

DOI: 10.32347/2786-7269.2024.10.287-300

УДК 69.059.7:624.05

к.т.н., доцент **Дружинін М.А.**,
druzhynin.ma@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0003-1821-1968,
Степанюк Р.Б.,
stepaniuk.rb@knuba.edu.ua, ORCID: 0009-0001-5945-8468
Київський національний університет будівництва і архітектури
д.т.н., професор **Антипенко Є.Ю.**
antypenko @zn.edu.ua, ORCID: 0000-0001-8048-0144,
Національний університет «Запорізька політехніка»

ФОРМУВАННЯ АНАЛІТИЧНИХ КОМПОНЕНТ ІНТЕГРОВАНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ БУДІВЕЛЬНОГО ПРОЕКТУ ЯК ЦИФРОВОЇ ЕКОСИСТЕМИ

Інтегрована реалізація проєктів (Integrated Project Delivery, IPD) є сучасним підходом до організації будівництва, що сприяє цифровій трансформації організаційно-технологічних процесів у мультипроєктному середовищі. Впровадження IPD забезпечує інтеграцію всіх учасників проєкту — замовників, проєктувальників, підрядників і постачальників — у єдине інформаційне середовище, створюючи основу для прозорості, співпраці та ефективності управління. Однією з ключових складових IPD є застосування Building Information Modeling (BIM), що забезпечує координацію даних, симуляцію процесів та управління ресурсами на всіх етапах реалізації проєктів. Завдяки BIM та іншим цифровим технологіям, як-от ERP-системи, IoT, штучний інтелект та хмарні платформи, будівельні підприємства отримують можливість знижувати витрати, скорочувати терміни виконання робіт і підвищувати якість рішень. IPD дозволяє ефективно адаптувати бізнес-процеси будівельних підприємств до вимог цифрової організації будівництва. Інструменти прогнозування ризиків, автоматизація управління ресурсами, а також цифрові платформи для комунікації створюють синергетичний ефект, який сприяє реалізації складних будівельних проєктів у стислих термінах із мінімальними витратами. У статті проаналізовано основні принципи та переваги IPD, зокрема її роль у створенні цифрових екосистем, що підтримують мультипроєктне середовище. Надано практичні рекомендації щодо впровадження IPD та адаптації організаційно-технологічних процесів будівельних підприємств до вимог цифрової трансформації. Запропонований підхід сприяє формуванню базових функціоналів цифрової трансформації організаційно-технологічних процесів в мультипроєктному середовищі будівництва.

Ключові слова: будівництво; організація будівництва; Integrated Project Delivery; цифрова трансформація; організаційно-технологічні процеси; мультипроектне середовище; будівельні підприємства; Building Information Modeling; ERP-системи; автоматизація управління; цифрові екосистеми; прогнозування ризиків; інноваційний розвиток; будівельний проект.

Постановка проблеми. Інтегрована реалізація проєктів (*IPD Integrated Project Delivery*) – це сучасний підхід до управління проєктами, який з’явився як відповідь на проблеми фрагментації у традиційних методах будівництва. Фрагментація у традиційних методах будівництва створює значні проблеми, які впливають на ефективність, якість та своєчасність виконання проєктів. Однією з ключових проблем є розрізненість між учасниками процесу, такими як замовники, проєктувальники, будівельники та постачальники. Відсутність єдиної координації призводить до помилок у плануванні, дублювання зусиль та затримок у прийнятті рішень. Інша проблема – низький рівень комунікації між учасниками, що створює труднощі в передачі інформації, зокрема технічних деталей, і сприяє появі непорозумінь. Традиційні методи також страждають через недостатнє використання сучасних технологій, таких як цифрове моделювання, що обмежує можливості для прогнозування та контролю витрат. Це часто призводить до перевищення бюджету та невідповідності реальних результатів початковим планам. Ще однією суттєвою проблемою є фрагментація фінансових потоків, коли різні сторони мають свої власні інтереси і несуть обмежену відповідальність за загальний результат, що сприяє конфліктам та розпорошенню ресурсів. Ризики виникають і через відсутність прозорості у процесах, що сприяє неефективному управлінню ризиками та недостатньому контролю якості. Часто зустрічається проблема дублювання функцій або, навпаки, прогалин у відповідальності між учасниками, що негативно впливає на організацію роботи. Брак раннього залучення ключових стейкхолдерів, зокрема підрядників і постачальників, на етапі проєктування призводить до змін у проєкті вже на етапі реалізації, що ускладнює роботу і збільшує витрати. Можна привести практичні приклади, які ілюструють такі ситуації:

➤ Будівництво нового терміналу в міжнародному аеропорту Денвера (Denver International Airport), США. Під час проєктування автоматизованої системи обробки багажу не було залучено ключових підрядників та постачальників на ранніх етапах. Це призвело до серйозних технічних проблем під час реалізації, затримок у введенні в експлуатацію та перевищення бюджету на сотні мільйонів доларів.

