.lu/jrndjg. {in English}

34. Kirk R. Ten Conservative principles. Retrieved January 18, 2026, from: https://surl.li/emhsqv (дата звернення: 18.01.2026). {in English}

35. Nisbet R. Conservatism: Dream and Reality. N.Y.: Routledge, 2017. 130 p. {in English}.

36. Schlueter N., Wenzel N. Selfish Libertarians and Socialist Conservatives?: The Foundations of the Libertarian-Conservative Debate. Stanford University Press, 2016. 216 p. {in English}.

DOI: 10.32347/2786-7269.2026.17.601-615
УДК 323.2+352
д.п.н., професор **Семенченко Ф.Г.,**
semenchenko_fh@knuba.edu.ua, ORID: 0000-0001-8485-7594,
Київський національний університет будівництва і архітектури

ПОЛІТИЧНА КРИЗА: ПРИЧИНИ, ОСОБЛИВОСТІ ТА ШЛЯХИ ПОДОЛАННЯ

Висвітлено теоретико-методологічні засади функціонування політичної системи та механізми регулювання суспільних процесів в умовах невизначеності. Автор спирається на системний підхід та неоінституціональну теорію, щоб систематизувати понятійний апарат політичної кризи через аналіз її сутності, типології, фазової динаміки та комунікативних аспектів. Особлива увага приділяється детермінантам виникнення кризових явищ: внутрішній інституційній слабкості, конфліктності політичних еліт, економічним чинникам, соціальній напрузі та зовнішньому геополітичному тиску, включаючи гібридні загрози.

На основі політологічного аналізу розмежовано поняття політичного конфлікту та кризи, а також виділено ключові принципи антикризового менеджменту: законність, пріоритет безпеки людини та держави, прозорість, системність, оперативність та справедливість. У контексті сучасних викликів проаналізовано роль якості політичних рішень, своєчасності реагування та ефективної комунікації у подоланні дестабілізації. На прикладі України розглянуто специфічні стратегії подолання політичної кризи, включаючи технології національного діалогу, децентралізації влади, люстрації, інформаційної безпеки та консолідації суспільства в умовах війни й цифровізації. Обґрунтовується необхідність переходу від ситуативного реагування до професійного політичного менеджменту, впровадження превентивних механізмів раннього попередження політичної кризи та зміцнення інституційної спроможності держави.

Стаття має міждисциплінарну цінність для дослідників політичної теорії, фахівців з державного управління, практиків, які займаються розробкою стратегій національної безпеки та антикризового регулювання в умовах сучасної глобалізації, а також для викладачів і студентів політологічних спеціальностей.

Ключові слова: політика; політична системи; політичний конфлікт; політична криза; політичні рішення; політичний процес; політичний менеджмент; антикризовий менеджмент.

Постановка проблеми. Сучасний етап розвитку світової політики характеризується безпрецедентним рівнем невизначеності та турбулентності, в умовах якого традиційні моделі державного управління та політичної стабільності зазнають серйозних випробувань. Політична криза, як феномен порушення функціонування політичної системи, перестала бути винятковим явищем і стала постійним супутником політичних процесів як у країнах, що розвиваються, так і в усталених демократіях [2]. В умовах глобалізації, гібридних загроз та стрімких соціокультурних змін, політичні кризи набувають системного характеру, загрожуючи не лише зміні еліт, а й цілісності держави та її суверенітету.

Актуальність дослідження причин, особливостей та шляхів подолання політичної кризи зумовлена низкою об'єктивних чинників. Так, спостерігається ослаблення довіри до політичних інститутів, що підриває легітимність влади та ускладнює імплементацію необхідних реформ. Класичні теорії політичного циклу та кризового менеджменту часто виявляються неефективними перед обличчям новітніх викликів, таких як інформаційні війни, поляризація суспільства та економічна нестабільність, які діють як каталізатори політичної дестабілізації. Відсутність універсальних алгоритмів виходу з кризи призводить до того, що спроби стабілізації ситуації іноді лише поглиблюють конфлікт, переводячи його у латентну або гостру фазу протистояння.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблематика політичної кризи в Україні є предметом міждисциплінарного наукового аналізу, що поєднує політологічні, соціологічні, правові та філософські підходи. Вітчизняні дослідники розглядають політичну кризу не лише як тимчасове порушення функціонування влади, а як складний системний феномен, що охоплює кризи легітимності, ідентичності, участі та соціально-економічного розподілу. А. Перфільєва [8] систематизувала підходи до класифікації політичних криз, виділивши структурні, функціональні та ціннісні виміри кризових станів, а також обґрунтувала необхідність інституційних реформ як ключового інструменту стабілізації політичної системи в умовах зовнішніх викликів. Дослідження кризи легітимності влади та її соціокультурних детермінант є центральним напрямом наукової діяльності І. Забєліна [2], яка у своїх працях аналізує, як корупційні практики та неефективна комунікація влади з суспільством формують стійкий дефіцит довіри, що виступає каталізатором політичної нестабільності, пропонуючи механізми відновлення легітимності через прозорість, підзвітність та інклюзивність управлінських рішень.

Питання кризи ідентичності як складової політичної нестабільності, ролі політичної свідомості та ідеології у формуванні кризових сценаріїв, а також кризи проникнення держави в соціальні структури та руйнування соціального

капіталу досліджує Р. Ключник [8], який вказує на те, що фрагментація політичної ідентичності, регіональні ціннісні розбіжності та маніпулятивні інформаційні впливи посилюють вразливість українського суспільства до кризових явищ, наголошуючи на необхідності формування інтегративної громадянської ідентичності як основи політичної консолідації. Г. Зеленько [3] окрему увагу приділяє причинам виникнення політичної кризи у сучасній Україні, факторам ескалації кризових процесів, таким як депривація, елітна фрагментація та зовнішній вплив, а також ролі людського фактору та мотивації у розвитку політичної нестабільності. Науковиця виділяє три основні підходи до пояснення криз: економічний, елітологічний та деприваційний і доводить, що саме поєднання об'єктивних умов невдоволення та суб'єктивних мотивацій учасників визначає траєкторію кризового розвитку, наголошуючи на необхідності комплексного аналізу внутрішніх та зовнішніх факторів для розробки ефективних антикризових стратегій.

Виклад основного матеріалу дослідження. Політика є основоположним інститутом суспільного життя, що виступає ключовим механізмом регулювання колективних дій та управління суспільними процесами. У сучасній політичній науці політика розглядається не лише як сфера владних відносин чи боротьби за вплив, але й як складна динамічна система, яка забезпечує цілісність соціуму та його адаптацію до змінних умов внутрішнього і зовнішнього середовища. Сутність політики полягає у організації влади, виробленні та реалізації політичних рішень, спрямованих на розподіл цінностей, ресурсів та можливостей у суспільстві. З позиції системного підходу, політична система являє собою сукупність державних інститутів, політичних партій, громадських організацій та норм, що взаємодіють між собою та з навколишнім середовищем[4]. Класична модель політичної системи, запропонована Д. Істоном, розглядає політику як процес перетворення «вхідних» імпульсів (вимог та підтримки з боку населення) у «вихідні» результати (політичні рішення та дії влади). Ефективність даного процесу залежить від здатності системи фільтрувати вимоги, інтегрувати різноманітні інтереси та виробляти легітимні рішення, які будуть сприйняті суспільством як обов'язкові до виконання.

Важливою характеристикою політики є її середовище функціонування. Політична система не існує у вакуумі; вона постійно взаємодіє з економічним, соціальним, культурним та правовим середовищем. Стабільність політичної системи прямо залежить від її здатності адаптуватися до змін у цих сферах. Так, економічні кризи, соціальна напруга або зміни у громадській свідомості створюють додаткове навантаження на політичні інститути. Якщо механізми політичного менеджменту виявляються недостатньо гнучкими для реагування

на виклики середовища, виникає дисбаланс між вимогами суспільства та можливостями влади щодо їх задоволення.

Кульмінацією подібного розриву між вимогами середовища та реакцією влади стає політична криза, хоча наукове визначення її сутності залишається предметом дискусій. Так, у вітчизняній науковій традиції поняття політичної кризи чітко не визначено. З одного боку, це «особливий стан у розвитку та функціонуванні політичної системи, передусім владних структур», що виникає внаслідок загострення суперечностей між суб’єктами політичного життя. Тобто криза є вторинним, похідним явищем від суперечностей і конфліктів [5]. З іншого боку, стверджується, що криза означає «тимчасове призупинення» або припинення функціонування окремих елементів чи інститутів політичної системи. Сутність цього явища полягає у глибокій дисфункції політичних процесів, коли звичні методи вироблення та реалізації політичних рішень втрачають свою результативність, що створює загрозу стабільності держави, її легітимності або навіть цілісності. Кризовий стан завжди супроводжується підвищеною невизначеністю, дефіцитом часу для реагування та високим рівнем ризику, що вимагає від суб'єктів політичного менеджменту мобілізації всіх доступних ресурсів для нейтралізації дестабілізуючих факторів.

У сучасній політології існує розгалужена типологія політичних криз, яка базується на різних критеріях класифікації, зокрема за об'єктом порушення розрізняють кризи легітимності, коли населення втрачає довіру до влади, інституційні кризи, пов'язані з неефективністю державних структур, та системні кризи, що загрожують самому існуванню політичного режиму. Також політичні кризи класифікують за масштабом поширення на локальні, національні та глобальні, а за глибиною прояву на латентні та відкриті фази, що дозволяє дослідникам та практикам більш точно ідентифікувати природу загрози [9]. Розуміння специфіки та видів політичної кризи є базовою умовою для побудови адекватної стратегії антикризового менеджменту, оскільки різні типи кризових явищ вимагають диференційованих інструментів подолання, від корекції окремих політичних рішень до глибинних трансформацій усієї системи влади.

Поглиблений аналіз категоріального апарату сучасної політичної науки дозволяє розглядати політичну кризу не лише як стан дисфункції, але й як специфічну форму трансформації політичної реальності, що містить у собі як деструктивний, так і потенційно конструктивний заряд. Згідно з неоінституціональним підходом, криза виникає тоді, коли формальні правила гри вступають у конфлікт із неформальними практиками, або коли інститути втрачають адаптивну здатність до змін, що призводить до інституційного паралічу [2]. Важливим аспектом є розмежування понять «політична криза» та

«політичний конфлікт»: якщо конфлікт є нормативним елементом політичної конкуренції, то криза настає тоді, коли конфлікт виходить за межі інституційного регулювання і ставить під загрозу саму основу існування системи. Додаткові критерії типологізації дозволяють виокремити політичні кризи за часовим фактором (раптові, кумулятивні, циклічні), за суб'єктним складом (елітарні, масові, змішані) та за характером перебігу (швидкоплинні та затяжні). Окрему групу становлять гібридні кризи, що поєднують політичні, економічні та соціальні виміри, створюючи ефект «ідеального шторму», коли проблеми посилюють одна одну.

