

DOI: 10.32347/2076-815x.2025.90.342-354

УДК 69.003:658.5

к.т.н., доцент **Малихін М.О.**,

malykhin.mo@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-9721-2733,

Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ

ОСОБЛИВОСТІ ТА ПЕРЕДУМОВИ ПОБУДОВИ ПРОЦЕСІВ ОРГАНІЗАЦІЇ ТА АДМІНІСТРУВАННЯ БУДІВНИЦТВОМ ЯК СКЛАДОВОЇ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ

У сучасних умовах трансформації будівельної галузі особливого значення набуває питання формування процесів організації та адміністрування будівництвом як невід'ємної складової життєвого циклу проєкту. Будівництво характеризується складною багаторівневою структурою, де кожна стадія від ідеї до введення об'єкта в експлуатацію вимагає чіткої координації, управлінської узгодженості та системного контролю. Одним із ключових викликів є зростаюча складність технологічних, організаційних і нормативних аспектів, що зумовлює потребу у створенні гнучких адміністративних механізмів, орієнтованих на сталий розвиток і відповідність сучасним міжнародним стандартам.

Організаційно-адміністративні процеси у будівництві мають подвійний характер: з одного боку, вони визначають логіку реалізації завдань, з іншого – впливають на ефективність функціонування усієї системи управління проєктом. Ключовим завданням стає пошук оптимального поєднання управлінських структур, інформаційно-комунікаційних інструментів та інноваційних методів контролю, що забезпечують адаптивність системи в умовах постійних змін. Це особливо актуально в умовах цифровізації, коли традиційні підходи до адміністрування потребують модернізації з урахуванням BIM-технологій, автоматизованих систем моніторингу та принципів сталого розвитку.

Ключові слова: Будівництво; адміністрування; організація; життєвий цикл; управління; ефективність; цифровізація; інновації.

Постановка проблеми: Будівництво як багатофункціональна сфера економіки охоплює значну кількість процесів, які потребують ретельного управління та скоординованого адміністрування. В умовах динамічного розвитку ринку будівельних послуг традиційні підходи до організації будівельного виробництва вже не забезпечують необхідного рівня ефективності та прозорості. Це зумовлює потребу в пошуку нових підходів, які дозволять підвищити результативність діяльності на всіх стадіях життєвого циклу об'єкта.

Проблема ускладнюється впливом зовнішніх факторів, таких як економічна нестабільність, зміна нормативної бази, інтеграція з міжнародними стандартами та активна цифровізація. Водночас внутрішні фактори – організаційна структура підприємств, рівень кваліфікації управлінського персоналу, наявність сучасних інформаційних систем – також відіграють важливу роль у формуванні процесів адміністрування.

Мета статті полягає у розкритті особливостей та передумов побудови процесів організації та адміністрування будівництвом як складової життєвого циклу проєкту, а також у визначенні основних чинників, які впливають на їх формування та ефективність. У статті прагнемо узагальнити існуючі наукові підходи, виявити недоліки у сучасних практиках управління та запропонувати напрями удосконалення організаційно-адміністративних процесів у будівництві. Особлива увага приділяється інтеграції інноваційних технологій, цифрових рішень та адаптації вітчизняних практик до міжнародних стандартів, що дозволить забезпечити конкурентоспроможність галузі в довгостроковій перспективі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій: У науковій літературі значна увага приділяється проблемам організації та управління будівельними процесами. Дослідники підкреслюють, що ефективність будівництва значною мірою залежить від інтеграції управлінських, фінансових та технологічних механізмів. Праці українських та зарубіжних науковців зосереджені на дослідженні методів планування, контролю та адміністрування, які забезпечують раціональний розподіл ресурсів та оптимізацію витрат. У центрі уваги перебувають моделі життєвого циклу будівельних проєктів, які розглядають будівництво як комплекс взаємопов'язаних етапів.