➤ Проєкт розширення шосе М8 між Единбургом та Глазго, Шотландія. Недостатнє залучення підрядників на етапі проєктування призвело до виявлення значних інженерних проблем під час будівництва, що спричинило затримки та перевищення бюджету на 12%.

➤ Будівництво Національного музею мистецтв ХХІ століття (МАХХІ) в Римі, Італія. Відсутність раннього залучення постачальників спеціалізованих будівельних матеріалів призвела до необхідності змін у проєкті під час будівництва, що збільшило витрати на 20% та затримало відкриття музею на рік.

Традиційні методи характеризуються жорсткою ієрархією і недостатньою гнучкістю, що ускладнює адаптацію до змін у процесі реалізації проєктів. Нарешті, екологічні та соціальні аспекти часто ігноруються або інтегруються фрагментарно, що перешкоджає створенню сталих і ефективних рішень для сучасного ринку. Усі ці проблеми підкреслюють потребу в більш інтегрованих підходах, таких як IPD, для подолання наслідків фрагментації.

Основна мета IPD – інтеграція всіх учасників проєкту, включаючи замовників, проєктувальників, будівельників і постачальників, для створення високопродуктивного середовища, що сприяє ефективній співпраці.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Ідея IPD бере свій початок у 1990-х роках, коли професіонали будівельної галузі почали активно обговорювати проблеми низької продуктивності та високих витрат, характерних для традиційних підходів. Вагомий внесок у розвиток концепції зробили західні організації, такі як Американський інститут архітекторів (AIA) і Lean Construction Institute (LCI), які розробили перші рекомендації для впровадження IPD. Американський інститут архітекторів (AIA) сформулював ключові принципи IPD у своїй публікації "Integrated Project Delivery: A Guide" (2007). Цей документ став основою для популяризації IPD [1]. Lean Construction Institute (LCI) розробив методики, що ґрунтуються на принципах Lean Management (бережливого управління), для підвищення ефективності управління ресурсами у проєктах IPD [2]. Майкл Хаммер та Джеймс Чемпі у своїх дослідженнях процесів бізнес-реінжинірингу заклали основи інтегрованих підходів до управління [3;4]. Наукові дослідники: провідні академіки (наприклад, Lauri Koskela [5]) зробили вагомий внесок у впровадження Lean принципів, які взаємопов'язані з IPD.

Наукові праці [6-20] висвітлюють різні аспекти інтегрованої реалізації проєктів (IPD) та формування цифрової екосистеми для управління проєктами будівництва. У праці [6] аналізується цифрова трансформація у будівництві як механізм взаємодії між бізнесом, наукою і державою. Розглянуто концепції формування цифрової екосистеми, яка сприяє інтеграції стейкхолдерів і

підвищенню ефективності управління будівельними проєктами. Співавтори [7-9] розробляють науково-методичні підходи до побудови мультикритеріальних систем адміністрування підприємств-стейкхолдерів. Праця [12] розкриває методи інтеграції цифрових рішень у системи управління, що сприяє більшій прозорості процесів і узгодженості між учасниками. В роботах [8; 13-15] детально описують сучасні інструменти й програмні рішення для цифрового управління будівельними організаціями, що включає використання систем BIM, ERP, а також методи автоматизації адміністрування. У праці [9] розглянуто інструментарій для вибору альтернатив реалізації проєктів, що ґрунтується на функціонально-технічній надійності виконавців. Акцент зроблено на інтеграцію таких підходів у цифрове середовище для оптимізації управління. Автори [10; 16-18] розробляють концепцію інформаційного моделювання та інтегрованої реалізації будівельних проєктів. Праці [19-20] зосереджені на використанні цифрових інструментів і платформ для інтеграції всіх учасників проєктів у єдину систему. Ці праці демонструють багатогранність досліджень у сфері IPD, акцентуючи увагу на цифровій трансформації, інтеграції інструментів управління, а також розвитку цифрових екосистем, які забезпечують ефективну взаємодію між стейкхолдерами будівельних проєктів.

Мета статті полягає в дослідженні концептуальних засад інтегрованої реалізації проєктів (IPD) у будівництві, акцентуючи увагу на цифровій трансформації процесів адміністрування, створенні цифрових екосистем для організації будівництва, управління мультипроєктною діяльністю, а також забезпеченні стійкості підприємств до сучасних викликів через використання інноваційних підходів і технологій.