Сучасні дослідження також акцентують увагу на комунікативній природі політичної кризи: в епоху цифровізації та медіатизації політики саме наративи, фреймінг подій у ЗМІ та швидкість поширення інформації часто визначають глибину та тривалість кризового стану. Крім того, важливо враховувати режимний контекст. Так, у демократичних системах політичні кризи частіше мають циклічний характер і вирішуються через виборчі механізми або парламентські процедури, тоді як в авторитарних режимах вони можуть довго залишатися латентними, але мати вибуховий характер при маніфестації[3]. Фазова структура кризи, що включає стадії інкубації, ескалації, кульмінації та розв'язки (або стагнації), дозволяє застосовувати інструменти раннього попередження та превентивного антикризового менеджменту.

Варто також зазначити, що аналіз причинно-наслідкових зв'язків у контексті настання політичної кризи вимагає глибокого розуміння системної природи політичного управління та вразливостей, притаманних інституційному середовищу держави. Внутрішні детермінанти часто мають структурний характер і формуються протягом тривалого часу, створюючи передумови для дестабілізації. До ключових внутрішніх факторів належить інституційна слабкість, яка проявляється у нездатності державних органів ефективно виконувати свої функції, забезпечувати верховенство права та гарантувати захист прав громадян. Коли інститути влади втрачають легітимність в очах суспільства, це створює вакуум довіри, який швидко заповнюється протестними настроями та радикальними ідеологіями [11]. Важливим аспектом внутрішньої нестабільності є також конфліктність політичних еліт. Фрагментація еліт, боротьба за ресурси та відсутність консенсусу щодо стратегічних векторів розвитку держави призводять до блокування прийняття рішень, що у критичні моменти може стати каталізатором глибокої системної кризи.

Економічні чинники також відіграють критичну роль, оскільки погіршення життєвого рівня населення, зростання безробіття, інфляційні процеси та соціальна нерівність безпосередньо впливають на політичну

лояльність громадян. Соціальна напруга, накопичена внаслідок економічних труднощів, трансформується у політичну вимогу змін, і якщо політична система не демонструє здатності до адаптації та реформування, ризик виникнення кризи зростає експоненціально. Окрім того, внутрішні причини можуть бути пов'язані з дефектами виборчої системи, корупційними схемами та відсутністю ефективних механізмів зворотного зв'язку між владою та суспільством, що блокує своєчасне виявлення та нейтралізацію назрілих конфліктів.

Разом із внутрішніми факторами, суттєвий вплив на виникнення політичної кризи мають зовнішні детермінанти, які в умовах глобалізації стають дедалі більш значущими. Геополітичне становище держави, її місце в системі міжнародних відносин та характер взаємодії з сусідніми країнами і світовими центрами сили можуть як стабілізувати, так і дестабілізувати внутрішньополітичну ситуацію. Зовнішній тиск може проявлятися у формі економічних санкцій, дипломатичної ізоляції, інформаційних кампаній або прямого втручання у внутрішні справи держави [4]. Глобальні економічні потрясіння, такі як фінансові кризи, різкі коливання цін на енергоносії або порушення ланцюгів постачання, мають здатність миттєво транслюватися на національний рівень, загострюючи існуючі внутрішні проблеми. Особливу увагу слід приділити гібридним загрозам, які поєднують кібератаки, дезінформацію та підтримку опозиційних сил ззовні з метою підриву стабільності режиму.

Також слід звернути увагу на те, що зовнішні детермінанти часто виступають тригером, який активує латентні внутрішні суперечності, перетворюючи потенційну вразливість на реальну кризу. Важливо розуміти, що внутрішні та зовнішні фактори не діють ізольовано, а перебувають у постійній взаємодії, утворюючи складну матрицю ризиків. Наприклад, зовнішньополітичний конфлікт може консолідувати суспільство навколо влади або, навпаки, стати приводом для звинувачень уряду в некомпетентності, залежно від рівня внутрішньої єдності та якості комунікації влади з населенням. Підсумовуючи все вищесказане, можна зробити висновок, що етіологія політичної кризи завжди є комплексною, і спроби пояснити її виникнення лише через призму одного фактора є методологічно хибними, оскільки ігнорують системний характер політичних процесів.

Переходячи до аналізу особливостей динаміки та фаз розвитку політичної кризи, необхідно зазначити, що даний процес рідко буває лінійним і передбачуваним. Динаміка політичної кризи характеризується високою швидкістю змін та наявністю ефектів зворотного зв'язку, коли дії однієї сторони конфлікту провокують ескалацію з боку іншої. Класична модель розвитку

політичної кризи передбачає проходження кількох ключових фаз, кожна з яких має свої специфічні ознаки та виклики для управління. Початковою стадією є латентна фаза, під час якої відбувається накопичення суперечностей та деформацій у політичній системі [1]. На даному етапі кризові явища ще не є очевидними для широкого загалу, але експертне середовище та аналітичні центри вже можуть фіксувати тривожні сигнали, такі як зниження рейтингів довіри, зростання кількості локальних протестів або погіршення економічних індикаторів.

Ефективність політичного управління на цій стадії визначає, чи вдасться запобігти відкритому конфлікту шляхом превентивних реформ. Якщо ж превентивні заходи не вживаються або виявляються неефективними, система переходить до гострої фази, яка характеризується відкритою конфронтацією, мобілізацією суспільних груп та виходом протесту на вулиці. Саме на цій стадії відбувається поляризація суспільства, руйнування комунікаційних мостів між владою та опозицією, а також можливе застосування сили. Гостра фаза часто супроводжується медійним шумом, поширенням чуток та маніпуляцій, що ускладнює об'єктивну оцінку ситуації всіма учасниками процесу.

Кульмінацією розвитку політичної кризи є фаза піку, коли постає загроза існування політичного режиму або навіть державності як такої. На цьому етапі можливі сценарії зміни влади, введення надзвичайного стану, розпад державних інституцій або зовнішня інтервенція. Динаміка на цій стадії є надзвичайно швидкою, і ціна помилки політичних суб’єктів стає максимально високою. Після проходження піку криза може перейти у фазу затухання або вирішення, яка передбачає вироблення нової суспільної угоди, проведення реформ, зміну еліт або ж встановлення авторитарного контролю для примусової стабілізації [8]. Важливою особливістю динаміки політичної кризи є те, що вона може мати хвилеподібний характер, коли після тимчасового затухання конфлікту відбувається нова спалах активності через невирішеність глибинних причин. Також слід враховувати роль часового фактору, оскільки затягування політичної кризи призводить до виснаження ресурсів усіх сторін, економічних втрат та довгострокових негативних наслідків для суспільства, таких як травматизація колективної свідомості та втрата довіри до інститутів демократії.

Вплив якості політичних рішень на поглиблення або загострення кризових явищ є визначальним фактором, який часто відокремлює успішне подолання труднощів від катастрофічного сценарію. Політичне рішення в умовах політичної кризи приймається в середовищі високої невизначеності, дефіциту часу та обмеженої інформації, що створює значний тиск на осіб, які приймають рішення. Якість цих рішень залежить від кількох ключових

параметрів, серед яких професійна компетентність керівництва, наявність ефективних аналітичних механізмів, здатність до комунікації та рівень легітимності суб'єкта прийняття рішень.

Низька якість політичних рішень, зумовлена популізмом, ігноруванням експертних оцінок або підпорядкуванням вузькогруповим інтересам, неминуче призводить до поглиблення політичної кризи. Так, рішення про застосування сили проти мирних протестувальників без вичерпання політичних механізмів діалогу часто стає каталізатором радикалізації суспільства та перетворення локального конфлікту на загальнонаціональне протистояння [9]. Також критичним є фактор своєчасності рішень: запізніла реакція на виклики дозволяє політичній кризі набрати необоротного характеру, коли витрати на стабілізацію стають непідйомними для держави.

З іншого боку, високоякісні політичні рішення, що базуються на раціональному аналізі, враховують інтереси різних груп зацікавлених сторін та спрямовані на довгострокову стабілізацію, здатні локалізувати політичну кризу та запустити процеси відновлення. Такі рішення часто вимагають політичної волі для проведення непопулярних, але необхідних реформ, а також здатності до компромісу та побудови коаліцій. Комунікативна складова прийняття рішень також відіграє ключову роль. Навіть правильне рішення може бути сприйняте суспільством вороже, якщо не забезпечено прозоре пояснення його мотивів та очікуваних наслідків. В умовах політичної кризи важливо уникати рішень, які призводять до подальшої фрагментації суспільства або підриву конституційного ладу.

Ефективність рішень також залежить від інституційної спроможності держави їх реалізувати. Так, рішення, що не підкріплені ресурсами або адміністративним потенціалом, залишаються на папері і лише посилюють відчуття безпорадності влади. Крім того, в сучасному світі якість політичних рішень тісно пов'язана з дотриманням міжнародних стандартів та норм, оскільки ізоляціонізм може обмежити доступ до зовнішньої підтримки, необхідної для подолання політичної кризи [10]. Усе це підкреслює, що ефективність політичного курсу залежить не стільки від окремих кроків, скільки від якості управління, що вимагає переходу від ситуативного реагування до системної професійної діяльності. Саме такий інтегрований підхід знаходить своє втілення у спеціалізованій системі організації влади.

Політичний менеджмент у сучасному розумінні виступає ключовим інструментом регулювання суспільних процесів, являючи собою складну систему професійної діяльності суб'єктів політики, спрямовану на вироблення, прийняття та реалізацію управлінських рішень з метою досягнення визначених цілей розвитку держави та суспільства. На відміну від традиційного державного

управління, яке часто спирається на адміністративно-командні методи та ієрархічну підпорядкованість, політичний менеджмент акцентує увагу на стратегічному баченні, комунікативній взаємодії та мобілізації ресурсів, включаючи людський капітал, інформаційні потоки та інституційний потенціал[5]. Сутність політичного менеджменту полягає в здатності трансформувати політичну владу в ефективні управлінські дії, які забезпечують стабільність соціальної системи та її адаптацію до змінних умов зовнішнього та внутрішнього середовища. У межах регулювання суспільних процесів політичний менеджмент виконує низку критично важливих функцій, серед яких провідне місце посідає цільова функція, що передбачає визначення пріоритетів національного розвитку, та функція організаційна, яка забезпечує структурування політичної діяльності та координацію дій різних гілок влади і громадських інститутів.

Дієвість політичного менеджменту безпосередньо залежить від якості суб'єкт-об'єктних відносин, де суб'єктом виступають політичні лідери, партії, державні інституції, а об'єктом – суспільні групи, електорат та соціальні спільноти. Важливою характеристикою сучасного політичного менеджменту є його орієнтація на зворотний зв'язок, що дозволяє своєчасно коригувати курс розвитку в залежності від реакції суспільства на прийняті рішення. Це особливо актуально в умовах демократичних трансформацій, коли легітимність влади базується не на примусі, а на довірі громадян та їхній участі в управлінських процесах. Політичний менеджмент як інструмент регулювання неможливий без розвиненої комунікативної складової, оскільки саме через комунікацію відбувається трансляція цінностей, пояснення реформ та формування суспільного консенсусу [4]. В умовах інформаційного суспільства технології політичного менеджменту інтегрують медіа-ресурси, соціальні мережі та аналітику великих даних для моніторингу суспільних настроїв та прогнозування потенційних конфліктів.