Виклад основного матеріалу: Організація та адміністрування будівництвом у сучасних умовах виступають невід'ємною складовою життєвого циклу будівельного проєкту. Їхня сутність полягає у створенні чітко структурованих процесів, які дозволяють координувати ресурси, забезпечувати узгодженість дій усіх учасників та досягати кінцевих результатів у визначені строки й з необхідною якістю. Особливості такого управління проявляються у поєднанні технічних, економічних та організаційних рішень, що формують єдиний механізм регулювання діяльності від планування до експлуатації об'єкта. Передумови побудови процесів організації та адміністрування закладаються на рівні стратегічного планування проєкту. Йдеться про визначення потреб інвесторів, формування бюджетних обмежень, вибір земельної ділянки, проведення техніко-економічного обґрунтування та прогнозування ризиків.

Організаційно-адміністративні процеси мають багаторівневий характер і включають координацію виконавців, управління ланцюгами постачання, контроль за виконанням робіт і дотриманням нормативно-правової бази. Вони повинні будуватися на основі принципів гнучкості та адаптивності, адже будівельні проєкти зазвичай функціонують у змінному середовищі з великою кількістю непередбачуваних факторів [1].

Рисунок 1 відображає узагальнену структуру організації та адміністрування будівництвом як складової життєвого циклу.



Рис. 1. Система організації та адміністрування будівництвом у межах життєвого циклу проєкту (розроблено автором на основі [1])

На глобальному рівні інституційні передумови визначаються тенденціями гармонізації будівельного права та інтеграції в європейський і світовий ринок. Наприклад, директиви ЄС щодо енергоефективності будівель, екологічної безпеки та стандартів якості безпосередньо впливають на методи адміністрування проєктами у країнах, які прагнуть відповідати міжнародним вимогам. Національні нормативи, у свою чергу, створюють базу для регулювання будівельних процедур: від видачі дозволів і ліцензування до визначення правил охорони праці та екологічного моніторингу. Корпоративні стандарти компаній, особливо тих, що працюють у сегменті девелопменту великих інфраструктурних об'єктів, транслують ці вимоги у внутрішні політики та процедури.

Окремої уваги заслуговує питання впливу стандартів управління якістю (ISO 9001), інформаційного моделювання (ISO 19650) та екологічних норм (ISO 14001) на структуру побудови адміністративних процесів. Їх застосування дозволяє будівельним компаніям зменшувати ризики, підвищувати ефективність комунікації та формувати прозорість звітності. Водночас надмірна зарегульованість може знижувати гнучкість організаційних систем, що особливо небезпечно в умовах високої динамічності ринку [2].

Інституційні фактори, які визначають передумови адміністрування, мають складний взаємозв'язок із процесами оцінки вартості та ризиків. Для опису цієї залежності можна застосувати економіко-математичну модель, яка поєднує нормативні витрати, ризики невиконання норм і рівень транзакційних витрат. Формально це можна представити так:

Формула 1.

$$C_{adm} = \sum_{i=1}^n (R_i \times \alpha_i + N_i \times \beta_i) + T_{ext}, \quad (1)$$

де C_{adm} – сумарні витрати на організацію та адміністрування, R_i – ризик невідповідності нормативам на i -му етапі, N_i – нормативні вимоги до i -го етапу, α_i, β_i – вагові коефіцієнти, що відображають пріоритетність ризику та нормативів, T_{ext} – транзакційні витрати, пов'язані з інституційними взаємодіями. Ця формула підкреслює, що адміністрування у будівництві є не лише процедурою контролю, а й процесом оптимізації витрат за умови дотримання правових і нормативних рамок.

Важливою передумовою ефективного адміністрування будівельних процесів є також гармонізація національних стандартів із міжнародними. Тут постає питання методів оцінки зрілості інституційного середовища. Застосовується підхід індексного аналізу, коли оцінюються показники прозорості регуляторних процедур, надійності правозастосування та

відповідності технічних норм. Наприклад, для оцінки рівня інституційної зрілості можна запропонувати індекс:

Формула 2.

$$I_{inst} = \frac{\sum_{j=1}^m (Q_j \times w_j)}{\sum_{j=1}^m w_j}, \quad (2)$$

де I_{inst} – інтегральний індекс інституційної зрілості, Q_j – якісна оцінка j -го показника (від 0 до 1), w_j – ваговий коефіцієнт важливості j -го показника, m – кількість оцінюваних характеристик.