Завдання статті полягають в наступному:

1. Розкрити генезу та основні принципи інтегрованої реалізації проєктів (IPD), включаючи історичні аспекти, основних розробників і концепції.
2. Проаналізувати вплив цифрових технологій (BIM, ERP, IoT, штучний інтелект) на оптимізацію бізнес-процесів та механізми прийняття управлінських рішень.
3. Дослідити проблеми фрагментації у традиційних методах будівництва та запропонувати шляхи їх подолання через інтеграцію цифрових інструментів.
4. Розробити структурно-методологічну модель взаємодії ключових стейкхолдерів у мультипроєктному середовищі, що сприяє прозорості процесів та узгодженості рішень.
5. Сформулювати практичні рекомендації щодо адаптації бізнес-процесів у будівельних підприємствах до вимог цифрової економіки, зокрема для підвищення конкурентоспроможності та ефективності управління.

6. Дослідити приклади реалізації IPD в Україні та світі, оцінити часові та вартісні параметри, що підтверджують ефективність інтегрованого підходу.

Мета та завдання дозволять сформувати цілісне уявлення про IPD як інструмент цифрової трансформації управління у будівництві та його роль у розвитку сучасних підприємств.

Виклад основного матеріалу. Сучасні інструменти та програмні продукти, які використовуються будівельними організаціями, відіграють ключову роль у трансформації операційних систем організації будівництва. В умовах зростання складності проєктів, конкуренції на ринку та необхідності інтеграції цифрових технологій, такі рішення забезпечують ефективність управління, прозорість процесів і точність виконання завдань.

Одним із найпотужніших інструментів є системи інформаційного моделювання будівель (Building Information Modeling, BIM). Ці платформи дозволяють створювати цифрові двійники будівель, що забезпечує всебічне планування, координацію між учасниками проєкту, симуляцію процесів будівництва та аналіз можливих ризиків. BIM дає змогу оптимізувати ресурси, уникати колізій під час будівництва та контролювати витрати. Впровадження таких платформ, як Autodesk Revit, Bentley Systems, Trimble Connect, дозволяє інтегрувати всі етапи життєвого циклу проєкту – від проєктування до експлуатації.

Системи управління ресурсами (Enterprise Resource Planning, ERP) також займають важливе місце в трансформації будівельних організацій. Ці платформи забезпечують об'єднання фінансового, матеріального, людського та інформаційного потоків в єдину систему, що сприяє підвищенню продуктивності та ефективності. Використання ERP-рішень, таких як SAP, Oracle Construction and Engineering, дозволяє автоматизувати облік витрат, розподіл матеріалів і контроль виконання робіт.

Інтернет речей (IoT) створює можливості для моніторингу будівельних об'єктів у реальному часі. Завдяки датчикам та інтелектуальним пристроям, будівельні організації можуть відстежувати стан обладнання, контролювати умови на будівельному майданчику (наприклад, температуру, вологість), запобігати аварійним ситуаціям і забезпечувати безпеку працівників. Інтеграція IoT з іншими системами, такими як BIM або ERP, створює потужний інструмент для забезпечення операційної стійкості.

Технології штучного інтелекту (AI) та машинного навчання (ML) дозволяють будівельним організаціям аналізувати великі обсяги даних, прогнозувати терміни виконання робіт, оцінювати ризики, оптимізувати розподіл ресурсів і підвищувати якість прийняття управлінських рішень. Наприклад, такі програмні рішення, як PlanGrid та Procore, використовують AI

для аналізу виконання проєктів та ідентифікації можливих відхилень від графіку.

Хмарні технології стали невід'ємною частиною сучасного будівництва, дозволяючи командам працювати спільно в будь-який час і з будь-якого місця. Платформи, такі як Microsoft Azure, Google Cloud, Autodesk Construction Cloud, забезпечують зберігання даних, обмін інформацією між учасниками та доступ до актуальної документації.

Системи управління проєктами, такі як Primavera P6, Asana, Trello, сприяють організації командної роботи, розподілу завдань і моніторингу виконання робіт у реальному часі. Вони дозволяють створювати детальні плани, аналізувати критичний шлях проєкту та забезпечувати своєчасне виконання завдань.

Використання дронів та технологій 3D-сканування є ще одним важливим аспектом цифрової трансформації будівництва. Ці технології допомагають створювати точні топографічні карти, моніторити прогрес будівництва та оцінювати стан об'єктів у реальному часі.

