

УДК 338.2:69.003

JEL B49, D29, M21

DOI <https://doi.org/10.32782/2786-8273/2026-12-17>**Романенко О.В.**

кандидат економічних наук, доцент,
доцент кафедри товарознавства та комерційної діяльності в будівництві,
Київський національний університет будівництва і архітектури
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5684-6791>

Olesia Romanenko

Kyiv National University of Construction and Architecture

АРХІТЕКТУРА БІЗНЕС-МОДЕЛІ ДЕВЕЛОПЕРСЬКОЇ БУДІВЕЛЬНОЇ КОМПАНІЇ ЯК ОСНОВА ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ОМНІРЕЗИЛЬЄНТНОЇ СТРАТЕГІЇ

BUSINESS MODEL ARCHITECTURE OF A CONSTRUCTION DEVELOPMENT COMPANY AS A BASIS FOR FORMING AN OMNI-RESILIENT STRATEGY

Анотація. У статті досліджено проблематику трансформації архітектури бізнес-моделі девелоперських компаній в умовах високої турбулентності BANI-світу. Обґрунтовано необхідність переходу від традиційних лінійних моделей до омнірезильєнтних стратегій. Запропоновано концептуальну архітектуру девелопера, декомповану на три взаємопов'язані структури: ціннісну (перехід від продукту до сервісу), транзакційну (згучність контрактів) та ресурсну (модульність активів). Розроблено п'ятирівневу архітектуру кіберфізичної системи, яка включає фізичний, сенсорний, комунікаційний, кібернетично-аналітичний та бізнес-рівні. Визначено сутність «омнірезильєнтності» через концепцію 4R: міцність, надлишковість, винахідливість та швидкість реакції. Доведено, що інтеграція цифрових двійників та AI-аналітики у структуру управління дозволяє забезпечити довгострокову життєздатність компанії.

Ключові слова: будівельний девелопмент, резильєнтність, омнірезильєнтна стратегія, бізнес-модель, бізнес-проект, концептуальна архітектура, кіберфізична система.

Abstract. Introduction. The modern global economy operates in a BANI environment characterized by high turbulence, non-linearity, and anxiety. Traditional linear business models of development have proven vulnerable to systemic shocks. There is an urgent scientific need to rethink the fundamental logic of value creation and integrate resilience into all dimensions of company activity through architectural re-engineering. **Purpose.** The study aims to theoretically substantiate and develop methodological support for forming the business model architecture of a construction development company. The primary goal is to ensure the implementation of an omni-resilience strategy capable of withstanding high turbulence and adapting to the requirements of the post-war economic recovery through the integration of cyber-physical systems. **Methods.** The research methodology relies on the “Business model architecture by design” approach. Structural decomposition was used to design the Cyber-Physical System (CPS) hierarchy. The Zachman framework was adapted to define the conceptual architecture components. The MAPE-K (Monitor-Analyze-Plan-Execute over Knowledge) feedback loop was utilized to describe the functional dynamics and data flow within the system. **Results.** The article introduces the concept of “omni-resilience” as an integral property of a business model based on the 4R framework: Robustness, Redundancy, Resourcefulness, Rapidity. A conceptual architecture is proposed, decomposed into three structures: Value, Transactional, and Resource. A comprehensive five-level Cyber-Physical System architecture is developed, encompassing Physical, Sensor-Actuation, Communication-Integration, Cyber-Analytical, and Business levels. This structure integrates Digital Twins and AI analytics to enable real-time synchronization of material, financial, and information flows, transforming the company into an adaptive ecosystem. **Conclusion.** The study proves that a modern development company must evolve into a multi-level Cyber-Physical System to survive in a hyper-dynamic environment. The transition to an omni-resilient architecture allows shifting from reactive reporting to proactive scenario modeling. Implementing the proposed CPS model is a necessary condition for the sustainable development of construction enterprises in the Industry 4.0 era, ensuring strategic flexibility and long-term viability amidst military and economic risks.

Keywords: construction development, resilience, omni-resilient strategy, business model, business project, conceptual architecture, cyber-physical system.