Використання цього індексу дозволяє визначити, наскільки нормативні фактори є сприятливими для побудови організаційних процесів у конкретному середовищі [3].

Для більшої наочності доцільно розглянути таблицю 1, яка вказує на інституційні фактори, що впливають на організацію будівництва у країнах із різними рівнями розвитку будівельної галузі.

Таблиця 1.

Порівняльна характеристика інституційних факторів у будівельному адмініструванні (розроблено автором на основі [3])

Параметр	Країни ЄС (наприклад, Німеччина)	Україна	Країни, що розвиваються (наприклад, Індія)
Стандарти управління якістю	ISO 9001, ISO 19650, ISO 14001	Частково впроваджені	Обмежене застосування
Регуляторна прозорість	Висока	Середня	Низька
Цифровізація процедур	Розвинена (e- permitting)	На стадії розвитку	Локальні рішення без системності
Судовий захист контрактів	Ефективний	Частковий	Неефективний
Рівень транзакційних витрат	Низький	Середній	Високий

Для глибшого розуміння взаємозв'язку між інституційними передумовами та організаційно-адміністративними результатами доцільно представити рисунок 2 [4]. Він демонструє, що якість адміністрування будівельними процесами прямо корелює з рівнем інституційної зрілості середовища: від нормативної бази та прозорості регуляторних процедур до цифрової інтеграції та зниження транзакційних витрат.

Сучасне будівництво перебуває на етапі активної цифрової трансформації, і саме ця обставина визначає ключові особливості організації та адміністрування будівельними процесами. Інтеграція цифрових інструментів — таких як інформаційне моделювання будівель (BIM), корпоративні системи управління ресурсами (ERP), модулі управління постачанням (SCM) та

аналітичні системи моніторингу (ВІ-панелі, IoT-платформи) — змінює саму логіку управління життєвим циклом об'єкта.

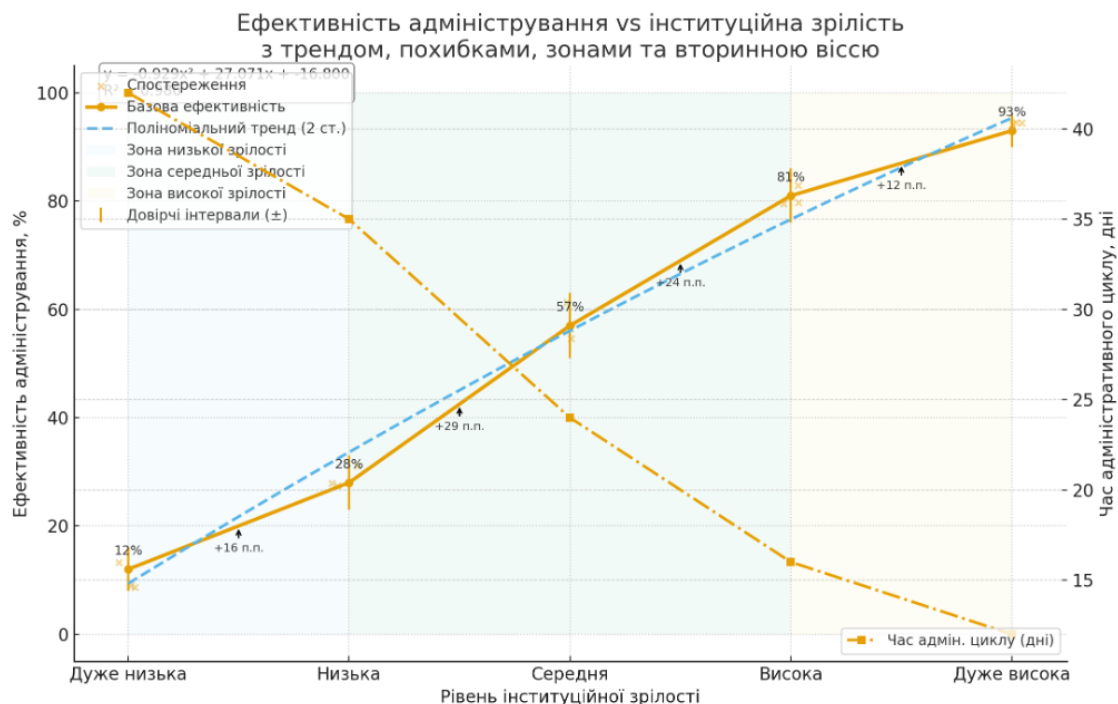


Рис. 2. Графік залежності ефективності адміністрування будівництвом від інституційної зрілості (розроблено автором на основі [4])