Регулятивна функція політичного менеджменту також проявляється у здатності балансувати інтереси різних соціальних груп, запобігаючи поляризації суспільства та виникненню деструктивних конфліктів. Це досягається через механізми переговорного процесу, лобіювання законних інтересів та створення інклюзивних платформ для діалогу. Проте, політичний менеджмент стикається з низкою викликів, серед яких корупція, бюрократична інерція та низький рівень політичної культури, що можуть нівелювати зусилля навіть найкращих управлінських команд. Тому важливим аспектом є постійне вдосконалення професійної компетентності політичних менеджерів, впровадження етичних стандартів та забезпечення прозорості прийняття рішень.

Антикризовий менеджмент у політиці являє собою спеціалізований вид управлінської діяльності, який активізується в умовах загрози існуванню політичної системи, втрати легітимності влади або виникнення гострих соціальних конфліктів, що загрожують цілісності держави. Основна ідея антикризового менеджменту полягає не лише в ліквідації наслідків кризи, але й у своєчасній діагностиці передкризових симптомів, розробці превентивних заходів та мінімізації втрат для суспільства. На відміну від рутинного управління, антикризовий менеджмент функціонує в умовах дефіциту часу, високої невизначеності та обмеженості ресурсів, що вимагає від суб'єктів управління надзвичайної концентрації зусиль та рішучості [7]. Ключовою особливістю антикризового політичного менеджменту є його мобілізаційний характер, коли всі доступні інституційні та громадські ресурси об'єднуються для подолання загрози.

Принципи антикризового менеджменту формують етичний та операційний каркас дій політичних лідерів у складні періоди. Першочерговим принципом є законність, яка передбачає, що навіть в умовах надзвичайного стану дії влади мають залишатися в правовому полі, щоб уникнути свавілля та зберегти довіру до інституцій. Принцип пріоритетності безпеки людини та держави визначає ієрархію цілей, де збереження життя громадян та суверенітету стоїть вище за економічні чи політичні вигоди. Принцип прозорості та комунікації є критично важливим, оскільки інформаційний вакуум у період політичної кризи заповнюється чутками та панікою, що дестабілізує ситуацію ще більше.

Відкрита комунікація влади з суспільством дозволяє мобілізувати громадян на підтримку антикризових заходів та забезпечити соціальну солідарність. Принцип оперативності передбачає здатність приймати рішення в режимі реального часу та швидко реагувати на зміни обстановки, що вимагає гнучкості управлінських структур та делегування повноважень на місця. Принцип системності означає, що антикризові заходи не можуть бути фрагментарними, вони мають охоплювати всі сфери життя суспільства – від економіки до інформаційної безпеки, оскільки політична криза рідко буває ізольованою і зазвичай тягне за собою ланцюгову реакцію проблем [11]. Важливим принципом є також неупередженість та справедливість, адже розподіл тягаря політичної кризи має бути рівномірним, щоб уникнути соціального вибуху через відчуття дискримінації окремих груп.

Подолання політичної кризи передбачає реалізацію комплексу заходів для усунення першопричин конфлікту, а відновлення спрямоване на повернення системи до стану рівноваги та впровадження змін, що запобігатимуть повторенню політичної кризи в майбутньому. Ефективність

антикризового менеджменту оцінюється не лише швидкістю стабілізації, але й тим, наскільки вдалося зміцнити інституційну спроможність держави в результаті подолання випробувань. Помилки в антикризовому управлінні можуть коштувати державі втрати суверенітету або тривалого періоду стагнації, тому підготовка кадрового резерву для дій в кризових ситуаціях є стратегічним завданням національної безпеки.

Стратегії та технології подолання політичної кризи формуються на основі аналізу конкретних обставин, глибини конфлікту та доступних ресурсів, при цьому світовий та вітчизняний досвід демонструє широкий спектр підходів від жорстких силових методів до м'яких переговорних технологій. У світовій практиці одним із найбільш ефективних інструментів подолання політичних криз вважається технологія національного діалогу або круглого столу, яка дозволяє залучити всі зацікавлені сторони до вироблення компромісних рішень. Яскравим прикладом успішного застосування цієї технології є досвід Польщі кінця 1980-х рр., де переговори між владою та опозицією дозволили здійснити мирний транзит до демократії без громадянської війни. Аналогічні механізми використовувалися в Південно-Африканській Республіці під час ліквідації апартеїду, де комісії правди та примирення відіграли ключову роль у зціленні суспільних травм [6]. Стратегія поступових реформ, або еволюційний шлях, часто обирається в країнах зі стабільними інституціями, де криза має скоріше економічне або соціальне підґрунтя, а не екзистенційний характер для державності. В таких випадках застосовуються технології антикризового законодавства, тимчасові надзвичайні повноваження уряду та цільове фінансування проблемних секторів.

Досвід України у подоланні політичної кризи є унікальним через поєднання внутрішніх трансформаційних процесів із зовнішньою агресією Росії. Українська практика засвідчила ефективність технологій громадського тиску та мирних протестів як інструменту змусити владу до діалогу, що було продемонстровано під час Революції Гідності. Водночас, подальше подолання наслідків кризи вимагало впровадження складних технологій децентралізації влади, що дозволило знизити напругу між центром та регіонами та підвищити ефективність місцевого самоврядування [3]. Важливою складовою вітчизняної стратегії подолання політичної кризи стало використання міжнародної медіації та партнерства, залучення експертної підтримки від міжнародних організацій для розробки дорожніх карт реформ. Технології інформаційної безпеки відіграють вирішальну роль у сучасному подоланні політичної кризи, оскільки значна частина конфлікту переміщується у медіапростір.

Світовий досвід також свідчить про важливість технології люстрації та очищення влади від корумпованих елементів як умови відновлення довіри до

державних інституцій, хоча цей процес має бути ретельно збалансований, щоб не перетворитися на інструмент політичної помсти. В умовах війни Росії з Україною стратегія подолання політичної кризи тісно переплелася зі стратегією національного виживання, де політична єдність стала передумовою військової перемоги. Технології консолідації суспільства навколо національної ідеї, волонтерські рухи та цифровізація державних послуг стали тими інструментами, які дозволили українській політичній системі зберегти працездатність в умовах воєнного стану.

Висновки даного і перспективи подальших досліджень. Політика виступає складною динамічною системою, ефективність якої залежить від здатності адаптуватися до змін внутрішнього та зовнішнього середовища. Виникнення політичної кризи є наслідком дисбалансу між суспільними вимогами та можливостями влади, що загрожує стабільності держави та її легітимності. Глибокий аналіз причинно-наслідкових зв'язків свідчить, що подолання кризових явищ вимагає комплексного врахування як внутрішніх структурних вразливостей, так і зовнішніх геополітичних викликів. Якість політичних рішень та своєчасність реакції суб'єктів управління стають визначальними факторами запобігання ескалації конфлікту та мінімізації негативних наслідків. Антикризовий менеджмент, що базується на принципах законності, прозорості та системності, дозволяє трансформувати деструктивний потенціал політичної кризи у можливості для інституційних реформ.

В подальших наукових дослідженнях пропонується зосередити увагу на вивченні правових механізмів запобігання політичним кризам: аналіз ефективності конституційних та законодавчих інструментів кризового реагування в умовах воєнного стану.

Література

1. Гаврилюк К.К. Політична криза в сучасній Україні: причини виникнення та фактори розвитку. Випуск 3. 2019. URL: file:///C:/Users/Hard/Downloads/159099-Текст%20статті-347522-1-10-20190310.PDF (дата звернення: 11.01.2026).

2. Забєліна І.О. Форми політичних криз та механізми їх врегулювання: автореф. дис. ... канд. політ. наук: 23.00.02. Нац. ун.-т «Одеська юридична академія». Одеса, 2014. 18 с.

3. Інституційна (не) спроможність держави в Україні: як розірвати замкнене коло: монографія / кол. авт.: Галина Зеленько (кер., наук. ред.) та ін. Київ: ІПіЕнД ім. І.Ф. Кураса НАН України, 2025. 480 с.

4. Кармазіна М.С. Криза політична. Політична енциклопедія. Київ: Парламентське видавництво, 2011. С. 373–374.

5. Мацієвський Ю.В. Деякі аспекти вивчення феномена кризи у політичних дослідженнях. Політичний менеджмент. 2008. № 6. С. 16–29.

6. Політична безпека України: проблеми політичного і державного правління. Прогнозна оцінка, механізми забезпечення: монографія / за ред. чл.-кор. НАН України О.О. Рафальського, чл.-кор. НАН України О.М. Майбороди. Київ: ІПіЕнД ім. І.Ф. Кураса НАН України, 2023. 304 с.

7. Політичний процес у незалежній Україні: підсумки і проблеми. Київ: Інститут політичних і етнонаціональних досліджень ім. І.Ф. Кураса НАН України, 2021.704 с.

8. Політичні конфлікти та кризи: мобілізаційні чинники громадянської активності: монографія / Г.П. Щедрова, Г.В. Щолокова, Р.М. Ключник, А.О. Перфільєва, В.Ю. Медяник / за ред. Г.П. Щедрової. Дніпро: Університет імені Альфреда Нобеля, 2019. 200 с.

9. Системна криза в Україні: передумови, ризики, шляхи подолання: аналіт. доп. / Я.А. Жаліло, К.А. Кононенко, В.М. Яблонський та ін.; за заг. ред. Я.А. Жаліла. К.: НІСД, 2014. 132 с.

10. Теорія та практика державного управління: зб. наук. пр. Х.: Вид-во ХарРІ НАДУ «Магістр», 2015. Вип. 4 (51). 216 с.

11. Україна у пошуку стратегій суспільно-політичного розвитку. Київ: Інститут політичних і етнонаціональних досліджень ім. І.Ф. Кураса НАН України, 2019. 342 с.

Doctor of Pedagogical Sciences, Professor **Fedir Semenchenko,**
Kyiv National University of Construction and Architecture

POLITICAL CRISIS: CAUSES, CHARACTERISTICS, AND WAYS TO OVERCOME IT

The article examines the theoretical and methodological foundations of the political system's functioning and the mechanisms for regulating social processes under conditions of uncertainty. The author draws on a systems approach and neo-institutional theory to systematize the conceptual framework of a political crisis through an analysis of its nature, typology, phase dynamics, and communicative aspects. Particular attention is paid to the determinants of the emergence of crisis phenomena: internal institutional weakness, conflict among political elites, economic factors, social tension, and external geopolitical pressure, including hybrid threats. Based on political science analysis, the concepts of political conflict and crisis are distinguished, and the key principles of crisis management are identified: legality, the priority of human and state security, transparency, systematicity, promptness, and

fairness. In the context of contemporary challenges, the role of the quality of political decisions, the timeliness of response, and effective communication in overcoming destabilization is analyzed. Using Ukraine as an example, specific strategies for overcoming political crises are examined, including techniques for national dialogue, decentralization of power, lustration, information security, and societal consolidation in the context of war and digitalization. The necessity of transitioning from situational response to professional political management, implementing preventive mechanisms for early warning of political crises, and strengthening institutions is substantiated. The article argues for the need to shift from reactive measures to professional political management, to implement preventive mechanisms for early warning of political crises, and to strengthen the state's institutional capacity.

The article has interdisciplinary value for researchers of political theory, public administration specialists, practitioners engaged in the development of national security and crisis management strategies in the context of modern globalization, as well as for faculty and students in political science programs.