Постановка проблеми. Сучасний етап розвитку світової економіки характеризується високим рівнем турбулентності, який у науковому дискурсі дедалі частіше описується через призму концепції BANI (Brittle – крихкий, Anxious – тривожний, Non-linear – нелінійний, Incomprehensible – незбагненний). Для будівельної галузі, яка традиційно вважається інерційною та капіталомісткою, ці виклики набувають критичного значення. Фундаментальна наукова проблема полягає у наявності глибокого розриву між існуючим теоретико-методологічним інструментарієм стратегічного управління буді-

вельними підприємствами та реальними викликами гіпердинамічного середовища, в якому вони оперують. Класична бізнес-модель девелопменту, побудована на послідовному каскадному циклі – від отримання земельної ділянки через проєктування і будівництво до продажу кінцевого продукту, – виявилася вразливою до системних шоків. У зв'язку з цим виникає нагальна наукова та практична потреба у переосмисленні самої архітектури бізнесу. Йдеться не про окремі зміни в операційному менеджменті чи оптимізацію витрат, а про фундаментальну перебудову логіки створення, доставки

та захоплення вартості. Необхідним стає формування омнірезильєнтної стратегії – підходу, що інтегрує стійкість у всі виміри діяльності компанії: від фінансового інжинірингу та управління стейкхолдерами до технологічної інфраструктури та корпоративної культури. Для України, яка стоїть перед викликом наймасштабнішої відбудови в Європі з часів Другої світової війни, розробка науково обґрунтованих моделей омнірезильєнтності є питанням національної економічної безпеки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема бізнес-моделей та організаційної стійкості є предметом активних наукових пошуків, особливо після глобальних криз 2008 та 2020 років. Фундаментальні засади архітектури бізнесу розглядаються у працях Beckett R. та Dalrymple J. [1], які пропонують підхід “Business model architecture by design”. Автори інтерпретують бізнес-модель як складну систему діяльності, використовуючи елементи теорії діяльності та фреймворк Захмана (Zachman Framework) для опису взаємозв’язків між суб’єктами, інструментами та правилами. Вони наголошують, що архітектура має враховувати динаміку взаємодій, а не лише статичні блоки. Дослідження компаній Vizologi [2] та Innovation Management [3] позиціонують архітектуру бізнес-моделі як діагностичний інструмент, що дозволяє виявляти неузгодженість стратегії та операцій підприємства, розриви та неефективність процесів. У контексті проектно-орієнтованих фірм (до яких належать девелопери), важливим є внесок роботи Mário Trigo Cortez Pereira [4], де пропонується багаторівнева архітектура, що інтегрує дизайн проекту з бізнес-стратегією, долаючи розрив між технічним проектуванням та створенням економічної вартості.

Поняття «омнірезильєнтності» (omni-resilience) зустрічається у літературі рідко. Водночас, активно розвивається концепція «організаційної резильєнтності» (Organizational Resilience). Дослідники компанії McKinsey [5] класифікують резильєнтність на фінансову, операційну, технологічну та резильєнтність бізнес-моделі. Остання визначається як здатність адаптуватися до змін у попиту та регуляторному середовищі.

Вітчизняні вчені зробили вагомий внесок у дослідження стійкості будівельних підприємств в умовах кризи. Рижаква Г.М. [6] розробила інструментарій стратегічного контролінгу та діагностики стійкості, пропонуючи моделі вартісно-орієнтованого управління та збалансованої системи показників для девелоперів. Її робота акцентує на необхідності інтеграції фінансових та нефінансових показників. Фесун А.С. з колегами [7] визначили концептуально-аналітичні особливості забезпечення бізнес-стійкості підприємств у мультипроектному середовищі будівельного девелопменту через інтеграцію моделі “Design-Build” та технології BIM. Дослідження впливу війни на будівельний бізнес та класифікацію ризиків представлені у звітах міжнародних організацій (OECD, World Bank) та працях українських економістів [8], які фіксують катастрофічне зростання ризиків та необхідність державної підтримки. Попри значний доробок, питання інтеграції архітектурного підходу з концепцією омнірезильєнтності саме для девелоперських компаній залишається недостатньо розробленим, що вимагає подальших досліджень.

Мета статті. Метою дослідження є теоретичне обґрунтування та розробка методичного забезпечення формування архітектури бізнес-моделі девелоперської

будівельної компанії, що забезпечує реалізацію стратегії омнірезильєнтності в умовах високої турбулентності та повного відновлення економіки.

Методи дослідження. Для формування архітектури бізнес-моделі було застосовано підхід “Business model architecture by design”. Для розробки ієрархії та побудови моделі кіберфізичної системи (CPS) використано метод структурної декомпозиції, що дозволило розділити систему на рівні з специфічними функціями. Фреймворк Захмана (Zachman framework) адаптовано для визначення компонентів концептуальної архітектури та опису взаємозв’язків між елементами системи. Для опису функціональної динаміки, потоків даних у системі та циклу управління девелоперською компанією застосовано петлю зворотного зв’язку MAPE-K (Monitor-Analyze-Plan-Execute over Knowledge).