ВІМ-технології формують фундамент для інтеграції даних, дозволяючи об'єднувати інформацію про архітектурні рішення, конструктивні елементи, інженерні системи й ресурси у єдину цифрову модель. Як зазначає Чуприна Ю.А. (2021), ВІМ створює “цифровий двійник” об'єкта, який супроводжує його на всіх етапах життєвого циклу. [5].

ERP-системи виконують іншу роль: вони забезпечують координацію фінансових, матеріальних і кадрових потоків, інтегруючи дані ВІМ-моделі з бухгалтерськими та управлінськими контурами підприємства. Як показують дослідження Гелпін, саме ERP-платформи дозволяють синхронізувати планові дані з фактичними, створюючи передумови для оптимізації бюджетного адміністрування та зниження транзакційних витрат [6].

Системи моніторингу в реальному часі, що базуються на IoT-пристроях і ВІ-панелях, дають можливість адміністраторам проєктів не лише фіксувати виконання робіт, але й прогнозувати відхилення. Наприклад, Пенья-Мора показує, що впровадження інтегрованих панелей управління ризиками дозволяє скоротити час реагування на кризові ситуації на 30–40% [7]. Це означає, що адміністрування перестане бути функцією перевірки і перетворюється на механізм попереджувального управління.

З точки зору формалізації впливу цифрових інструментів на адміністративні процеси, можна використати таку модель:

Формула 3.

$$E_{adm} = \frac{\sum_{k=1}^p (BIM_k \times \lambda_1 + ERP_k \times \lambda_2 + MON_k \times \lambda_3)}{C_{tot}}, \quad (3)$$

де E_{adm} – ефективність адміністративних процесів, BIM_k – внесок BIM-інструментів у показники k -го процесу, ERP_k – внесок ERP-систем у показники k -го процесу, MON_k – внесок систем моніторингу, $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ – вагові коефіцієнти значущості, C_{tot} – загальні витрати на адміністрування/ Ця формула відображає, що інтеграція цифрових інструментів підвищує ефективність адміністративних функцій не лише за рахунок автоматизації, а й завдяки зменшенню витрат на координацію й контроль.

Щоб оцінити економічний ефект від впровадження цифрових інструментів у процеси адміністрування будівництвом, можна застосувати модель, що враховує співвідношення витрат на цифровізацію та приросту продуктивності.

Формула 4.

$$ROI_{dig} = \frac{(P_{after} - P_{before}) - C_{dig}}{C_{dig}} \times 100\%, \quad (4)$$

де ROI_{dig} – рентабельність інвестицій у цифрові інструменти, P_{after} – продуктивність після впровадження, P_{before} – продуктивність до впровадження, C_{dig} – витрати на цифровізацію.

Цей показник дає змогу визначити, наскільки ефективним є використання BIM, ERP чи IoT з точки зору фінансово-економічного адміністрування.

Другий аспект — оцінка впливу цифрових інструментів на рівень ризиків. Для цього доцільно застосувати модель, що інтегрує коефіцієнти цифрової зрілості компанії та ймовірність виникнення відхилень.

Для того щоб продемонструвати взаємозв'язки між різними цифровими інструментами, які впливають на організаційно-адміністративні процеси у межах життєвого циклу будівельного об'єкта, доцільно представити рисунок 3. Він відображає послідовність інтеграції BIM, ERP, SCM, IoT та BI-рішень у єдину систему управління [8].