Цифрова трансформація операційних систем у будівництві завдяки впровадженню сучасних інструментів і програмних продуктів дозволяє досягти високого рівня інтеграції, прозорості та ефективності управління (табл. 1). Такі рішення забезпечують зменшення витрат, підвищення якості робіт і своєчасність реалізації будівельних проєктів, що особливо важливо в умовах швидкозмінного ринкового середовища.

Таблиця 1

Порівняльний аналіз моделей організації будівництва

Модель	Період виникнення	Розробники	Переваги	Недоліки
1	2	3	4	5
Integrated Project Delivery (IPD)	2000-ті роки	American Institute of Architects (AIA), Lean Construction Institute	Спільне розподілення ризиків, раннє залучення стейкхолдерів, покращена комунікація	Складність впровадження, юридичні бар'єри
Traditional Model (Design-Bid-Build, DBB)	XX століття	Виникла як стандарт галузі	Чіткий розподіл ролей, конкурентний відбір забезпечує контроль витрат	Довгі терміни, відсутність інтеграції
Design-Build (DB)	1970-1980-ті роки	Інженерно-будівельні фірми	Єдиний контракт, швидше виконання	Обмежений контроль замовника, можливий конфлікт інтересів
Construction Management at Risk (CMAR)	1960-1970-ті роки	Інженерні фірми, консультанти	Раннє залучення менеджера, контроль витрат	Висока вартість послуг, обмежені ризики

1	2	3	4	5
Alliance Contracting	1990-ті роки	Інфраструктурні агенції Великобританії та Австралії	Співпраця і спільний розподіл ризиків/винагород	Складні юридичні рамки, потреба у високій довірі
Agile Project Management	2000-ті роки	Розроблена на основі Agile Manifesto	Адаптивність до змін, регулярне залучення стейкхолдерів	Не підходить для великих проєктів, вимагає високої кваліфікації
Lean Construction	1990-ті роки	Lean Construction Institute	Оптимізація ресурсів, підвищення продуктивності	Складність впровадження, високі початкові інвестиції
Public-Private Partnership (PPP)	1980-ті роки	Державні та приватні організації	Залучення приватного капіталу, довгострокове партнерство	Складне управління, ризик передачі витрат
Engineering, Procurement, and Construction (EPC)	1970-ті роки	Міжнародні інфраструктурні компанії	Рішення «під ключ», відповідальність за фіксований бюджет	Мінімальний контроль замовника, висока вартість контрактів
Building Information Modeling (BIM)	2000-ті роки	Технологічні компанії (Autodesk)	Прозорість даних, зниження помилок	Високі початкові витрати, технічні виклики
Internet of Things (IoT) in Construction	2010-ті роки	Технологічні корпорації (Siemens, Schneider Electric)	Моніторинг у реальному часі, оптимізація енерговитрат	Ризики безпеки даних, складність інтеграції

Впровадження Building Information Modeling (BIM) стало однією з ключових передумов розвитку Integrated Project Delivery (IPD), створюючи цифрове середовище для інтеграції всіх учасників будівельного проєкту. BIM є багатовимірним інструментом, що дозволяє створювати, керувати й обмінюватися цифровими моделями будівель на всіх етапах їх життєвого циклу. В основі BIM лежить концепція спільного використання інформації в реальному часі, що значно підвищує прозорість і ефективність процесів. Саме ця особливість зробила BIM ідеальним технологічним доповненням до принципів IPD. Однією з головних переваг BIM у контексті IPD є створення єдиної інформаційної платформи, яка забезпечує доступ до всіх аспектів проєкту для кожного з учасників – від архітекторів і інженерів до підрядників і замовників. Завдяки використанню BIM, дані про дизайн, матеріали, кошториси, терміни та експлуатаційні характеристики інтегруються у спільну базу, що дозволяє уникнути дублювання зусиль і зменшити ризики помилок. Ця

синхронізація допомагає підтримувати комунікацію між командами, швидко адаптуватися до змін і приймати зважені рішення. ВІМ також суттєво спрощує раннє залучення всіх стейкхолдерів, що є фундаментальним принципом IPD. Платформа дозволяє учасникам вносити свої пропозиції та коригування на етапі проєктування, забезпечуючи врахування інтересів кожного. Наприклад, підрядники можуть попередньо оцінити можливі складнощі в будівництві, тоді як постачальники матеріалів можуть оптимізувати логістику постачання. Це забезпечує зниження витрат та мінімізує ризики, пов'язані з переобладнанням або затримками. Ще одним важливим аспектом ВІМ є можливість моделювання різних сценаріїв розвитку проєкту. Завдяки цьому, учасники IPD можуть аналізувати варіанти дизайну, будівельних методів або матеріалів, порівнюючи їх з точки зору вартості, часу та екологічного впливу:

Сценарій 1: Оцінка загальної вартості проєкту

Загальна вартість проєкту (C_{total}) розраховується як сума витрат на матеріали (C_m), роботу (C_l) та накладні витрати (C_o):

$$C_{total} = C_m + C_l + C_o$$

де: $C_m = \Sigma$ (кількість матеріалів \times вартість одиниці матеріалу),

$C_l = \Sigma$ (тривалість роботи \times ставка за годину),

C_o = фіксовані накладні витрати.