Виклад основного матеріалу дослідження. Архітектура бізнес-моделі – це фундаментальна структура, що визначає логіку функціонування організації. На відміну від простого опису бізнес-процесів, архітектура відображає топологію зв’язків між компонентами системи та принципи їх взаємодії, спрямовані на оптимізацію ресурсів, ефективність та гнучкість. Архітектура девелоперської будівельної компанії є складною мережею угод та обмінів цінністю. Феномен стійкості полягає у вмінні балансувати між різними інституційними ланками. Дослідження виокремлюють чотири ключових стейкхолдерів у будівельному ланцюгу вартості, кожен з яких має свою модель резильєнтності [1]:

- постачальники професійних послуг (архітектори, проектувальники, інженери), чия стійкість базується на гнучкості людського капіталу та моделі оплати за послуги;
- генеральні підрядники функціонують на основі моделі грошового потоку, де критичним є управління ризиками та оборотним капіталом;
- виробники матеріалів залежні від постійних витрат та завантаження потужностей;
- девелопери об’єднують усіх стейкхолдерів, їхня омнірезильєнтність полягає в здатності діяти як «архітектор екосистеми», інтегруючи розрізнені елементи в єдину платформу.

Сучасні українські дослідники пропонують розглядати архітектуру бізнес-моделі як «операційну систему» підприємства, що потребує постійного реінжинірингу та оновлення. В умовах цифрової трансформації виникає новий феномен – цифровий двійник архітектури (Digital Twin). Це не просто 3D-модель будівлі, а динамічна модель бізнес-процесів, що дозволяє проводити симуляцію кризових сценаріїв та оцінювати стійкість системи до шоків ще до їх настання.

Базуючись на системній інженерії та фреймворку Захмана, адаптованому Бекеттом і Далрїмплом [1], концептуальну архітектуру девелоперської компанії можна декомпонувати на три взаємопов’язані структури, що визначають її омнірезильєнтність (рис. 1).

Ціннісна структура відповідає на питання «Що ми створюємо?» і «Для кого?» та включає такі компоненти: ціннісна пропозиція, сегментація клієнтів, модель доходу. Традиційна архітектура фокусується на продукті, тобто квадратні метри нерухомості. Омнірезильєнтна архітектура зміщує фокус від продукту (нерухомість як актив) до сервісу (нерухомість як безпечне середовище). Трансформація структури полягає



Рис. 1. Концептуальна архітектура девелоперської компанії

Джерело: розроблено автором

в переході від моделі «побудував – продав» до моделей «побудував – здав в оренду» або «послуги з експлуатації житла». Це забезпечує постійний грошовий потік, який є критичним для фінансової стійкості в періоди падіння попиту на купівлю.

Трансакційна структура визначає, як організована мережа обмінів та угод, бо девелопмент – це насамперед управління контрактами. Структурними елементами є: мережа стейкхолдерів (підрядники, архітектори, банки, місцева влада) та механізми контракування. Важливим є перехід від жорстких фіксованих контрактів, які в умовах інфляції та війни ведуть до конфліктів, до гнучких моделей, де ризики розподіляються між замовником і виконавцем. Це дозволяє підвищити довіру та знизити ймовірність зупинки будівництва через банкрутство підрядника. Омнірезильентна модель використовує цифрові платформи для створення злагодженої взаємодії між стейкхолдерами, які дозволяють миттєво замінювати випадваючі ланки ланцюга постачання.

Ресурсна структура – це необхідні для реалізації ціннісної пропозиції активи та компетенції: земельний банк, фінанси, технології, людський капітал. Ключовим ресурсом стає інформація та здатність до швидкої рекомбінації активів. При розробці омнірезильентної стратегії важливим є впровадження принципу модульності ресурсів – замість володіння всіма активами (наприклад, власний парк техніки), компанія створює екосистему партнерств, що дозволяє швидко масштабувати ресурси вгору або вниз залежно від ситуації.

Сучасна будівельна галузь переживає фундаментальний зсув, відомий як четверта промислова революція або Construction 4.0. Якщо попередні етапи фокусувалися на механізації та локальній автоматизації окремих процесів, то нова ера характеризується глибокою інтеграцією фізичного та цифрового світів [9]. Центральним елементом цієї трансформації стає концепція кіберфізичної системи (CPS) – механізму, в якому обчислювальні алгоритми та фізичні компоненти настільки тісно інтегровані, що функціонують як єдине ціле.

Для девелоперської компанії, яка традиційно розглядалася як адміністративна надбудова над фізичними процесами будівництва, перехід до моделі CPS означає

зміну самої природи управління. Компанія перестає бути сукупністю відокремлених департаментів і перетворюється на складну мережеву структуру, де потоки матеріалів, фінансів та інформації синхронізуються в реальному часі. Це дозволяє перейти від реактивного управління, заснованого на звітах минулих періодів, до проактивного, що базується на предиктивній аналітиці та моделюванні сценаріїв.