Keywords: politics; political systems; political conflict; political crisis; political decisions; political process; political management; crisis management.

REFERENCES

1. Havryliuk K.K. Politychna kryza v suchasnii Ukraini: prychyny vynyknennia ta faktory rozvytku. Vypusk 3. 2019. URL: file:///C:/Users/Hard/Downloads/159099-Tekst%20statti-347522-1-10-20190310.PDF (data zvernennia: 11.01.2026). {in Ukrainian}

2. Zabielina I.O. Formy politychnykh kryz ta mekhanizmy yikh vrehuliuvannia: avtoref. dys. ... kand. polit. nauk: 23.00.02. Nats. un.-t «Odeska yurydychna akademiia». Odesa, 2014. 18 s. {in Ukrainian}

3. Instytutsiina (ne) spromozhnist derzhavy v Ukraini: yak rozirvaty zamknene kolo: monohrafiia / kol. avt.: Halyna Zelenko (ker., nauk. red.) ta in. Kyiv: IPiEnD im. I.F. Kurasa NAN Ukrainy, 2025. 480 s. {in Ukrainian}

4. Karmazina M.S. Kryza politychna. Politychna entsyklopediia. Kyiv: Parlamentske vydavnytstvo, 2011. S. 373–374. {in Ukrainian}

5. Matsiievskyi Yu.V. Deiaki aspekty vyvchennia fenomena kryzy u politychnykh doslidzhenniakh. Politychnyi menedzhment. 2008. № 6. S. 16–29. {in Ukrainian}

6. Politychna bezpeka Ukrainy: problemy politychnoho i derzhavnoho pravlinnia. Prohnozna otsinka, mekhanizmy zabezpechennia: monohrafiia / za red. chl.-kor. NAN Ukrainy O.O. Rafalskoho, chl.-kor. NAN Ukrainy O.M. Maiborody. Kyiv: IPiEnD im. I.F. Kurasa NAN Ukrainy, 2023. 304 s. {in Ukrainian}

7. Politychnyў protses u nezalezhniў Ukraini: pidsumky i problemy. Kyiv: Instytut politychnykh i etnonatsionalnykh doslidzhen im. I.F. Kurasa NAN Ukraïny, 2021.704 s. {in Ukrainian}

8. Politychni konflikty ta kryzy: mobilizatsiini chynnyky hromadianskoi aktyvnosti: monohrafiia / H.P. Shchedrova, H.V. Shcholokova, R.M. Kliuchnyk, A.O. Perfilieva, V.Iu. Medianyk / za red. H.P. Shchedrovoi. Dnipro: Universytet imeni Alfreda Nobelia, 2019. 200 s. {in Ukrainian}

9. Systemna kryza v Ukraini: peredumovy, ryzyky, shliakhy podolannia: analit. dop. / Ya.A. Zhalilo, K.A. Kononenko, V.M. Yablonskyi ta in.; za zah. red. Ya.A. Zhalila. K.: NISD, 2014. 132 s. {in Ukrainian}

10. Teoriia ta praktyka derzhavnoho upravlinnia: zb. nauk. pr. Kh.: Vyd-vo KharRI NADU «Mahistr», 2015. Vyp. 4 (51). 216 s. {in Ukrainian}

11. Ukraina u poshuku stratehii suspilno-politychnoho rozvytku. Kyïv: Instytut politychnykh i etnonatsionalnykh doslidzhen im. I.F. Kurasa NAN Ukraïny, 2019. 342 s. {in Ukrainian}

DOI: 10.32347/2786-7269.2026.17.616-632
УДК 323.2+352
д.п.н., професор **Семенченко Ф.Г.,**
semenchenko_fh@knuba.edu.ua, ORID: 0000-0001-8485-7594,
Київський національний університет будівництва і архітектури

ПАРЛАМЕНТСЬКА ТА УРЯДОВА КРИЗА: ХАРАКТЕРНІ РИСИ ТА ОСОБЛИВОСТІ

Розглянуто сучасні підходи до розуміння політичної кризи в системі розподілу влади, а також механізми її виникнення та подолання у контексті теорії поділу влади та конституційного права. Акцентується увага на ключових аспектах функціонування державних інститутів, зокрема на забезпеченні балансу повноважень, ефективності взаємодії між законодавчою, виконавчою та судовою гілками влади, а також на збереженні легітимності влади в умовах глибоких криз. Особливу увагу приділено аналізу інституційних, соціально-економічних та зовнішньополітичних чинників, що впливають на загострення політичних протиріч. Досліджуються види криз (парламентська та урядова), які сприяють виявленню системних дисфункцій, а також інструменти запобігання їм, такі як конструктивний вотум недовіри та регулювання діяльності коаліцій. Підкреслюється важливість створення певних умов для стабілізації політичної системи, підтримки партійної дисципліни, а також забезпечення конструктивного діалогу між політичними силами.

Висвітлюються результати дослідження практик подолання політичних криз як за кордоном, так і в Україні, що дає змогу виокремити успішні приклади та потенційні виклики. Аналізуються питання конституційного устрою, розподілу повноважень між гілками влади, а також роль воєнного стану у трансформації політичних процесів. Пропонуються альтернативні шляхи щодо вдосконалення механізмів організації влади та антикризового менеджменту, зокрема шляхом законодавчого закріплення коаліційних угод, впровадження конструктивного вотуму недовіри та забезпечення незалежності Конституційного Суду. Підкреслюється, що ефективна система стримувань і противаг та адаптоване законодавство є ключовими умовами для досягнення політичної стабільності та покращення якості державного управління.

Ключові слова: політична криза; парламентська криза; урядова криза; антикризові заходи; антикризовий менеджмент.

Постановка проблеми. У нинішніх умовах трансформації політичних режимів та ускладнення системи стримувань і противаг питання інституційної стабільності органів державної влади набуває критичного значення для забезпечення сталого розвитку демократичних держав. Парламентська та урядова кризи виступають не лише як індикатори тимчасової дестабілізації політичної системи, а й як складні багатоаспектні явища, що охоплюють правові, політичні та соціально-економічні виміри функціонування публічної влади [11]. Попри значну кількість наукових праць, присвячених аналізу політичної нестабільності, у вітчизняному та зарубіжному науковому дискурсі досі відсутнє уніфіковане розуміння сутності та критеріїв ідентифікації зазначених криз, що унеможливлює вироблення ефективних механізмів їхнього своєчасного виявлення та подолання.

Часто межі між політичною доцільністю та конституційно-правовими процедурами розмиваються, що призводить до підміни понять, коли звичайні політичні розбіжності трактуються як інституційна криза, або навпаки, реальні загрози функціонуванню влади ігноруються через формальне дотримання процедурних норм. Така невизначеність створює ризики для легітимності державного управління, підриває довіру суспільства до інституцій демократії та може спровокувати тривалу стагнацію законодавчого процесу й параліч виконавчої влади, особливо в умовах коаліційних урядів чи змішаних форм правління. Відтак актуалізується необхідність глибокого теоретичного осмислення характерних рис та особливостей парламентських та урядових криз, виокремлення їхніх специфічних ознак від суміжних понять політичної конфліктології та конституційного права, що дозволить сформувати цілісну концептуальну модель аналізу таких станів та розробити науково обґрунтовані рекомендації щодо мінімізації їхніх деструктивних наслідків для державності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблематика парламентських та урядових криз в Україні посідає чільне місце у дослідженнях вітчизняних конституціоналістів, науковців, політологів оскільки нестабільність влади є хронічною рисою політичної системи держави періоду незалежності. Вагомий внесок у розуміння природи цих криз зробив Р. Балабан [4], який аналізує політичні технології та причини нестабільності коаліцій зокрема досліджуючи як боротьба політичних еліт та відсутність консенсусу призводять до дострокового припинення повноважень уряду та дострокових виборів. Конституційно правовий аспект проблеми всебічно розглянув Ю. Мацієвський [5]. Він зосередився на питаннях розмежування повноважень між гілками влади та виявив прогалини в Основному Законі які дозволяють маніпулювати процедурами вотуму недовіри або відставки кабінету міністрів. О. Стойко [10] у своїх наукових працях акцентував увагу на ролі

Конституційного Суду України як арбітра у вирішенні конфліктів між парламентом та урядом розглядаючи юридичні механізми подолання кризових ситуацій через тлумачення норм права та забезпечення верховенства конституції.

Історичний та політологічний контекст урядових криз висвітлює С. М'ясковський [6], який аналізує еволюцію інституту прем'єрства та вплив політичної культури на частоту змін урядів протягом незалежності України вказуючи на персоналізований характер політики. О. Рафальський [2] досліджує вплив партійної системи на стабільність уряду доводячи, що слабкість політичних партій та їхня залежність від олігархічних груп є ключовим фактором виникнення парламентських криз та неможливості сформувати стійку більшість.

Виклад основного матеріалу дослідження. Повномасштабна російська агресія поставила Україну перед безпрецедентними воєнно-політичними та економічними викликами. Це докорінно змінило рівень відповідальності органів публічної влади, поклавши на них завдання антикризового управління задля гарантування національної безпеки. В умовах воєнного стану держава виступає ключовим консолідатором, що координує діяльність правових, фінансових та управлінських інституцій на всіх рівнях публічного адміністрування. Проте ефективність реалізації зазначених координаційних функцій напряму залежить від внутрішньої стабільності та збалансованості самого конституційного механізму [1]. В умовах підвищеного навантаження на державний апарат існує ризик порушення встановлених балансів, коли зовнішні виклики можуть трансформуватися у внутрішні системні дисфункції, загрожуючи легітимності прийнятих рішень. Саме такий сценарій вимагає детального аналізу природи конфлікту всередині владного механізму.

Політична криза в системі розподілу влади являє собою складне багатоаспектне явище, яке виходить за межі звичайного політичного конфлікту і становить загрозу для стабільності функціонування державних інститутів та легітимності влади в цілому. У контексті теорії поділу влади політична криза розглядається не просто як тимчасове загострення суперечностей між політичними силами, а як системна дисфункція, коли механізми стримувань та противаг перестають забезпечувати ефективну взаємодію між законодавчою, виконавчою та судовою гілками влади. Сутність такого стану полягає у втраті здатності політичної системи адекватно реагувати на внутрішні та зовнішні виклики, що призводить до паралічу прийняття рішень або ж до реалізації рішень, які суперечать суспільним інтересам та конституційним нормам [5]. Ключовою ознакою політичної кризи в системі розподілу влади є порушення балансу повноважень, коли одна з гілок влади узурпує функції іншої або ж

відмовляється від виконання своїх конституційних обов'язків, що блокує нормальний державотворчий процес.

Важливо розуміти, що політична криза не завжди є негативним явищем у довгостроковій перспективі, оскільки вона може виступати каталізатором необхідних реформ та оновлення політичної системи, проте в момент свого загострення вона несе ризики демократичного регресу або навіть авторитарного транзиту. Інституційна спроможність держави під час кризи перевіряється на міцність, і саме від якості конституційного устрою та політичної культури залежить, чи зможе система трансформувати кризовий потенціал у конструктивні зміни, чи ж відбудеться її руйнування.