Сценарій 2: Оцінка тривалості реалізації проєкту

Тривалість проєкту (T_{total}) розраховується як максимальна тривалість критичного шляху (T_{cp}):

$$T_{total} = \max(T_{cp})$$

де: T_{cp} визначається за допомогою методу критичного шляху (Critical Path Method, CPM) з урахуванням послідовності завдань та залежностей між ними.

Сценарій 3: Оцінка екологічного впливу

Екологічний вплив (E_{total}) оцінюється як сума викидів парникових газів від виробництва матеріалів (E_m), транспортування (E_t) та будівельних робіт (E_c):

$$E_{total} = E_m + E_t + E_c$$

де: $E_m = \Sigma$ (кількість матеріалів \times коефіцієнт викидів для кожного матеріалу),

$E_t = \Sigma$ (відстань перевезення \times коефіцієнт викидів транспорту),

$E_c = \Sigma$ (тривалість будівельних робіт \times коефіцієнт викидів обладнання).

Сценарій 4: Порівняння варіантів будівельних методів

Загальна ефективність будівельного методу (Eff) оцінюється як відношення виконаного обсягу робіт (V) до витрачених ресурсів (R):

$$Eff = V / R$$

де: V = обсяг виконаних робіт,

$R = \Sigma$ (витрати матеріалів, праці, енергії).

Сценарій 5: Комбінована оцінка

Комбінована оцінка (S_{total}) враховує вагові коефіцієнти для вартості (w_c), часу (w_t) та екологічного впливу (w_e):

$$S_{total} = w_c \times C_{total} + w_t \times T_{total} + w_e \times E_{total}$$

де: $w_c + w_t + w_e = 1$.

Крім того, ВІМ підтримує інструменти для управління ризиками, що робить його незамінним для великих та складних проєктів. У середовищі IPD, де ризики розподіляються між усіма учасниками, ВІМ дозволяє ідентифікувати потенційні проблеми ще до початку будівництва. Наприклад, аналіз колізій у конструкціях допомагає запобігти помилкам у проєктуванні, що могли б спричинити значні затримки або додаткові витрати. Окремо слід зазначити роль ВІМ у підвищенні прозорості фінансових потоків. В IPD, де всі учасники несуть спільну відповідальність за фінансовий результат, ВІМ дозволяє відстежувати витрати на кожному етапі проєкту в режимі реального часу. Це забезпечує довіру між сторонами, що є основою успішного партнерства. Завдяки ВІМ, проєкти, реалізовані за моделлю IPD, демонструють значно вищий рівень продуктивності та якості порівняно з традиційними підходами. Ця технологія сприяє не лише оптимізації процесів, але й створенню нового рівня співпраці, який трансформує саму культуру будівництва. Впровадження ВІМ у поєднанні з IPD не лише підвищує ефективність управління, але й стимулює інновації, роблячи галузь будівництва більш адаптивною до сучасних викликів.

Основні концепти IPD базуються на таких ключових принципах:

- Інтеграція учасників проєкту: раннє залучення всіх стейкхолдерів у процес прийняття рішень.
- Єдині цілі проєкту: усі учасники працюють для досягнення загальних цілей, визначених у вигляді угод.
- Прозорість та спільне управління: використання цифрових технологій (наприклад, ВІМ) для прозорого доступу до даних.
- Розподіл ризиків і винагород: всі учасники несуть спільну відповідальність за ризики, а винагорода залежить від успіху проєкту.
- Оптимізація ресурсів: застосування принципів Lean для мінімізації втрат і підвищення ефективності.