Згідно з визначенням Національного інституту стандартів і технологій США (NIST), CPS складаються з «інженерних взаємодіючих мереж фізичних та обчислювальних компонентів» [10]. У будівельному контексті це поняття часто ототожнюється або перетинається з технологіями інформаційного моделювання BIM (Building Information Modeling) та цифровими двійниками (Digital Twins). Проте існує суттєва архітектурна різниця, яку необхідно враховувати при декомпозиції.

BIM – це переважно статична база даних, «цифровий макет» об'єкта, що містить геометрію та атрибутивну інформацію. BIM є фундаментом, але сам по собі не є CPS, оскільки часто не має зворотного зв'язку з реальним об'єктом у режимі реального часу [11].

Цифрова тінь (Digital Shadow) передбачає односторонній автоматичний потік даних від фізичного об'єкта до цифрової моделі (наприклад, через сенсори IoT). Це дозволяє моніторити стан, але не керувати ним напряму [12].

CPS та цифровий двійник (Digital Twin) передбачає двосторонній потік даних. Система не лише отримує дані від сенсорів, а й здатна впливати на фізичний світ через актуатори (виконавчі механізми) або автоматизовані системи управління будівлею (BMS) [13].

Отже, девелоперська компанія як CPS – це не просто організація, що використовує комп'ютери, а система, де управлінські рішення автоматично або напівавтоматично трансформуються у фізичні дії на будівельному майданчику, і навпаки. Для побудови моделі CPS ми застосували підхід структурної декомпозиції, розділивши систему на ієрархічні рівні, кожен з яких виконує специфічні функції та використовує відповідні технології. Пропонована кіберфізична архітектура складається з п'яти рівнів, що охоплюють шлях від фізичної реальності до прийняття стратегічних рішень (рис. 2, табл. 1).



Рис. 2. Кіберфізична архітектура девелоперської компанії

Джерело: розроблено автором

Таблиця 1

Структурна декомпозиція кіберфізичної системи девелоперської компанії

Рівень	Ключові компоненти	Функціональне призначення	Технології (приклад)
P5:Бізнес	Рада директорів, Інвестори, ERP та PM системи	Стратегічне управління, ROI, KPI, продажі	SAP, Oracle, Procore Microsoft Power BI, CRM, Primavera,
P4:Кібернетично-аналітичний	Цифрові двійники, AI-аналітика, машинне навчання	Симуляція, прогнозування, оптимізація	Autodesk Revit/Navisworks, Python (ML), Azure Digital Twins
P3:Комунікаційно-інтеграційний	CDE (єдине середовище даних), хмарні сервери, API	Збір, зберігання, інтеграція даних	AWS/Azure, SQL/NoSQL, Blockchain, BIM 360
P2:Сенсорно-актуаційний	ІоТ датчики, камери, контролери (PLC, RTU)	Моніторинг стану, первинна обробка та перетворення фізичних параметрів у цифрові сигнали та навіпаки	LoRaWAN, Edge Computing, LiDAR, Photogrammetry
P1:Фізичний	Будмайданчики, механізми та техніка, матеріали, персонал	Виконання фізичних робіт	Фізичні механізми, будматеріали, електроживлення, мережеве покриття, RFID-мітки, QR-коди

Джерело: розроблено автором на основі [14; 15]

Функціональна архітектура описує динаміку системи – як саме взаємодіють структурні елементи для досягнення цілей девелопера. Ключовим механізмом тут є замкнені контури зворотного зв'язку. Функціональний цикл CPS девелопера можна описати через петлю MAPE-K (Monitor-Analyze-Plan-Execute over Knowledge) [16; 17]:

Моніторинг (Monitor) – безперервний збір даних про стан об'єкта (сканування дроном будівельного майданчика та створення хмари точок, фіксування часу роботи датчиками на техніці).

Аналіз (Analyze) проводиться шляхом порівняння отриманих даних з цифровою моделлю (BIM). Наприклад, система автоматично накладає хмару точок на 3D-модель і виявляє, що зведена колона має відхилення по вертикалі на 15 мм, або що темпи заливки бетону відстають від графіку на 12%.

Планування (Plan): система генерує варіанти вирішення проблеми. Наприклад, для компенсації відставання пропонується збільшити кількість бригад на наступному тижні або змінити логістику постачання.

AI-алгоритми прораховують вплив кожного сценарію на бюджет та кінцевий термін.

Виконання (Execute) пов'язано з трансформацією обраного рішення в дію. Це може бути автоматичне замовлення додаткових матеріалів через ERP, оновлення завдань на планшетах виконробів або пряма команда на зміну налаштувань роботизованого обладнання.

Знання (Knowledge): всі події та рішення записуються в базу знань, що дозволяє системі навчатися і покращувати точність прогнозів у майбутньому.