Переходячи до деталізації видів криз, необхідно чітко розмежувати поняття парламентської та урядової кризи, оскільки хоча вони часто є взаємопов'язаними, їхня природа та наслідки мають суттєві відмінності, що вимагає окремого аналізу в рамках теорії державного управління. Парламентська криза виникає безпосередньо в законодавчому органі і характеризується неможливістю парламенту виконувати свої основні функції, такі як ухвалення законів, формування бюджету або контроль за діяльністю виконавчої влади. Це може бути спричинено відсутністю стабільної більшості, постійними блокуваннями пленарних засідань, масовими відставками депутатів або ж втратою кворуму.

Природа парламентської кризи полягає в інституційному блокуванні представницького органу, що робить неможливим легітимне вираження волі виборців через законодавчі акти, і часто це пов'язано з високою фрагментацією партійної системи та неможливістю досягнення консенсусу з ключових питань державної політики. Натомість урядова криза зосереджена на виконавчій владі і проявляється у неможливості сформувати стабільний кабінет міністрів, масових відставках уряду, вотумі недовіри або ж нездатності прем'єр-міністра забезпечити координацію дій міністерств [9]. Урядова криза часто є наслідком парламентської, особливо в парламентських та змішаних республіках, де уряд політично відповідальний перед парламентом, проте вона може виникати і автономно, наприклад, через внутрішньопартійні конфлікти в правлячій коаліції або скандальні відставки ключових міністрів, що підривають авторитет кабінету.

Варто також зазначити, що спільною рисою парламентської та урядової кризи є дестабілізація політичного режиму та загроза дострокових виборів, проте об'єкт кризи різний. Так, у першому випадку це законодавчий орган як інститут представництва, у другому – орган виконавчого управління. Відмінність також полягає у механізмах подолання: парламентська криза часто вирішується через розпуск парламенту або зміну регламенту, тоді як урядова

криза може бути подолана шляхом відставки уряду, зміни прем'єр-міністра або переформатування коаліції без розпуску законодавчого органу. У президентських республіках дані кризи можуть бути більш ізольованими одна від одної, оскільки уряд формується президентом і менше залежить від парламентської більшості, тоді як у парламентських системах криза уряду майже автоматично тягне за собою кризу парламенту і навпаки, створюючи ефект доміно [7]. Розуміння цієї диференціації є критично важливим для аналізу політичної стабільності, оскільки методи діагностики та інструменти врегулювання для кожного типу кризи вимагають різних конституційних та політичних рішень.

Ігнорування відмінностей між парламентською та урядовою кризою може призвести до неправильної оцінки глибини політичної нестабільності та обрання неефективних стратегій виходу з неї, що лише поглибить інституційну дисфункцію. Важливо також розглядати поняття конструктивного вотуму недовіри як інструменту запобігання урядовій кризі, коли парламент може звільнити уряд лише за умови обрання нового голови, що стабілізує ситуацію. Крім того, слід розрізняти кадрову кризу в уряді, коли змінюються особи, та програмну кризу, коли змінюється політичний курс, оскільки остання має глибші наслідки для суспільства. Взаємодія між цими двома типами криз часто визначає тривалість політичної нестабільності, адже затяжна урядова криза неминуче впливає на законодавчий процес, гальмуючи реформи, необхідні для виходу з економічних чи соціальних труднощів, і для більш глибокого розуміння динаміки цих процесів необхідно звернутися до систематизації кризових явищ та аналізу факторів, що їх породжують.

Класифікація політичних криз та аналіз передумов їх виникнення в демократичних державах дозволяє систематизувати знання про природу нестабільності та розробити превентивні механізми, що є завданням першочергової важливості для політичної науки. За критерієм глибини та охоплення кризи поділяють на інституційні, системні та соціальні, де інституційні стосуються порушення роботи конкретних державних органів, системні загрожують самому ладу та конституційному строю, а соціальні відображають розкол у суспільстві, який транслюється у політику через поляризацію електорату[4]. За тривалістю виокремлюють гострі короткострокові кризи, які можуть бути вирішені швидкими політичними рішеннями, та хронічні, що можуть тривати роками, поступово руйнуючи довіру до демократії та створюючи запит на сильну руку.

Основні передумови виникнення криз у демократичних державах кореняться як у конституційному устрої, так і у соціально-економічному контексті, та їх аналіз вимагає комплексного підходу. До інституційних

передумов належать недосконалість виборчої системи, яка призводить до надмірної фрагментації парламенту і неможливості створення стабільної коаліції, а також розмитість конституційних повноважень між гілками влади, що створює ґрунт для постійних конфліктів компетенції та юридичних колізій. Важливим фактором є також партійна система: високий рівень поляризації партій, наявність радикальних антисистемних сил та слабка дисципліна всередині партій значно підвищують ризик кризи, оскільки унеможливлюють довгострокове планування та виконання зобов'язань перед виборцями. Соціально-економічні передумови включають різке погіршення економічної ситуації, зростання безробіття, соціальну нерівність та корупційні скандали, які підривають легітимність еліт та штовхають населення на вуличні акції протесту.

Зовнішньополітичні фактори, такі як геополітичний тиск, військові загрози або втручання міжнародних суб’єктів у внутрішні справи, також можуть виступати тригерами внутрішньої політичної нестабільності, особливо в країнах, що перебувають на етапі трансформації або мають слабкі інститути безпеки. Особливу увагу слід приділяти культурному аспекту. Так, низький рівень політичної культури, несприйняття компромісу, толерантність до порушення закону та орієнтація на силові методи вирішення суперечок роблять демократичну систему вразливою до кризових явищ навіть за наявності формально досконалих інститутів [11]. У демократичних державах кризи часто виникають на стику електоральних циклів, коли старі домовленості вже вичерпали себе, а нові ще не сформовані, що створює вакуум відповідальності.

Потрібно зазначити, що наявність кризових передумов не гарантує настання кризи, якщо існують ефективні запобіжники у вигляді незалежного судочинства, сильного громадянського суспільства, вільних медіа та активної участі населення у прийнятті рішень, які здатні своєчасно сигналізувати про проблеми та мобілізувати суспільство на конструктивний діалог. Водночас, слід розуміти, що громадський контроль та превентивні механізми є лише частиною системи безпеки. Для забезпечення стабільності критично важливо, щоб потенційні конфлікти мали чіткий алгоритм вирішення в межах правового поля, а не виходили за його межі. Коли превентивні заходи не спрацьовують і політична напруга зростає, саме формалізовані правила стають останнім бар'єром на шляху до хаосу, забезпечуючи легітимність та передбачуваність зміни влади [2]. Саме в даному контексті ключову роль відіграють законодавчо закріплені норми, що регулюють взаємодію гілок влади у критичних ситуаціях.

Інституційні процедури ініціювання урядової кризи становлять фундаментальний елемент системи стримувань і противаг у парламентських та змішаних республіках, визначаючи межі відповідальності виконавчої влади

перед законодавчим органом. Інституційні процедури, що запускають процес політичної нестабільності, чітко регламентовані основним законом держави та регламентами законодавчих органів, що дозволяє відрізнити справжню конституційну кризу від звичайної політичної конфронтації. Ключовим механізмом тут виступає вотум недовіри, який може бути індивідуальним щодо окремого міністра або колективним щодо всього складу уряду або прем'єр-міністра. У сучасному конституційному праві розрізняють деструктивний вотум недовіри, коли парламент просто висловлює незгоду з діяльністю уряду без пропозиції альтернативи, та конструктивний вотум недовіри, який вимагає одночасного обрання нового голови уряду більшістю голосів депутатів. Конструктивний вотум, вперше запроваджений у Основному законі Федеративної Республіки Німеччина 1949 р., має на меті запобігти ситуації, коли парламент може знищити уряд, не будучи здатним сформувати новий, що призводить до вакууму влади та політичного застою.

Процедура ініціювання вотуму недовіри зазвичай вимагає підписів певної кількості депутатів, наприклад однієї чверті або третини від конституційного складу парламенту. Після цього настає період очікування, який дає сторонам час на переговори та пошук компромісу перед голосуванням. Цей період може тривати від 48 годин до кількох тижнів залежно від юрисдикції. Якщо вотум недовіри підтримується необхідною більшістю, зазвичай абсолютною більшістю від конституційного складу, уряд зобов'язаний подати у відставку[7]. Іншим механізмом ініціювання кризи є добровільна або примусова відставка уряду. Відставка може бути наслідком особистої заяви прем'єр-міністра, що часто трапляється після виборчих поразок партії або втрати підтримки коаліції, або ж результатом рішення глави держави про звільнення уряду у випадках, передбачених конституцією, наприклад, при неможливості сформування уряду протягом визначеного терміну.

Ключовим моментом є те, що у багатьох країнах відставка уряду не означає автоматичного припинення його повноважень до моменту формування нового кабінету, що забезпечує безперервність державного управління. Третім ключовим інструментом є розпуск парламенту, який часто виступає як противага вотуму недовіри. Право розпуску парламенту зазвичай належить главі держави, але воно не є абсолютним і обмежене конкретними конституційними умовами, такими як неодноразове відхилення парламентом програми уряду, неможливість формування уряду протягом тривалого часу або прийняття парламентом резолюції про саморозпуск. У деяких системах, наприклад у Великій Британії до 2011 р. і знову після 2022 р., дострокові вибори могли бути ініційовані урядом для отримання нового мандату довіри, тоді як у інших, як-от у Німеччині, канцлер може поставити питання про довіру

до себе, і у разі відмови парламенту президент може розпустити Бундестаг. Даний механізм слугує способом вирішення глухого кута у взаємовідносинах між законодавчою та виконавчою владою, повертаючи рішення безпосередньо до виборців. Однак зловживання правом розпуску може призвести до нестабільності, тому Конституції часто містять заборону на розпуск парламенту у певні періоди, наприклад, під час воєнного стану, імпічменту президента або протягом останніх місяців каденції.

Роль політичних коаліцій та партійних фракцій у стабілізації парламентської більшості є вирішальною для функціонування парламентської демократії, оскільки саме коаліційна угода часто стає основою, що утримує уряд від падіння в умовах політичних штормів. У багатопартійних системах жодна партія рідко отримує абсолютну більшість місць у парламенті, що змушує політичні сили об'єднуватися для формування уряду. Стабільність такої більшості залежить від низки факторів, серед яких ключове місце посідає деталізація коаліційної угоди [10]. Цей документ, хоча часто не має прямої юридичної сили у національному законодавстві, виступає як політичний контракт, що фіксує розподіл портфелів, пріоритети законодавчої діяльності та механізми вирішення суперечок між партнерами. Чим детальнішою є угода, тим менше простору залишається для майбутніх конфліктів, хоча надмірна жорсткість може ускладнити реагування на непередбачувані кризові ситуації. Партійні фракції всередині парламенту виступають основними структурними одиницями, що забезпечують дисципліну голосування. Інститут партійних організаторів, або так званих «координаторів», відповідає за забезпечення присутності депутатів на голосуваннях та їх підтримку позиції фракції. Порушення фракційної дисципліни може призвести до виключення депутата з фракції, втрати ним керівних посад у комітетах або навіть дострокового припинення повноважень в країнах з імперативним мандатом.