Рис. 3. Взаємозв'язок цифрових інструментів в адмініструванні будівництвом
(розроблено автором на основі [8])

Щоб підтвердити ефективність застосування цифрових інструментів у будівельному адмініструванні, варто навести порівняльну таблицю 2. У ній відображено основні ефекти від впровадження BIM, ERP, IoT та BI, їхні вимірювані результати та відповідні наукові джерела. Це дозволяє узагальнити переваги цифрової інтеграції та зробити акцент на практичних наслідках.

Координація в будівельному проєкті — це не просто обмін повідомленнями між підрядниками й замовником, а керована система узгодження дій, в якій часові, ресурсні та якісні обмеження постійно приводяться до спільного знаменника. У межах життєвого циклу об'єкта вона виконує роль «динамічного клею», що утримує разом планувальні моделі, календарні графіки, логістичні маршрути, кошторисні рішення та правила приймання робіт.

Координаційна система повинна будуватися з урахуванням часової чутливості. Формула 5 (часова латентність координації).

$$\tau_{coord} = \frac{\sum_{i=1}^L w_i d_i}{\kappa \mu} + \phi(\rho), \quad (6)$$

де L — кількість управлінських вузлів (ланок погодження), d_i — середня затримка на i -й ланці, w_i — ваговий коефіцієнт критичності цієї ланки, k — коефіцієнт паралелізації рішень (чим більше паралельних повноважень, тим більша k), μ — пропускна здатність інформаційного каналу (обсяг опрацьованих заявок/год), ρ — завантаження каналу, $\phi(\rho)$ — штраф за перевантаження (зростає нелінійно, наприклад, як $\rho^2/(1-\rho)$ у наближенні до 1). Мета управління — тримати τ_{coord} нижче порогового значення, співставного з технологічним тактом критичних робіт.

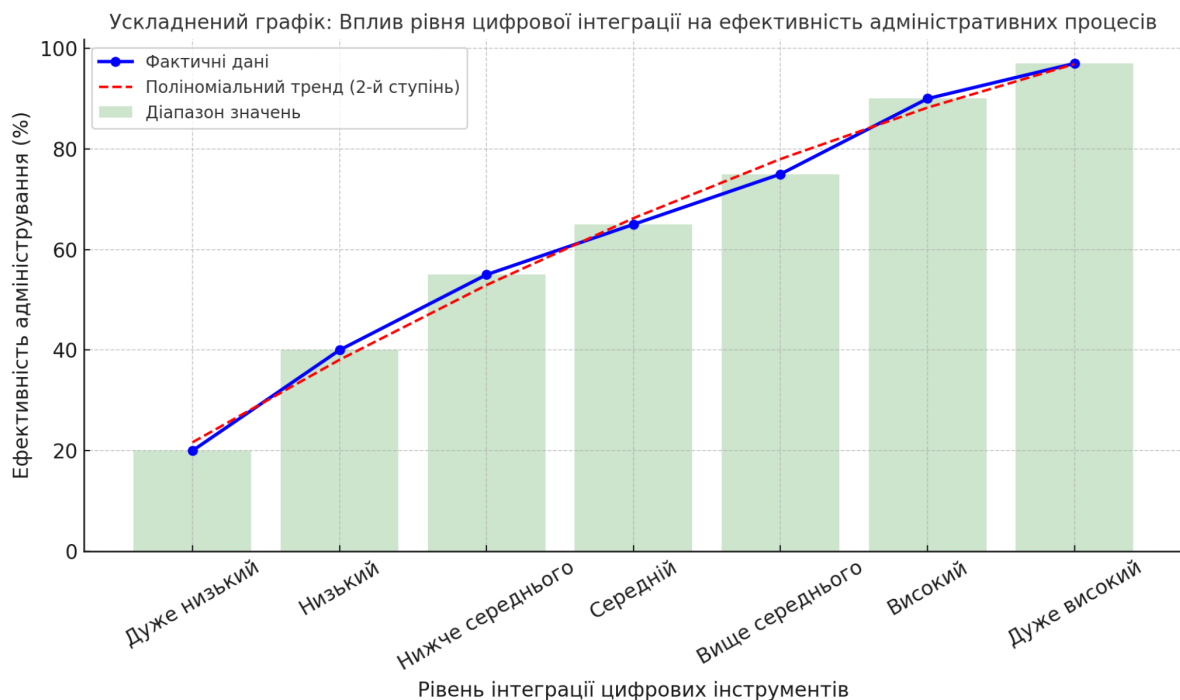


Рис. 4. Графік впливу рівня цифрової інтеграції на ефективність адміністративних процесів (розроблено автором на основі [9])