Взаємодію процесів можна представити у вигляді схеми, де вузли – це функціональні блоки, а напрямки – потоки даних та керуючих сигналів (рис. 3).

Функціональне наповнення CPS змінюється в залежності від стадії життєвого циклу проекту: ініціація, планування, реалізація, завершення, експлуатація [18].

Далі розглянемо концепцію омнірезильентної стратегії. Термін «омнірезильентність» пропонується трактувати як інтегральну властивість бізнес-моделі зберігати функціональність під впливом поліморфних загроз (військових, економічних, соціальних) шляхом синхро-

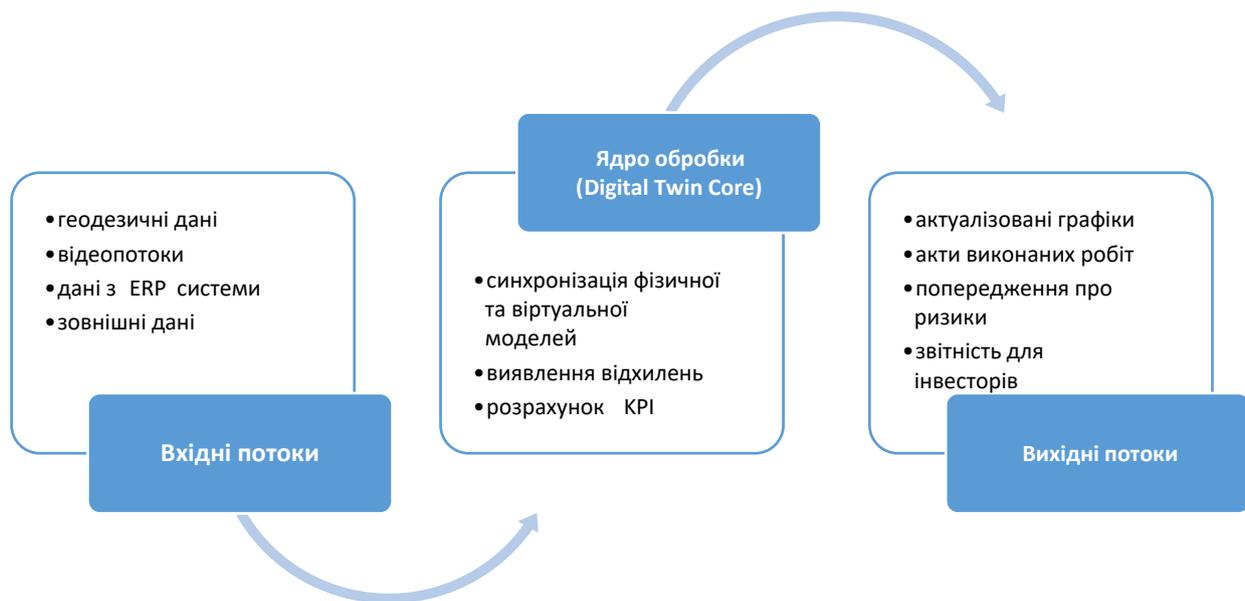


Рис. 3. Взаємодія функціональної системи девелоперської компанії

Джерело: розроблено автором

нізованої адаптації всіх підсистем підприємства.

На відміну від фрагментарної стійкості (наприклад, компанія має гроші, але втратила персонал), омнірезильєнтність базується на принципі «всеохоплення», яку можна описати як «концепція 4R», адаптовану з інженерної теорії [19] (рис. 4).

Robustness (міцність) – здатність поглинати шоки без втрати структури. Для девелопера це означає наявність фінансової «подушки безпеки» (поточна ліквідність > 1,2 [20]) та фізичний захист об'єктів.

Redundancy (надлишковість/резерв) означає наявність дублюючих систем. Це стосується як ланцюгів постачання (мінімум 2–3 постачальники на критичні матеріали), так і енергозабезпечення (генератори, автономні системи) та навіть управлінських команд (кадровий резерв).

Resourcefulness (винахідливість) пов'язана із здатністю менеджменту знаходити нестандартні рішення в умовах дефіциту. Це компетенція «адаптивного лідерства», яка стає вирішальною під час війни (наприклад, зміна логістики через блокування портів).

Rapidity (швидкість) – швидкість реакції на зміни та відновлення. Критичним показником є час, необхідний для відновлення операцій після інциденту.

Порівняльний аналіз традиційного та омнірезильєнтного архітектурних підходів у девелопменті предсталений у Таблиці 2.