Стабілізація більшості також досягається через систему комітетів парламенту, де голова ключового комітету, наприклад бюджетного, часто належить до партії-партнера по коаліції, що забезпечує баланс впливу. Важливим елементом є регулярні координаційні ради між лідерами коаліційних партій, де обговорюються спірні питання до їх винесення на пленарні засідання, що дозволяє уникнути публічних конфліктів та демонстрації слабкості уряду. Однак коаліційна стабільність є динамічною категорією, яка залежить від рейтингу партій, економічної ситуації та суспільних настроїв. Кризи часто виникають, коли одна з партій коаліції вважає, що її електоральні інтереси страждають від спільного управління, або ж коли ідеологічні розбіжності стають непримиренними. Для запобігання цьому використовуються механізми ротації кадрів, перегляду коаліційної угоди або створення спеціальних

медіаційних груп[6]. Також важливу роль відіграє опозиція, яка може намагатися розколоти коаліцію, пропонуючи окремим її членам вигідніші умови співпраці або використовуючи контрольні функції парламенту для дискредитації уряду. У даному контексті стабілізація більшості вимагає не лише формальних домовленостей, але й постійної комунікації, управління очікуваннями та здатності до компромісу.

Зарубіжний досвід подолання урядових та парламентських криз на прикладі країн Європи демонструє різноманіття підходів до забезпечення стабільності виконавчої влади та законодавчого процесу, що дозволяє виокремити найбільш ефективні моделі регулювання конфліктів. Німецька модель, заснована на концепції раціоналізованого парламентаризму, вважається однією з найбільш стабільних у Європі завдяки механізму конструктивного вотуму недовіри, закріпленому у статті 67 Основного закону. Даний інструмент дозволив уникнути частих змін урядів, характерних для Веймарської республіки, оскільки для усунення канцлера парламент повинен обрати нового кандидата тією ж більшістю голосів. Єдиний випадок успішного застосування цього механізму стався у 1982 р., коли Гельмут Коль змінив Гельмута Шмідта, що підтвердило ефективність процедури у критичний момент [3]. Французька модель П'ятої республіки поєднує сильну виконавчу владу з інструментами контролю парламенту, зокрема статтею 49.3 Конституції, яка дозволяє уряду прийняти закон без голосування, якщо парламент не проголосує вотум недовіри протягом 24 годин. Цей механізм, хоча й критикується за обмеження обговорення, дозволяє уряду долати парламентський опір та уникати законодавчих блокад, що було неодноразово використано під час криз, наприклад, урядом Елізабет Борн у 2022-2023 рр. для прийняття пенсійної реформи.

У Великій Британії, де діє неписана конституція, регулювання криз базується на конституційних конвенціях та Законі про розпуск та скликання парламенту 2022 р. Тут ключовим є питання довіри до уряду: якщо уряд програє голосування з питання довіри, він зобов'язаний піти у відставку або ініціювати дострокові вибори. Криза 2019 р., пов'язана з Brexit, показала гнучкість системи, коли прем'єр-міністр Борис Джонсон домігся дострокових виборів для подолання парламентського блокування [10]. Італійський досвід, навпаки, демонструє приклад високої нестабільності, де часта зміна урядів стала нормою через крихкість коаліцій та вплив зовнішніх факторів, включаючи президента республіки, який відіграє ключову роль у формуванні нових кабінетів під час криз. Однак навіть в Італії спостерігається тенденція до збільшення термінів життя урядів завдяки більш відповідальним коаліційним угодам.

Аналіз європейського досвіду свідчить, що найбільш ефективними є ті системи, які поєднують чіткі конституційні процедури вирішення конфліктів з гнучкими політичними механізмами переговорів. Раціоналізований парламентаризм, як у Німеччині та Іспанії, виявився більш стійким до криз, ніж класичний парламентаризм, оскільки він ускладнює процес усунення уряду без наявності готової альтернативи. Водночас інструменти на кшталт французької статті 49.3 дозволяють забезпечити законодавчу продуктивність у періоди політичної турбулентності, хоча й можуть загострювати суспільне невдоволення. Ключовим уроком для будь-якої демократичної системи є необхідність балансу між стабільністю уряду та його підзвітністю парламенту. Надмірна стабільність може призвести до авторитарних тенденцій та відриву влади від суспільства, тоді як надмірна нестабільність підриває довіру до інститутів та гальмує економічний розвиток. Тому сучасні конституційні реформи у Європі часто спрямовані на вдосконалення саме цих механізмів, зокрема через уточнення процедур вотуму недовіри, регулювання статусу коаліційних угод та посилення ролі парламентських комітетів у контролі за виконавчою владою.

Дослідження історичних прикладів урядових та парламентських криз в Україні за період з 2004 р. по 2026 р. демонструє складну динаміку взаємодії гілок влади, яка часто виходила за межі конституційного поля, створюючи прецеденти нестабільності. Початковим етапом сучасної історії українського парламентаризму стало прийняття Закону України від 8 грудня 2004 р., яким було внесено зміни до Конституції України. Цей документ, що став результатом політичного компромісу під час Помаранчевої революції, трансформував форму правління з президентсько-парламентської на парламентсько-президентську республіку.

Ключовою новацією стало формування коаліції депутатських фракцій у Верховній Раді, яка пропонувала прем'єр-міністра, проте механізми стабільності такої коаліції залишилися недосконалими [1]. Вже у 2006 р., після перших виборів за новими правилами, спостерігалося формування так званої «помаранчевої коаліції», яка швидко розпалася через внутрішньополітичні суперечності між президентом Віктором Ющенком та прем'єр-міністром Юлією Тимошенко. Це призвело до політичної кризи 2007 р., коли Президент видав указ про дострокове припинення повноважень Верховної Ради, що було сприйнято частиною парламентської більшості як спроба узурпації влади. Криза була подолана лише після тривалих переговорів і проведення дострокових парламентських виборів у вересні 2007 р., що засвідчило відсутність дієвих інструментів вирішення конфлікту між главою держави та законодавчим органом без дострокових виборів.

Наступний етап нестабільності припав на 2008–2009 рр., коли світова фінансова криза наклалася на внутрішньополітичне протистояння, паралізувавши прийняття антикризового бюджету та блокуючи роботу уряду. Кульмінацією цього періоду стало рішення Конституційного Суду України від 1 жовтня 2010 р. № 13-рп/2010, яким було скасовано політреформу 2004 р. і повернено дію Конституції в редакції 1996 р. Це рішення, прийняте вже за президентства Віктора Януковича, значно посилило повноваження глави держави, фактично ліквідувавши інститут коаліції у його тодішньому вигляді та зробивши уряд повністю залежним від волі Президента, що створило передумови для авторитарного курсу та накопичення суспільної напруги.

Події 2013–2014 рр., відомі як Євромайдан або Революція Гідності, стали найглибшою системною кризою, яка переросла у зміну конституційного ладу. Втеча президента Януковича у лютому 2014 р. створила унікальний прецедент вакууму влади, коли Верховна Рада України була змушена взяти на себе функції установчих зборів, відновивши дію Конституції 2004 р. та сформувавши тимчасовий уряд. Даний період характеризувався надзвичайною концентрацією повноважень у парламенті, що було виправдано екстраординарними обставинами, але створило ризики для балансу влади в майбутньому. У постреволюційний період 2014–2019 рр. Україна зіткнулася з хронічною нестабільністю урядових коаліцій. Коаліція «Європейська Україна», сформована після виборів 2014 р., постійно перебувала під загрозою розпаду через розбіжності між фракціями «Блок Петра Порошенка», «Народний фронт» та іншими партнерами. Це призвело до відставки уряду Арсенія Яценюка у 2016 р. та формування нового уряду під керівництвом Володимира Гройсмана[11]. Протягом цього періоду спостерігалося явище, коли загроза вотуму недовіри уряду використовувалася як інструмент політичного тиску, що гальмувало проведення структурних реформ, необхідних для співпраці з МВФ та ЄС. Особливу гостроту мала проблема «політичної міграції» депутатів, коли обранці змінювали фракційну приналежність без дострокових виборів, що підривало довіру виборців до інституту парламентаризму.

Період з 2019 р. по 2024 р., пов'язаний з президентством Володимира Зеленського, ознаменувався новою хвилею кризових явищ, хоча й іншого характеру. Отримання партією «Слуга народу» конституційної більшості у 2019 р. формально усунуло загрозу парламентської кризи через розпад коаліції, оскільки була створена монобільшість. Однак це призвело до іншого типу дисбалансу, коли контрольна функція парламенту щодо уряду була суттєво ослаблена [8]. Критичною точкою напруги стала криза навколо Конституційного Суду України у жовтні 2020 р., коли КСУ визнав неконституційними окремі положення закону про декларування активів, що

фактично паралізувало роботу антикорупційної інфраструктури. Дане рішення викликало різку реакцію президента та міжнародних партнерів і призвело до спроб ініціювати дострокове припинення повноважень суддів КСУ, що було оцінено експертами як загроза незалежності судової влади.

Подальший розвиток подій у 2022–2026 рр. відбувається в умовах воєнного стану, запровадженого після повномасштабного вторгнення росії 24 лютого 2022 р. Воєнний стан наклав суворі обмеження на політичну діяльність, заборонивши проведення виборів та мітингів, що фактично «закріпило» поточний склад парламенту та уряду. Хоча це забезпечило необхідну стабільність управління в критичний період, воно також загострило питання легітимності влади в довгостроковій перспективі та обмежило можливості для громадського контролю.

Шляхи мінімізації ризиків виникнення парламентської та урядової кризи потребують комплексного підходу, що охоплює як зміни до законодавства, так і трансформацію політичної культури. Першочерговим завданням є вдосконалення механізмів формування та функціонування коаліцій у Верховній Раді. Чинне законодавство має чітко визначити правовий статус коаліційної угоди, надавши їй обов'язкової сили для всіх учасників, та встановити чіткі процедури виходу з коаліції, щоб уникнути раптового розпаду більшості. Доцільно законодавчо закріпити заборону на індивідуальне виходження депутатів з фракції без втрати мандата, окрім випадків, передбачених законом, що допоможе боротьбі з «політичною міграцією» та забезпечить стабільність парламентської більшості. Важливим кроком стане реформування виборчої системи з метою балансу між пропорційним представництвом та персональною відповідальністю депутатів перед виборцями. Впровадження ефективних механізмів відкликання депутата за невиконання програми або втрату довіри виборців могло б стати стримуючим фактором для популістських рішень [5]. Щодо урядової стабільності, необхідно переглянути процедуру вотуму недовіри Кабінету Міністрів, унеможлививши її використання як інструмент щоденного політичного тиску. Можливим рішенням є введення конструктивного вотуму недовіри, коли парламент може відправити уряд у відставку лише за умови одночасного обрання нового прем'єр-міністра, що практикується у багатьох європейських країнах і запобігає тривалим періодам безвладдя.

Удосконалення законодавчого регулювання також має стосуватися взаємодії між Президентом, Парламентом та Урядом. Чітке розмежування повноважень та введення механізмів медіації конфліктів між гілками влади, наприклад, через створення спеціальної парламентсько-президентської комісії з врегулювання криз, дозволить уникати ситуацій, коли конфлікт вирішується

через дострокові вибори або вуличні протести [4]. Особливу увагу слід приділити зміцненню незалежності Конституційного Суду України, оскільки багато криз останніх років були спровоковані або загострені через втручання політиків у діяльність суду.