Адаптація бізнес-процесів у будівельних підприємствах до вимог цифрової організації є ключовим елементом для забезпечення конкурентоспроможності та стійкості в умовах сучасних викликів. Інтегрована реалізація проєктів (IPD) вимагає ефективного впровадження цифрових рішень, які покращують комунікацію, управління ресурсами та якість виконання будівельних робіт. Першочерговим завданням є створення цифрового

середовища, яке дозволить забезпечити інтеграцію всіх учасників проєкту – замовників, архітекторів, інженерів, підрядників і постачальників. Для цього необхідно впроваджувати сучасні платформи, такі як Building Information Modeling (BIM), що дозволяють створювати і використовувати цифрові моделі будівель на всіх етапах реалізації. BIM не лише забезпечує координацію між учасниками, але й дозволяє проводити симуляції процесів, ідентифікувати ризики та оптимізувати витрати. Автоматизація управління ресурсами є наступним важливим кроком. Використання систем ERP (Enterprise Resource Planning) дає змогу інтегрувати інформацію про матеріали, фінанси, обладнання та людські ресурси в єдину базу даних. Це сприяє точному плануванню та контролю виконання завдань, дозволяючи оперативно реагувати на зміни в умовах будівельного процесу. Крім того, такі системи можуть бути інтегровані з IoT-рішеннями, що дозволяє у реальному часі моніторити стан обладнання, витрату матеріалів та забезпечувати безперебійність роботи. Важливим аспектом адаптації є впровадження технологій штучного інтелекту (AI) для аналізу даних, прогнозування ризиків і оптимізації рішень. Системи AI можуть бути використані для планування графіків будівництва, оцінки альтернативних методів виконання робіт і вибору постачальників з найкращими умовами. Це дозволяє скоротити час прийняття рішень та знизити ризик помилок, спричинених людським фактором. Додатково слід запровадити цифрові платформи для управління комунікацією між учасниками. Програмні рішення, такі як Procore, Asana або Microsoft Teams, сприяють ефективній організації робочого процесу, забезпечують доступ до актуальної документації та полегшують обмін інформацією. У рамках IPD це дозволяє забезпечити прозорість рішень та уникнути дублювання завдань.

Висновки. Генеза IPD демонструє перехід від фрагментованого управління будівельними проєктами до інтегрованого підходу, який орієнтований на спільну роботу, використання технологій та прозорість процесів. IPD залишається одним із ключових підходів до управління складними проєктами, які потребують скоординованих дій різних стейкхолдерів, особливо у сучасних динамічних ринкових умовах. Сучасний етап розширення IPD на інші сфери, такі як інфраструктурні проєкти, стало можливим завдяки цифровим платформам і екосистемному підходу. Такий підхід сприятиме створенню стійких бізнес-процесів, адаптованих до вимог сучасного будівельного ринку, та полегшить перехід до інтегрованої реалізації проєктів.

Список використаних джерел

1. American Institute of Architects. Integrated Project Delivery: A Guide. AIA, 2007, 56 p.

2. Lean Construction Institute (LCI). *Transforming Design and Construction: A Framework for Change*. Washington, D.C.: LCI, 2015. 130 pages.
3. Hammer, Michael, and James Champy. *Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution*. Harper Business, 1993, 233 pages.
4. Hammer, Michael. *Beyond Reengineering: How the Process-Centered Organization Is Changing Our Work and Our Lives*. HarperCollins, 1996, 285 pages.
5. Koskela, Lauri. *Application of the New Production Philosophy to Construction*. Technical Report No. 72, Center for Integrated Facility Engineering, 1992, 75 pages.
6. Беленкова, О.Ю. (2019). Цифрова трансформація будівництва: механізм взаємодії бізнесу, науки, держави. *Будівельне виробництво*, 1(66), 30-36.
7. Рижакова, Г., Приходько, Д., Поколенко, В., Петруха, Н., Чуприна, Ю., & Хоменко, О. (2022). Оновлення науково-методичних підходів до побудови полікритеріальної системи адміністрування діяльністю підприємств-стейкхолдерів проєктів будівництва. *Просторовий розвиток*, (1), 218-233.
8. 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.
9. Поколенко, В.О., Рижакова, Г.М., & Приходько, Д.О. (2014). Запровадження інструментарію вибору альтернатив реалізації будівельних проєктів за функціонально-технічною надійністю організацій-виконавців. *Управління розвитком складних систем*, (19 (2)), 108-114.
10. Петренко, Г., Петруха, Н., Рижакова, Г., Марчук, Т., Малихіна, О., & Приходько, Д. (2021). Вибір імперативів бюджетування інвестиційно-будівельного проєкту як напрям удосконалення системи фінансового менеджменту підприємства. *Управління розвитком складних систем*, (46), 108-117.
11. Рижакова, Г.М., Стеценко, С.П., & Лагутіна, З.В. (2013). Альтернативні аналітичні інструменти забезпечення економічної безпеки державного інвестування будівельних проєктів. *Управління розвитком складних систем*, (16), 203-208.
12. Аксельрод, Р.Б., Шпаков, А.В., & Рижакова, Г.М. (2021). Економіко-управлінські предиктори трансформації операційних систем будівельного девелопменту в умовах цифровізації економіки. *Формування ринкових відносин в Україні*, (12), 113-121.
13. Приходько, Д., Дикий, О., Малихіна, О., Валінкевич, Н., Іщенко, Т., & Савчук, Т. (2021). Економіко-інституціональні аспекти формування портфеля девелопера: зміна парадигми й інноваційні рішення управління. *Упр. розвитком скл. систем*, (47), 119-129.
14. Рижакова, Г.М., & Рижаков, Д.А. (2016). Альтернативний інструментарій системного внутрішнього аудиту підрядних підприємств. *Буд. виробництво*, (61 (2)), 25-30.
15. Онікієнко Н.В., Петруха Н.М., Рижакова Г.М. Науково-прикладні компоненти полікритеріальної системи оцінки інноваційного розвитку підприємств: імперативи взаємодії інтегрованих структур. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2023. № 52(1). С. 261-273.
16. Трач, Р.В., Рижакова, Г.М., & Крижановський, В.І. (2017). Інформаційне моделювання та концепція інтегрованої реалізації будівельних проєктів як основа інноваційного розвитку будівельного підприємства. *Управління розвитком складних систем*, (31), 173-178.
17. Приходько, Д., Шпаков, А., Геращенко, О., Кішак, Н., Чуприна, Х., Роговченко, В., & Горбач, М. (2022). Оцінка структурної конфігурації корпоративних відносин у контексті організаційного розвитку проєктно-орієнтованих підприємств. *Управління розвитком складних систем*, (52), 93-102.
18. Рижакова, Г.М. (2012). Економетричне моделювання процесу формування обсягів реалізації продукції малих підприємств у будівництві. *Буд. виробництво*, (53), 58-61.