Таким чином, омнірезильєнтна стратегія омнірезильєнтна архітектура вимагають відмовитися від стану стабільності і прийняти парадигму постійної готовності компанії до криз. Це передбачає регулярні

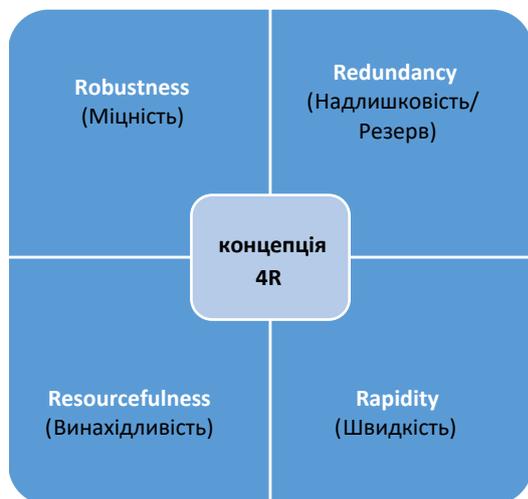


Рис. 4. Концепція омнірезильєнтності 4R

Джерело: розроблено автором

Таблиця 2
Порівняльний аналіз архітектурних підходів у девелопменті

Параметр порівняння	Традиційна архітектура	Омнірезильєнтна архітектура
Основна мета	Максимізація маржі (ROI)	Максимізація життєздатності та безперервності
Управління проєктом	Послідовні етапи, жорсткі дедлайни	Ітеративні цикли, паралельне проєктування
Відносини з підрядниками	Трансакційні (цінова конкуренція)	Партнерські (інтеграція в екосистему)
Фінансова модель	Залежність від передпродажів (інвесторські кошти)	Диверсифікація (фонди, кредити, власні кошти), резервування
Реакція на зміни	Опір змінам, висока вартість змін	Вбудована адаптивність, сценарне планування
Роль даних	Звітність «постфактум»	Предиктивна аналітика, цифрові двійники (Digital Twins)

Джерело: розроблено автором

стрес-тести бізнес-моделі [21], подібні до тих, що проходять банки.

Висновки. Архітектура бізнес-моделі є не статичною схемою, а динамічною системою, що визначає межі життєздатності компанії. В умовах BANI-світу та воєнних ризиків, традиційні лінійні моделі девелопменту втрачають ефективність. Майбутнє за омнірезильєнтними стратегіями, що інтегрують стійкість у всі рівні архітектури: від ціннісної пропозиції до ресурсної бази. Сучасна девелоперська компанія еволюціонує в багаторівневу кіберфізичну систему. Успіх на ринку дедалі більше залежить не від володіння фізичними активами, а від здатності ефективно управляти їх цифровими двійниками. Запропонована п'ятирівнева архітектура (Фізичний → Сенсорний → Дані → Аналітичний → Бізнес) дозволяє подолати проблему фрагментарної автоматизації та забезпечити наскрізний потік даних. Використання концепції кіберфізичної системи (CPS) при розробці омнірезильєнтної стратегії може забезпечити високий ROI переважно за рахунок превентивного виявлення колізій та оптимізації операційних витрат, хоча й вимагає значних початкових інвестицій. Впровадження структурно-функціональної моделі CPS є не лише технологічним трендом, а й необхідною умовою виживання та розвитку будівельних підприємств в умовах Industry 4.0 та повоєнних викликів.

Бібліографічний список:

- Beckett Ronald & Dalrymple John. Business Model Architecture by Design. *Technology Innovation Management Review*. 2019. № 7(10). P. 16–27. DOI: <https://doi.org/10.22215/timreview/1252>
- Designing Success: An Overview of Business Model Architecture. *Vizologi: website*. 2023. November 28. URL: <https://vizologi.com/designing-success-overview-of-business-model-architecture/> (дата звернення: 10.01.2026).
- Singarayar Tony. How To Become A Business Model Architect. *Innovation Management: website*. 2013. URL: <https://innovationmanagement.se/2013/03/01/how-to-become-a-business-model-architect/> (дата звернення: 10.01.2026).
- Mário Trigo Cortez Pereira. Business Model Architecture for Project-based Firms. *Master's Thesis. Faculty of Engineering, University of Porto*. 2015. July 01. URL: <https://files01.core.ac.uk/download/pdf/143389602.pdf> (дата звернення: 10.01.2026).