В умовах воєнного стану та повоєнного відновлення необхідна адаптація законодавства до нових реалій, зокрема, чітке визначення процедур повернення до повноцінного функціонування демократичних інститутів після скасування воєнного стану, включаючи графік проведення виборів та відновлення повноважень органів місцевого самоврядування. Антикризовий менеджмент у державному управлінні в умовах воєнного стану та повоєнного відновлення вимагає впровадження спеціалізованих механізмів швидкого реагування, які поєднують централізацію оперативних рішень із збереженням демократичних процедур контролю. Ключовим елементом такої системи є створення міжвідомчих антикризових штабів із чітко визначеними повноваженнями, що діють на основі попередньо затверджених протоколів дій для різних сценаріїв дестабілізації [2]. Ефективність роботи таких штабів забезпечується реалізацією спеціальних антикризових заходів, що включають економічне регулювання, соціальний захист та заходи безпеки. Дані структури мають забезпечувати координацію між центральними та місцевими органами влади, мінімізуючи бюрократичні затримки у прийнятті рішень, водночас зберігаючи прозорість через обов'язкове публічне звітування про використання ресурсів. Цифровізація процесів державного управління виступає фундаментальним інструментом антикризового менеджменту, оскільки електронні системи документообігу, цифрові платформи закупівель ProZorro значно знижують корупційні ризики, усуваючи людський фактор із критичних процедур розподілу ресурсів.

Антикризовий менеджмент також передбачає розробку сценарного планування з моделюванням різних варіантів розвитку подій, що дозволяє завчасно готувати нормативно-правові акти для їх оперативного прийняття у разі загострення ситуації. Розширення повноважень антикорупційних органів має супроводжуватися впровадженням механізмів їхньої звітності перед суспільством, щоб уникнути ризику політизації їхньої діяльності. Зокрема, доцільно законодавчо закріпити незалежне фінансування НАБУ, САП та ВАКС через захищені статті державного бюджету, які не можуть бути змінені без погодження з міжнародними партнерами-донорами.

Вагомим чинником антикризового менеджменту є розвиток інститутів громадського контролю, зокрема через цифрові платформи зворотного зв'язку, де громадяни можуть повідомляти про корупційні прояви або неефективне використання коштів. Така система «народного аудиту» доповнює офіційні механізми контролю та підвищує довіру суспільства до дій влади в кризових

умовах [11]. Адаптація законодавства до повоєнних реалій має передбачати введення перехідних положень, які б регулювали поступове відновлення повноважень органів місцевого самоврядування, починаючи з тих територій, де безпекова ситуація дозволяє проводити вибори. При цьому антикризовий менеджмент вимагає збереження гнучкості у прийнятті рішень. Законодавство має містити механізми тимчасового делегування повноважень у разі неможливості функціонування окремих інститутів, але з чіткими часовими рамками та умовами повернення до стандартних процедур.

Висновки даного і перспективи подальших досліджень. Парламентська криза – це зміна співвідношення сил в органі законодавчої влади, коли парламент не в змозі приймати необхідні рішення або вони розходяться з волею більшості громадян країни. Урядова криза виражається у втраті виконавчою владою контролю над ситуацією і вирішується кадровими перестановками в уряді або його відставкою в повному складі. Парламентська та урядова кризи, попри їхню взаємопов'язаність, мають різну інституційну природу та вимагають диференційованих механізмів виявлення й врегулювання в межах теорії поділу влади. Системний аналіз засвідчує, що ключовим показником політичної кризи виступає порушення балансу повноважень між гілками влади, що призводить до інституційної стагнації та втрати легітимності державних інститутів.

Компаративний аналіз європейського досвіду доводить, що найбільш стійкими до кризових явищ є системи раціоналізованого парламентаризму, які поєднують конструктивний вотум недовіри з гнучкими політичними механізмами коаліційних переговорів. Історичний аналіз української практики 2004–2026 рр. виявляє хронічну нестабільність, зумовлену недосконалістю конституційного дизайну, слабкістю партійної системи та впливом зовнішніх чинників, зокрема воєнного стану. Ефективне подолання парламентської та урядової кризи вимагає комплексного підходу, що включає законодавче закріплення статусу коаліційних угод, реформування виборчої системи та посилення незалежності конституційної юстиції. В умовах воєнного стану та повоєнної відбудови антикризовий менеджмент має базуватися на поєднанні централізації оперативних рішень із цифровізацією управлінських процесів та збереженням демократичних процедур громадського контролю. Критично важливим є забезпечення балансу між урядовою стабільністю та парламентською підзвітністю, оскільки надмірна концентрація влади або, навпаки, інституційна фрагментація однаково загрожують демократичній трансформації.

В подальших наукових дослідженнях пропонується зосередити увагу на вивченні ефективних правових механізмів запобігання та врегулювання парламентсько-урядових криз в умовах трансформації політичної системи.

Література

1. Адаптивні зміни політичного поля України в умовах війни: монографія / за ред. О.О. Рафальського, О.М. Майбороди. Київ: ІПіЕнД ім. І.Ф. Кураса НАН України, 2023. 672 с.

2. Зеленько Г.І. Трансформація політичного режиму в Україні під час повномасштабної російської збройної агресії // Адаптивні зміни політичного поля України в умовах війни: монографія / за ред. О.О. Рафальського, Майбороди О.М.. Київ: ІПіЕнД ім. І. Ф. Кураса НАН України, 2023. С.8-11.

3. Комарова Т.В. Цінності Європейського Союзу як орієнтир для правової системи України. Проблеми законності. 2024. Спецвип. С. 61–82.

4. Кризи політичного розвитку в Україні: причини, зміст і способи нівелювання: монографія / авт. кол.: Г.І. Зеленько (керівник, наук. ред.), Р.В. Балабан, С.Г. Брехаря, Л.Л. Кияниця, О.Ю. Кондратенко, Н.В. Кононенко, Т.М. Ляшенко. Київ: ІПіЕнД ім. І. Ф. Кураса НАН України, 2022. 352 с.

5. Мацієвський Ю.В. Політична криза: теоретичний аналіз. Наукові записки. Серія «Політичні науки». «Демократичний транзит в Україні: підсумки електорального циклу 2004–2007 рр.». Острог: Вид-во Національного університету «Острозька Академія». 2008. Вип. 3. С. 146–161.

6. М’ясковський С.О. Удосконалення механізмів державного антикризового управління в Україні. Наукові читання – 2019: збірник тез доповідей науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених ННІ. Житомир: ЖНАЕУ, 2019. С. 203–204.

7. Новакова О.В. Політична модернізація та розвиток демократичних процесів у сучасній Україні: Монографія. Луганськ: Вид-во СНУ ім. В. Даля. 2006. 428 с.

8. Політичні трансформації сучасного суспільства: зб. Матеріалів V Всеукр. наук.-практ. конф. (м. Полтава, 22 лютого 2024 р.). Полтава: ПДАУ, 2024. 370 с.

9. Політологія: навчальний енциклопедичний словник довідник для студентів ВНЗ I-IV рівнів акредитації / за наук. ред. д-ра політ. н. Н.М. Хоми. Львів: «Новий Світ – 2000». 2014. 779 с.

10. Стойко О.М. Трансформація політичних інститутів у сучасних перехідних суспільствах: монографія. Київ: Ін-т держави і права ім. В.М. Корецького НАН України; «Логос», 2016. 416 с.

11. Суспільно-політичні трансформації у XXI столітті: локальні, національні та глобальні контексти: збірник матеріалів Всеукраїнської науково-практичної конференції (18 квітня 2024 р.) / під заг. ред. М. Трофименка. К.: МДУ, 2024. 186 с.

Doctor of Pedagogical Sciences, Professor **Fedir Semenchenko,**
Kyiv National University of Construction and Architecture

PARLIAMENTARY AND GOVERNMENTAL CRISIS: CHARACTERISTICS AND FEATURES

This paper examines contemporary approaches to understanding political crises within the system of separation of powers, as well as the mechanisms of their emergence and resolution in the context of the theory of separation of powers and constitutional law. The focus is on key aspects of the functioning of state institutions, in particular on ensuring the balance of powers, the effectiveness of interaction between the legislative, executive, and judicial branches of government, as well as on preserving the legitimacy of government in conditions of deep crises. Particular attention is paid to the analysis of institutional, socio-economic, and foreign policy factors that contribute to the intensification of political conflicts. The study examines types of crises (parliamentary and governmental) that help identify systemic dysfunctions, as well as tools for preventing them, such as a constructive vote of no confidence and the regulation of coalition activities. The importance of creating certain conditions for stabilizing the political system, maintaining party discipline, and ensuring constructive dialogue among political forces is emphasized.

The results of research on practices for overcoming political crises both abroad and in Ukraine are highlighted, allowing for the identification of successful examples and potential challenges. The article analyzes issues of the constitutional system, the distribution of powers among the branches of government, and the role of martial law in the transformation of political processes. Alternative approaches are proposed to improve mechanisms for the organization of government and crisis management, in particular by enshrining coalition agreements in law, introducing a constructive vote of no confidence, and ensuring the independence of the Constitutional Court. It is emphasized that an effective system of checks and balances and adapted legislation are key conditions for achieving political stability and improving the quality of public administration.

Keywords: political crisis; parliamentary crisis; government crisis; anti-crisis measures; crisis management.

REFERENCES

1. Adaptyvni zminy politychnoho polia Ukrainy v umovakh viiny: monohrafiia / za red. O.O. Rafalskoho, O.M. Maiborody. Kyiv: IPiEnD im. I.F. Kurasa NAN Ukrainy, 2023. 672 s. {in Ukrainian}

2. Zelenko H.I. Transformatsiia politychnoho rezhymu v Ukraini pid chas povnomasshtabnoi rosiiskoi zbroinoi ahresii // Adaptyvni zminy politychnoho polia Ukrainy v umovakh viiny: monohrafiia / za red. O.O. Rafalskoho, Maiborody O.M.. Kyiv: IPiEnD im. I. F. Kurasa NAN Ukrainy, 2023. S.8-11. {in Ukrainian}

3. Komarova T.V. Tsinnosti Yevropeiskoho Soiuzu yak oriientyr dlia pravovoi systemy Ukrainy. Problemy zakonnosti. 2024. Spetsvyp. S. 61–82. {in Ukrainian}

4. Kryzy politychnoho rozvytku v Ukraini: prychyny, zmist i sposoby niveliuvannia: monohrafiia / avt. kol.: H.I. Zelenko (kerivnyk, nauk. red.), R.V. Balaban, S.H. Brekharia, L.L. Kyianytsia, O. Yu. Kondratenko, N.V. Kononenko, T.M. Liashenko. Kyiv: IPiEnD im. I. F. Kurasa NAN Ukrainy, 2022. 352 s. {in Ukrainian}

5. Matsiievskyi Yu.V. Politychna kryza: teoretychnyi analiz. Naukovi zapysky. Seriia «Politychni nauky». «Demokratychnyi tranzyt v Ukraini: pidsumky elektoralnoho tsyklu 2004–2007 rr.». Ostroh: Vyd-vo Natsionalnoho universytetu «Ostrozka Akademiia». 2008. Vyp. 3. S. 146–161. {in Ukrainian}