Оскільки ресурсні збої є типовим джерелом каскадних відхилень, механізми координації мають передбачати швидкий перерозподіл ресурсів між чергами робіт з урахуванням штрафів за зупинки і переїзди. У спрощеному вигляді це можна сформулювати як задачу мінімізації сумарного часово-вартісного відхилення за обмежень на доступність бригад і техніки, де управлінське рішення — це вектор перерозподілу ресурсів між фронтами робіт на найближчий період.

Формула 6 (перерозподіл ресурсів під невизначеністю)

$$\min_{\Delta_r} \sum_{k=1}^K (\alpha_k |\Delta t_k| + \beta_k c_k \|\Delta r_k\| 1) \text{ s.t. } A \Delta_r \geq b, \quad 0 \leq r + \Delta_r \leq r^{\max}, \quad (7)$$

де Δr_k — зміна ресурсного профілю для k -го фронту робіт, Δt_k — очікуване відхилення терміну, c_k — питомі витрати на переміщення/переналаштування, α_k, β_k — ваги пріоритетів часу і вартості, A і b кодують технологічні залежності та мінімальні потреби, $r^{\max}$ — верхні межі доступності. Норма $\|x\|_1$ стимулює «розріджені» перерозподіли, обмежуючи хаотичні мікрорухи ресурсів [10].

Трансформація механізмів координації під впливом ризиків має сенс лише тоді, коли метрики фіксують покращення у зрозумілих вимірах. Нижче наведена таблиця 2, яка вказує саме на те як змінюються акценти залежно від рівня невизначеності середовища, які канали взаємодії стають домінантними, з якою періодичністю доцільно синхронізувати зусилля і які метрики дають найбільш чутливий сигнал про успіх координації.

Таблиця 2.

Узагальнення механізмів координації за рівнями невизначеності
(розроблено автором на основі [10])

Рівень невизначеності	Основний фокус координації	Канали взаємодії	Типова частота синхронізацій	Типові управлінські артефакти
Низький	Підтримання планово-фактичної відповідності, стабільність такту	Регламентовані наради, електронна поштова звітність	Щотижнево	календар-план, чек-листи приймання
Середній	Гнучке перерозподілення ресурсів, контроль вузьких місць	Диспетчерські канали, месенджери, короткі стендапи	2–3 рази/тиждень	матриця пріоритетів робіт, «односторінковий» статус
Високий	Швидке прийняття рішень на місці, обхідні сценарії, захист критичного шляху	Прямі канали «майданчик → керівник зміни», гаряча лінія ескалації	Щодня/зміна	протоколи прискореної ескалації, тимчасові допуски якості

Механізми координації повинні мати «пам'ять» про прийняті рішення: фіксацію не лише результатів, а й причинно-наслідкових зв'язків, щоб наступні цикли могли скористатися досвідом уникнення повторних пасток. Це підвищує прогностну якість коротких горизонтів і робить систему, що навчається, менш чутливою до однакових типів збурень у майбутньому. У підсумку координація з «пошта-нарад» перетворюється на дисципліну керованого ритму: короткі такти, явні пріоритети, контроль латентності τ_{coord} , свідоме балансування α_k та β_k у періоди шторму й повернення до ширших оглядів після проходження пікового навантаження.