5. Alfonso Natale, Thomas Poppensieker and Michael Thun. From risk management to strategic resilience. *McKinsey & Company: website*. 2022. March 9. URL: <https://www.mckinsey.com/capabilities/risk-and-resilience/our-insights/from-risk-management-to-strategic-resilience/> (дата звернення: 10.01.2026).
6. Рижаківа Г. М. Теоретичні основи розвитку моніторингових і діагностичних систем в управлінні підприємством. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2013. № 29/2. С. 31–43.
7. Фесун А. С., Кончаківський О. І., Степаніук Р. Б., Рижаківа Г. М., Федорова Я. Ю. Концептуально-аналітичні особливості забезпечення бізнес-стійкості підприємств у мультипроектному середовищі будівельного девелопменту. *Будівельне виробництво*. 2024. № 77. С. 58–66. URL: <https://ndibv-building.com.ua/index.php/Building/article/view/509/241> (дата звернення: 10.01.2026).
8. Filix Thompson. Ukraine government anticipates ECA boost to propel rebuilding efforts. *Global Trade Review*. 2023. November 1. URL: <https://gtreview.com/news/europe/ukraine-government-anticipates-eca-boost-to-propel-rebuilding-efforts/> (дата звернення: 10.01.2026).
9. Construction 4.0. *Building Transformations: website*. URL: <https://www.buildingtransformations.org/articles/construction-4-0> (дата звернення: 10.01.2026).
10. Framework for Cyber-Physical Systems: Volume 1, Overview. *NIST Special Publication 1500-201*. June 2017. DOI: <https://doi.org/10.6028/NIST.SP.1500-201>
11. Романенко О. В. Інтеграція сучасних цифрових інструментів у стратегічне управління будівельною компанією. *Науковий вісник Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича. Серія «Економіка»*. 2025. № 3. С. 89–95. DOI: <https://doi.org/10.32782/ecovis/2025-3-13>
12. Abiola A. Akanmu, Chimay J. Anumba, Omobolanle O. Ogunseju. Towards next generation cyber-physical systems and digital twins for construction. *Journal of Information Technology in Construction*. 2021. Vol. 26. P. 505–525. DOI: <https://doi.org/10.36680/j.itcon.2021.027>
13. Emmert-Streib F. Defining a Digital Twin: A Data Science-Based Unification. *Machine Learning and Knowledge Extraction*. 2023. № 5(3):1036–1054. DOI: <https://doi.org/10.3390/make5030054>
14. Zhang B., Yang B., Wang C., Wang Z., Liu B., Fang T. Computer Vision-Based Construction Process Sensing for Cyber-Physical Systems: A Review. *Sensors*. 2021. № 21(16):5468. DOI: <https://doi.org/10.3390/s21165468>
15. Mykhailo Malykhin, Olha Pylypchuk, Viktoriya Tytok, Olena Emelianova, Alexei Tugay. Digital standards and protocols for interoperability in construction systems and methodologies. *Architecture Image Studies*. 2024. Vol. 5, Issue 2. P. 52–69.
16. ROI of Drone-Based Digital Twin Models. *Anvil Labs: website*. 2025. August 29. URL: <https://anvil.so/post/roi-of-drone-based-digital-twin-models> (дата звернення: 10.01.2026).
17. Afendi M. A Correct by Construction Approach for the Modeling and the Verification of Cyber-Physical Systems in Event-B. *Rigorous State-Based Methods*. 2020. 12071:401–404. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-48077-6_31
18. оманенко О.В. Будівельна девелоперська компанія як складна адаптивна система. *Економічний простір*. 2025. № 204. С. 266–272. DOI: <https://doi.org/10.30838/EP.204.266-272>
19. Bai J., Li X., Hao X., Zhu D., Zhou Y. Resilience Assessment of Safety System in EPB Construction Based on Analytic Network Process and Extension Cloud Model. *Applied Sciences*. 2025. № 15(17):9802. DOI: <https://doi.org/10.3390/app15179802>
20. Кисельов І. Система показників платоспроможності та ліквідності, їх взаємозв'язок з фінансовою стійкістю. *Економіка та суспільство*. 2025. № 75. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-75-41>
21. Financial Stress Testing in the Construction Industry. *Vergo: website*. URL: <https://www.getvergo.com/define/financial-stress-testing> (дата звернення: 10.01.2026).