19. Зельцер, Р.Я., Беленкова, О.Ю., Новак, Є.В., & Дубінін, Д.В. (2019). Цифрова трансформація процесів ресурсно-логістичного та організаційно-структурного забезпечення будівництва. *Наука та інновації*. - Т. 15, № 5. - С. 38-51.
20. Беленкова, О.Ю., & Цифра, Т.Ю. (2019). Формування стратегії забудовників в умовах економічної динаміки. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*, (42), 189-198.

PhD in Technical Sciences, Associate Professor **Druzhynin Maksym**,
Stepaniuk Roman, Kyiv National University of Construction and Architecture,
Doctor of Technical Sciences, Professor **Antypenko Eugene**,
National University "Zaporizhzhia Polytechnic"

FORMATION OF ANALYTICAL COMPONENTS OF INTEGRATED PROJECT DELIVERY AS A DIGITAL ECOSYSTEM

Integrated Project Delivery (IPD) is a modern approach to construction project organization that facilitates the digital transformation of organizational and technological processes in a multiproject environment. The implementation of IPD ensures the integration of all project participants — clients, designers, contractors, and suppliers — into a single informational environment, forming a foundation for transparency, collaboration, and effective management. One of the key components of IPD is the application of Building Information Modeling (BIM), which enables data coordination, process simulation, and resource management at all stages of project implementation. With BIM and other digital technologies such as ERP systems, IoT, artificial intelligence, and cloud platforms, construction enterprises can reduce costs, shorten project execution times, and improve decision-making quality. IPD allows for the effective adaptation of business processes in construction enterprises to the demands of digital construction organization. Risk prediction tools, resource management automation, and digital communication platforms create a synergistic effect, facilitating the execution of complex construction projects within tight deadlines and with minimal costs. This article analyzes the fundamental principles and advantages of IPD, emphasizing its role in establishing digital ecosystems that support a multiproject environment. Practical recommendations are provided for implementing IPD and adapting the organizational and technological processes of construction enterprises to the requirements of digital transformation. The proposed approach fosters the formation of core functionalities for the digital transformation of organizational and technological processes in the multiproject construction environment.

Keywords: construction; construction organization; Integrated Project Delivery; digital transformation; organizational and technological processes; multiproject environment; construction enterprises; Building Information Modeling;

ERP systems; management automation; digital ecosystems; risk prediction; innovative development; construction project.