Література

1. Савенко В.І., Лівінський О.М., Курок О.І., Бондаренко М.І., Куліков П.М., Виноградов В.В. Організація, планування і управління в будівництві: підручник / під заг. ред. Савенка В. І. [та ін.] ; Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт., Глухів. нац. пед. ун-т ім. О. Довженка. — 2-ге вид., випр. і доп. — Київ: Людмила, 2023. — 579 с.: іл. — Бібліогр.: с. 574-579.
2. Demian, P., Hassan, T. M., Kalmykov, O., Demianenko, I., & Makarov, R. BIM Implementation in Post-War Reconstruction of Ukraine. Buildings, 2024, том 14, стаття 3495. doi:10.3390/buildings14113495.
3. Хоменко, О. ., Петренко, Г., Рижакова, Г., Петруха, Н., Чуприна, Ю., Малихіна, О. ., & Кушнір, О. (2022). Сучасні інструменти та програмні продукти адміністрування будівельними організаціями в умовах трансформації операційних систем менеджменту. Управління розвитком складних систем, (52), 113–125.
4. Приходько О.О. Створення інструментарію комбінованого організаційно-технологічного, цифрового та управлінського моделювання будівельним проєктом: дисертація ... кандидата технічних наук. - КНУБА, 2024. - 235 с.
5. Чуприна Ю.А. Залучення прикладних переваг bim-технологій до методики і практики формування життєвого циклу проєктів у складі державних цільових програм, які втілюються будівельним кластером / Ю. А. Чуприна // Економіка та держава. - 2019. - № 3. - С. 67-70. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ecde_2019_3_14.
6. «Financial Management in Construction — Exicute Cloud Platform: BI-dashboards» — опис функціоналу системи, яка дозволяє порівнювати планові та фактичні фінансові потоки, ризики проєкту, зміну бюджету і умов у реальному часі. — Exicute. — онлайн-ресурс.
7. Revisiting Digital Twins: Origins, Fundamentals and Practices / Jiehan Zhou, Shouhua Zhang, Mu Gu. — arXiv preprint, 2022. — DOI: 10.48550/arXiv.2203.12867. Ця праця аналізує концепцію цифрових двійників (digital twins), їх фундаментальний зміст, практики застосування, а також змістовні можливості для підтримки життєвого циклу об'єктів.
8. Sarkar, Debasis; Pandya, Kushboo; Dave, Bhargav; Jha, Kumar Neeraj; Dhaneshwar, Dhaval. Development of an integrated BIM-ERP-IoT module for construction projects in Ahmedabad. Innovative Infrastructure Solutions, 2022, Vol. 7, No. 1, Article 50. DOI: 10.1007/s41062-021-00656-0.
9. Badenko, V., “Principles for Sustainable Integration of BIM and Digital Twin Technologies in Industrial Infrastructure”, Sustainability, 2024, Vol. 16, No. 22, Article 9885. Peña-Mora, F., Han, S., Lee, S., & Park, M. Strategic-Operational Construction Management: Hybrid System Dynamics and Discrete Event Approach. Journal of Construction Engineering and Management, 2008, Vol. 134, No. 9, pp. 701–710. DOI: 10.1061/(ASCE)0733-9364(2008)134:9(701). — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%290733-9364%282008%29134%3A9%28701%29>

PhD in Technical Science **Malykhin Mykhailo**,
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

FEATURES AND PREREQUISITES FOR THE DEVELOPMENT OF CONSTRUCTION ORGANIZATION AND ADMINISTRATION PROCESSES AS A COMPONENT OF THE LIFE CYCLE

In the current context of transformation in the construction industry, the issue of shaping processes of construction organization and administration as an integral

component of the project life cycle is becoming increasingly important. Construction is characterized by a complex multi-level structure, where each stage — from concept to commissioning — requires clear coordination, managerial consistency, and systematic control. One of the key challenges is the growing complexity of technological, organizational, and regulatory aspects, which necessitates the creation of flexible administrative mechanisms oriented toward sustainable development and compliance with modern international standards. Organizational and administrative processes in construction have a dual nature: on the one hand, they define the logic of task implementation, while on the other, they affect the efficiency of the overall project management system. The primary task is to find an optimal combination of managerial structures, information and communication tools, and innovative control methods that ensure system adaptability under conditions of constant change. This is particularly relevant in the era of digitalization, when traditional approaches to administration require modernization through the application of BIM technologies, automated monitoring systems, and principles of sustainable development.

Keywords: Construction; administration; organization; life cycle; management; efficiency; digitalization; innovation.