REFERENCES

1. Beckett R. & Dalrymple J. (2019). Business model architecture by design. *Technology Innovation Management Review*, vol. 7(10), pp. 16–27. DOI: <https://doi.org/10.22215/timreview/1252>
2. Designing success: An overview of business model architecture. (2023, November 28). *Vizologi*. Available at: <https://vizologi.com/designing-success-overview-of-business-model-architecture/> (accessed January 10, 2026).
3. Singarayar T. (2013). How to become a business model architect. *Innovation Management*. Available at: <https://innovationmanagement.se/2013/03/01/how-to-become-a-business-model-architect/> (accessed January 10, 2026).
4. Pereira M. T. C. (2015). Business model architecture for project-based firms (Master's thesis). *Faculty of Engineering, University of Porto*. Available at: <https://files01.core.ac.uk/download/pdf/143389602.pdf> (accessed January 10, 2026).
5. Natale A., Poppensieker T. & Thun M. (2022, March 9). From risk management to strategic resilience. *McKinsey & Company*. Available at: <https://www.mckinsey.com/capabilities/risk-and-resilience/our-insights/from-risk-management-to-strategic-resilience/> (accessed January 10, 2026).
6. Ryzhakova H. M. (2013). Teoretychni osnovy rozvytku monitorynhovykh i diahnostychnykh system v upravlinni pidpriemstvom [Theoretical foundations of development of monitoring and diagnostic systems in enterprise management]. *Ways to Increase Construction Efficiency in Market Conditions*, vol. 29(2), pp. 31–43.
7. Fesun A. S., Konchakivskiy O. I., Stepaniuk R. B., Ryzhakova H. M. & Fedorova Y. Yu. (2024). Kontseptualno-analitychni osoblyvosti zabezpechennia biznes-stiikosti pidpriemstv u multyproiektnomu seredovyshchi budivelnoho developmentu [Conceptual and analytical features of ensuring business resilience of enterprises in a multiproject environment of construction development]. *Construction Production*, vol. 77, pp. 58–66. Available at: <https://ndibv-building.com.ua/index.php/Building/article/view/509/241>
8. Thompson F. (2023, November 1). Ukraine government anticipates ECA boost to propel rebuilding efforts. *Global Trade Review*. Available at: <https://www.gtreview.com/news/europe/ukraine-government-anticipates-eca-boost-to-propel-rebuilding-efforts/> (accessed January 10, 2026).
9. Construction 4.0. (n.d.). *Building Transformations*. Available at: <https://buildingtransformations.org/articles/construction-4-0> (accessed January 10, 2026).
10. National Institute of Standards and Technology. (2017). *Framework for cyber-physical systems: Volume 1, overview* (NIST Special Publication 1500-201). DOI: <https://doi.org/10.6028/NIST.SP.1500-201>
11. Romanenko O. V. (2025). Intehratsiia suchasnykh tsyfrovyykh instrumentiv u stratehichne upravlinnia budivelnoiu kompaniieiu [Integration of modern digital tools into strategic management of a construction company]. *Scientific Bulletin of Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University. Economics Series*, vol. 3, pp. 89–95. DOI: <https://doi.org/10.32782/ecovis/2025-3-13>

12. Akanmu A. A., Anumba C. J. & Ogunseiju O. O. (2021). Towards next generation cyber-physical systems and digital twins for construction. *Journal of Information Technology in Construction*, vol. 26, pp. 505–525. DOI: <https://doi.org/10.36680/j.itcon.2021.027>
13. Emmert-Streib, F. (2023). Defining a digital twin: A data science-based unification. *Machine Learning and Knowledge Extraction*, vol. 5(3), pp. 1036–1054. DOI: <https://doi.org/10.3390/make5030054>
14. Zhang B., Yang B., Wang C., Wang Z., Liu B. & Fang T. (2021). Computer vision-based construction process sensing for cyber-physical systems: A review. *Sensors*, vol. 21(16), p. 5468. DOI: <https://doi.org/10.3390/s21165468>
15. Malykhin M., Pylypchuk O., Tytok V., Emelianova O. & Tugay A. (2024). Digital standards and protocols for interoperability in construction systems and methodologies. *Architecture Image Studies*, vol. 5(2), pp. 52–69.
16. ROI of drone-based digital twin models. (2025, August 29). *Anvil Labs*. Available at: <https://anvil.so/post/roi-of-drone-based-digital-twin-models> (accessed January 10, 2026).
17. Afendi M. A. (2020). A correct by construction approach for the modeling and the verification of cyber-physical systems in Event-B. In *Rigorous State-Based Methods* (Vol. 12071, pp. 401–404). Springer. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-48077-6_31
18. Romanenko O. V. (2025). Budivselna developerska kompaniia yak skladna adaptivna systema [Construction development company as a complex adaptive system]. *Economic Space*, vol. 204, pp. 266–272. DOI: <https://doi.org/10.30838/EP.204.266-272>
19. Bai J., Li X., Hao X., Zhu D. & Zhou Y. (2025). Resilience assessment of safety system in EPB construction based on analytic network process and extension cloud model. *Applied Sciences*, vol. 15(17), p. 9802. DOI: <https://doi.org/10.3390/app15179802>
20. Kiselov I. (2025). Systema pokaznykiv platospromozhnosti ta likvidnosti, yikh vzaiemozviazok z finansovoiu stiikistiu [The system of solvency and liquidity indicators and their relationship with financial stability]. *Economy and society*, vol. 75. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-75-41>
21. Financial stress testing in the construction industry. (n.d.). *Vergo*. Available at: <https://getvergo.com/define/financial-stress-testing> (accessed January 10, 2026).

Дата надходження статті: 17.01.2026

Дата прийняття статті: 13.02.2026

Дата публікації статті: 02.03.2026