6. Miaskovskyi S.O. Udoskonalennia mekhanizmiv derzhavnoho antykryzovoho upravlinnia v Ukraini. Naukovi chytannia – 2019: zbirnyk tez dopovidei naukovo-praktychnoi konferentsii naukovo-pedahohichnykh pratsivnykiv, doktorantiv, aspirantiv ta molodykh vchenykh NNI. Zhytomyr: ZhNAEU, 2019. S. 203–204. {in Ukrainian}

7. Novakova O.V. Politychna modernizatsiia ta rozvytok demokratychnykh protsesiv u suchasnii Ukraini: Monohrafiia. Luhansk: Vyd-vo SNU im. V. Dalia. 2006. 428 s. {in Ukrainian}

8. Politychni transformatsii suchasnoho suspilstva: zb. Materialiv V Vseukr. nauk.-prakt. konf. (m. Poltava, 22 liutoho 2024 r.). Poltava: PDAU, 2024. 370 s. {in Ukrainian}

9. Politolohiia: navchalnyi entsyklopedychnyi slovnyk dovidnyk dlia studentiv VNZ I-IV rivniv akredytatsii / za nauk. red. d-ra polit. n. N.M. Khomy. Lviv: «Novyi Svit – 2000». 2014. 779 s. {in Ukrainian}

10. Stoiko O.M. Transformatsiia politychnykh instytutiv u suchasnykh perekhidnykh suspilstvakh: monohrafiia. Kyiv: In-t derzhavy i prava im. V.M. Koretskoho NAN Ukrainy; «Lohos», 2016. 416 s. {in Ukrainian}

11. Suspilno-politychni transformatsii u KhKhI stolitti: lokalni, natsionalni ta hlobalni konteksty: zbirnyk materialiv Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii (18 kvitnia 2024 r.) / pid zah. red. M. Trofymenka. K.: MDU, 2024. 186 s. {in Ukrainian}

Зміст

Архітектура та містобудування

Вадімов В.М. *До питання методології відновлення житлового середовища українських міст на основі сталого розвитку* ……... 3
Габрель М.М., Лисяк Н.М., Габрель Т.М., Форкуца Л.С. *Синдроми гірських районів у структурі завдань просторової організації та розвитку регіону українських Карпат* ……. 18
Гомон О.О., Пантюхіна О.Ю. *Архітектура як носій публічних і демократичних цінностей у контексті сталого розвитку міського середовища* ……... 46
Жирак Р.М., Огоньок Ю.В., Шевчук М.О. *Методи оптимізації містобудівних систем у контексті сталого розвитку та вимог чинного законодавства* …... 56
Жумбей С.Б. *Регуляторні механізми інтеграції нової архітектури в історичні ареали та зони охорони культурної спадщини* ……. 76
Івашко Ю.В., Дмитренко А.Ю. *Пристосування міського особняка під громадську функцію як засіб збереження пам'ятки архітектури (на прикладі особняка ф. Терещенка у місті Києві)* ……... 91
Овсянкін О.П., Носаль С.С. *Інноваційні індустріальні та мобільні технології будівництва у післявоєнному відновленні України: транспортно-логістичний вимір* …….. 103
Печененко О.В. *Фактори просторової організації сталих функціональних елементів у зоні впливу великого міста* …….. 113
Самойлович В.В., Пекер А.Й. *Дизайн екстер'єрів будівель при відновленні житлового середовища в містах України* …….. 125

Будівництво та цивільна інженерія

Балабан О.М. *Ключові показники результативності (KPI) організаційних та технологічних змін* …… 137
Безлюбченко О.С., Апатенко Т.М., Шишкін Е.А. *Інтегровані підходи до проектування carbon-neutral житлових районів: на прикладі європейських кейсів* ……. 149
Веркалець С.М. *Оптимізація технологічних процесів зведення будівель шляхом суміщення монтажних і опоряджувальних робіт із застосуванням сучасних матеріалів: організаційно-технологічні рішення та нормативно-правове забезпечення* ……... 165
Дудар І.Н. *Як зробити енергонезалежним місто Вінницю* ……... 180
Іванина О.М. *Засади формування аналітично-технологічної моделі інтеграції цифрових технологій у систему управління процесами промислового будівництва* …….. 187
Козак А.А. *Науково-методичні засади формалізації взаємодії організаційних і управлінських процесів у контексті системних трансформацій* ……. 200
Кузьміч Я.Л. *Аналіз ефективності стратегічного управління в контексті цифровізації та динамічних змін середовища* …… 213

Малихін М.О. *Концептуальні підходи до оптимізації організаційно-технологічних процесів у будівельному девелопменті* …….. 226
Манзяк О.В. *Мікроклімат житлових будівель та його залежність від якості огороджувальних конструкцій і систем ОВК (опалення, вентиляції, кондиціювання) у контексті енергоефективності та комфорту мешканців* …… 239
Науменко Є.В. *Формування цифрово-аналітичних моделей управління часовими параметрами інфраструктурних проєктів на основі синергетичного застосування BIM-технологій та методу критичного шляху* ……. 247
Науменко К.В. *Алгоритмічне моделювання та верифікація методів визначення тривалості інженерної підготовки будівництва в умовах типових і нетипових проєктних конфігурацій* …… 260
Пасєков А.Д. *Цифрові алгоритми оптимізації управління житловими проєктами: інтеграція BIM, ERP та CRM* ……. 273
Пелехатий Р.М. *Інтеграція цифрових технологій в систему управління проєктами на стадіях планування, виконання та постпроєктного моніторингу* …… 285
Приходько О.О., Жалдак Р.Ю., Прусов Д.Е. *Трансформація системи технічного регулювання будівництва в умовах впровадження інформаційного моделювання та обов'язкового науково-технічного супроводу* ……... 298
Chystiakov Artem, Kirichenko Daria, Kázsmér Michal, Surianinov Mykola, Janka Kovacikova *Structural design and topology optimisation of a truss, produced using additive manufacturing from wood-based polymer composites* …….. 312
Чуприна Ю.А. *Концептуалізація та інтегративно-когнітивне відтворення організації будівельної діяльності як нелінійної складної адаптивної системи з динамічною техніко-технологічною структурою* ……. 329
Штиль А.М. *Моделювання інтегрованої цифрової платформи підтримки прийняття управлінських рішень для багатокритеріального оцінювання ефективності будівельних проєктів* ……... 342

Геодезія та землевпорядкування

Боднар С.П. *Визначення робочої зони кутів повороту бар-кодової рейки на основі робастної оцінки повторних вимірювань* …… 355
Бондар С.А., Сіренко Б.А., Булгаков А.А. *застосування БПЛА при інвентаризації земель* …… 371
Гринішак М.Я., Михайлишин В.П., Гера О.В., Олеськів Р.Є., Дорош Л.І. *Геодезичний контроль технічного стану пам'ятки архітектури в м. Івано-франківську* ……. 377
Ісаєв О.П., Бондар С.А., Чуланов П.О. *Застосування тензодатчиків в моніторингу несучих елементів будівельних конструкцій* …… 393
Кирилюк В.П., Рожі Т.А. *Практична підготовка майбутніх фахівців з геодезії та землеустрою* ……. 405

Литвиненко І.В., Лізунова А.П. *Суб'єктний склад системи моніторингу земель в Україні* …….. 418
Манцевич Ю.М., Бабій В.В. *Вплив змін містобудівного законодавства на навчальний процес із застосуванням цифрових технологій* …….. 428
Томашевський В.В., Нестеренко О.В. *Стратегія багатосенсорного збору геопросторових даних для об'єктів зі складними руйнуваннями* …….. 442

Економіка

Вовкович Ю.В. *Формування системи інформаційно-аналітичної підтримки управління за відхиленнями* ……... 456
Гура Є.Д. *Формування системи інформаційно-аналітичного забезпечення стратегічного прийняття управлінських рішень у парадигмі випереджаючого розвитку* ……. 469
Дубенський О.М. *Система критеріїв оцінювання результативності внутрішнього трансферу технологій та інновацій у діяльності підприємств будівельної галузі* …. 482
Дубінін Д.В. *Теоретико-прикладні аспекти системної класифікації рівнів цифрового розвитку: якість, інтеграція, вплив на організацію будівництва* …. 494
Іванова Т.М., Мостовенко О.О. *Міжнародний досвід організації оплати праці у контексті післявоєнної відбудови економіки України* ……... 509
Лич В.М., Куценко А.С. *Методичні підходи до вибору стратегій забезпечення конкурентоспроможності підрядних будівельних підприємств* …….. 523
Мовчан М.М. *Стратегічні детермінанти цифрової трансформації систем управління витратами у діяльності будівельних підприємств* …… 536
Названов Д.В. *Фінансово-інвестиційні інструменти стимулювання екологізації житлового будівництва* ……... 547
Новак Є.В., Галунка О.Д. *Теоретичні підходи та передумови забезпечення технічної прийнятності у будівництві як основа трансформації системи управління якістю* …. 561

Менеджмент

Човнюк Ю.В., Приймаченко О.В., Зварич І.А., Зварич О.А., Чередніченко О.П. *Застосування методів прогнозування по часовим рядам у задачах формування ефективно функціонуючої мережі складів великих міст України* ……... 572

Політологія

Перегуда Є.В. *Консеративна політична думка в Україні: історія та сучасність* …. 585
Семенченко Ф.Г. *Політична криза: причини, особливості та шляхи подолання* …. 601

Публічне управління та адміністрування

Семенченко Ф.Г. *Парламентська та урядова криза: характерні риси та особливості* …… 616

Наукове видання

ПРОСТОРОВИЙ РОЗВИТОК

Науковий збірник

Випуск 17

Має свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації в Міністерстві юстиції України (серія КВ №24065-13905Р від 05 травня 2019 року).

Тематична спрямованість збірника, за якою публікуються наукові праці – спеціальності: **033. Філософія; 051. Економіка; 052. Політологія; 073. Менеджмент; 191. Архітектура та містобудування; 192. Будівництво та цивільна інженерія; 193. Геодезія і землеустрій; 281. Публічне управління та адміністрування.**

Визнаний МОН України як фахове видання категорії «Б» за спеціальностями: **051, 073, 191, 192, та 193** (Наказ МОН України №1309 від 25 жовтня 2023 року), а також за **052** спеціальністю (Наказ МОН України від 26.06.2024 № 920).

Збірник зареєстровано в міжнародних каталогах наукових видань та науково-метричних базах даних: **Index Copernicus International (ICI); CrossRef; Google Scholar; Наукова періодика України.**

Вимоги, яких слід дотримуватись в подальшому, для оформлення рукописів статей для опублікування в збірнику наведено у попередніх випусках №№1-3, а також у збірнику «Містобудування та територіальне планування», випуски №№81-83.

Перелік розсилки випусків збірника наведено у випуску за №3.

З випусками збірника можна буде ознайомитись на сайті **http://www.nbuv.gov.ua** національної бібліотеки НАН України ім. В.І. Вернадського, на сайті **library.knuba.edu.ua** бібліотеки КНУБА та на сайті редколегії збірника s**pd.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 26.03.2026 р. Формат 60x84 1/16.
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.