REFERENCES

1. American Institute of Architects. Integrated Project Delivery: A Guide. AIA, 2007, 56 pages. {in English}
2. Lean Construction Institute (LCI). Transforming Design and Construction: A Framework for Change. Washington, D.C.: LCI, 2015, 130 pages. {in English}
3. Hammer, Michael, and James Champy. Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution. Harper Business, 1993, 233 pages. {in English}
4. Hammer, Michael. Beyond Reengineering: How the Process-Centered Organization Is Changing Our Work and Our Lives. HarperCollins, 1996, 285 pages. {in English}
5. Koskela, Lauri. Application of the New Production Philosophy to Construction. Technical Report No. 72, Center for Integrated Facility Engineering, Department of Civil Engineering, Stanford University, 1992, 75 pages. {in English}
6. Bielenkova, O.Yu. (2019). Digital transformation of construction: mechanism of interaction between business, science, and government. *Construction Production*, 1(66), 30-36. {in Ukrainian}
7. Ryzhakova, H., Prykhodko, D., Pokolenko, V., Petrukha, N., Chupryna, Y., & Khomenko, O. (2022). Updating scientific and methodological approaches to the development of a multi-criteria administration system for stakeholder enterprises in construction projects. *Spatial Development*, (1), 218-233. {in Ukrainian}
8. Khomenko, O., Petrenko, H., Ryzhakova, G., Petrukha, N., Chupryna, Y., Malykhina, O., & Kushnir, O. (2022). Modern tools and software products for the administration of construction organizations under the transformation of operational management systems. *Management of Complex Systems Development*, (52), 113-125. {in Ukrainian}
9. Pokolenko, V.O., Ryzhakova, G.M., & Prykhodko, D.O. (2014). Implementation of tools for choosing alternatives in the realization of construction projects based on the functional-technical reliability of executing organizations. *Management of Complex Systems Development*, (19(2)), 108-114. {in Ukrainian}
10. Petrenko, H., Petrukha, N., Ryzhakova, G., Marchuk, T., Malykhina, O., & Prykhodko, D. (2021). Selection of budgeting imperatives for investment and construction projects as a direction for improving enterprise financial management systems. *Management of Complex Systems Development*, (46), 108-117. {in Ukrainian}
11. Ryzhakova, G.M., Stetsenko, S.P., & Lagutina, Z.V. (2013). Alternative analytical tools to ensure economic security in public investment of construction

projects. *Management of Complex Systems Development*, (16), 203-208. {in Ukrainian}

12. Akselrod, R.B., Shpakov, A.V., & Ryzhakova, G.M. (2021). Economic and managerial predictors of the transformation of operational systems in construction development under the conditions of economic digitalization. *Formation of Market Relations in Ukraine*, (12), 113-121. {in Ukrainian}

13. Prykhodko, D., Dykyi, O., Malykhina, O., Valinkevych, N., Ischenko, T., & Savchuk, T. (2021). Economic and institutional aspects of forming a developer's portfolio: paradigm change and innovative management solutions. *Management of Complex Systems Development*, (47), 119-129. {in Ukrainian}

14. Ryzhakova, G.M., & Ryzhakov, D.A. (2016). Alternative tools for systematic internal auditing of contracting enterprises. *Construction Production*, (61(2)), 25-30. {in Ukrainian}

15. Onikienko, N.V., Petrukha, N.M., & Ryzhakova, G.M. (2023). Scientific and applied components of a multi-criteria system for assessing the innovative development of enterprises: imperatives of interaction of integrated structures. *Ways to Improve Construction Efficiency under Market Relations Formation*, No. 52(1), 261-273. {in Ukrainian}

16. Trach, R.V., Ryzhakova, G.M., & Kryzhanovsky, V.I. (2017). Information modeling and the concept of integrated project implementation as the basis for innovative development of construction enterprises. *Management of Complex Systems Development*, (31), 173-178. {in Ukrainian}

17. Prykhodko, D., Shpakov, A., Herashchenko, O., Kishchak, N., Chupryna, Kh., Rohovchenko, V., & Horbach, M. (2022). Assessment of the structural configuration of corporate relations in the context of organizational development of project-oriented enterprises. *Management of Complex Systems Development*, (52), 93-102. {in Ukrainian}

18. Ryzhakova, G.M. (2012). Econometric modeling of the process of forming sales volumes for small construction enterprises. *Construction Production*, (53), 58-61. {in Ukrainian}

19. Zeltser, R.Ya., Bielenkova, O.Yu., Novak, Ye.V., & Dubinin, D.V. (2019). Digital transformation of resource-logistical and organizational-structural support processes in construction. *Science and Innovation*, Vol. 15, No. 5, 38-51. {in Ukrainian}

20. Bielenkova, O.Yu., & Tsyfra, T.Yu. (2019). Formation of developers' strategies under economic dynamics. *Ways to Improve Construction Efficiency under Market Relations Formation*, (42), 189-198. {in Ukrainian}