REFERENCES

1. Savenko, V.I., Livinskyi, O.M., Kurok, O.I., Bondarenko, M.I., Kulikov, P. M., & Vynohradov, V.V. *Orhanizatsiia, planuvannia i upravlinnia v budivnytstvi: pidruchnyk* [Organization, Planning and Management in Construction: Textbook] / ed. by V. I. Savenko [et al.]; Kyiv National University of Construction and Architecture, Hlukhiv National Pedagogical University named after O. Dovzhenko. 2nd ed., rev. and enl. Kyiv: Liudmyla, 2023. 579 p. – URL: <https://repository.knuba.edu.ua/handle/123456789/11663>. {in Ukrainian}
2. Demian, P., Hassan, T. M., Kalmykov, O., Demianenko, I., & Makarov, R. (2024). BIM Implementation in Post-War Reconstruction of Ukraine. *Buildings*, 14, Article 3495. <https://doi.org/10.3390/buildings14113495>. {in English}
3. Khomenko, O., Petrenko, H., Ryzhakova, H., Petrukha, N., Chupryna, Yu., Malykhina, O., & Kushnir, O. (2022). Suchasni instrumenty ta prohramni produkty administruvannia budivelnyh orhanizatsiiamy v umovakh transformatsii operatsiinykh system menedzhmentu [Modern Tools and Software Products for the Administration of Construction Organizations under the Transformation of Management Operational Systems]. *Upravlinnia rozvytkom skladnykh system* [Management of Complex Systems Development], (52), 113–125. {in Ukrainian}
4. Prykhodko, O.O. Stvorennia instrumentariiu kombinovanoho orhanizatsiino-tekhnologichnoho, tsyfrovoho ta upravlinskoho modeliuvannia

budivelnym proiektom: dysertatsiia na zdobuttia naukovooho stupenia kandydata tekhnichnykh nauk [Creation of a Toolkit for Combined Organizational-Technological, Digital and Managerial Modeling of a Construction Project: Dissertation for the Degree of Candidate of Technical Sciences]. Kyiv National University of Construction and Architecture, 2024. 235 p. – URL: https://www.knuba.edu.ua/wp-content/uploads/2024/06/dys_pryhodko-oo_pered-el-pidpysom.pdf. {in Ukrainian}

5. Chupryna, Yu.A. (2019). Zaluchennia prykladnykh perevah BIM-tekhnologii do metodyky i praktyky formuvannia zhyttievoho tsykladu proektiv u skladi derzhavnykh tsilovykh prohran, yaki vtiliuiutsia budivelnym klasterom [Involving Applied Advantages of BIM Technologies in the Methodology and Practice of Forming the Life Cycle of Projects within State Target Programs Implemented by the Construction Cluster]. *Ekonomika ta derzhava* [Economy and the State], (3), 67–70. – URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ecde_2019_3_14. {in Ukrainian}

6. Financial Management in Construction — Exicute Cloud Platform: BI-dashboards. Description of the functionality of the system that allows comparison of planned and actual financial flows, project risks, budget changes and conditions in real time. Exicute. Online resource. {in English}

7. Zhou, J., Zhang, S., & Gu, M. (2022). Revisiting Digital Twins: Origins, Fundamentals and Practices. *arXiv preprint*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2203.12867>. {in English}

8. Sarkar, D., Pandya, K., Dave, B., Jha, K. N., & Dhaneshwar, D. (2022). Development of an Integrated BIM-ERP-IoT Module for Construction Projects in Ahmedabad. *Innovative Infrastructure Solutions*, 7(1), Article 50. <https://doi.org/10.1007/s41062-021-00656-0>. {in English}

9. Badenko, V. (2024). Principles for Sustainable Integration of BIM and Digital Twin Technologies in Industrial Infrastructure. *Sustainability*, 16(22), 9885. <https://doi.org/10.3390/su16229885>. {in English}

10. Peña-Mora, F., Han, S., Lee, S., & Park, M. (2008). Strategic-Operational Construction Management: Hybrid System Dynamics and Discrete Event Approach. *Journal of Construction Engineering and Management*, 134(9), 701–710. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2008\)134:9\(701\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2008)134:9(701)). {in English}