

jevointehratsii ta staloho povoiennoho vidnovlennia. Aspekty publicnogo upravlinnia, 13(3), 28–38.

4. Hnatenko I. A., Snitko Ye. O., Markov R. V., & Utkin V. P. (2021). Upravlinnia proektamy klasteryzatsii innovatsiinoho pidpriemnytstva ahroprodovolchoi sfery v umovakh realizatsii stratehii staloho rozvytku, hlobalizatsii, didzhitalizatsii, ekonomichnoi kultury suspilstva, lohystychnoho ta kadrovoho menedzhmentu. Formuvannia rynkovykh vidnosyn v Ukraini, № 9, S. 106–113.

5. Oleksiv, I. B., & Dribniuk, A. M. (2023). Analiz suchasnykh instrumentiv investuvannia u vidnovliuvanu enerhetyky Ukrainy. Menedzhment ta pidpriemnytstvo v Ukraini: etapy stanovlennia i problemy rozvytku, 2(9), 315–325.

6. Zos–Kior, M., Ilin, V., & Svyryda, E. (2020). Rozvytok trudovoho potentsialu v systemi efektyvnoho menedzhmentu orhanizatsii. Ekonomika ta suspilstvo, (22).

7. Antypenko, N. V., Viedienina, Yu. Yu., Hnatenko, I. A., & Parkhomenko, O. P. (2021). Finansovi menedzhment resursozberezhennia innovatsiino oriientovanykh pidpriemstv u konteksti antykryzovoi stratehii rozvytku. Ahrosvit, (23), 10–16.

8. Zos–Kior, M. (2018). Udoskonalennia derzhavno–upravlinskoj praktyky zasobamy kariernoho konsaltnhu. Ekonomichnyi chasopys Skhidnoievropeiskoho natsionalnogo universytetu imeni Lesi Ukrainky, (1), 29–35.

9. Hnatenko, I. A. (2019). Metodolohichni aspekty rozvytku innovatsiinoho pidpriemnytstva: teoriia ta praktyka: monohrafiia. Kharkiv: SH NTM« Novyi kurs.

Дані про автора

Гнатенко Ірина Анатоліївна,

д. е. н., професор, професор кафедри менеджменту, Київський національний університет технологій та дизайну, Київ, Україна

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0254-2466>

e-mail: q17208@ukr.net

Data about the author

Iryna Hnatenko,

Doctor of Economics, Professor, Professor of the Department of Management, Kyiv National University of Technologies and Design, Kyiv, Ukraine

e-mail: q17208@ukr.net

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18853371>

МИКИТЧЕНКО Б. А.

Архітектура адаптивного управління активами девелоперської компанії з огляду на гнучкість фінансування, постачання та партнерських взаємодій

Предметом дослідження є архітектура адаптивного управління активами девелоперської компанії в умовах динамічних змін фінансового забезпечення, логістичних потоків та партнерських взаємодій. У центрі уваги знаходиться багаторівнева система рішень, яка забезпечує можливість активів реагувати на коливання ринкового середовища, зміну нормативних вимог, трансформацію ланцюгів постачання, а також на варіативність джерел капіталу. В основі предмету лежить дослідження того, яким чином фінансова гнучкість, цифрові ланцюги постачання та організаційні моделі координації впливають на життєвий цикл активів, їхню ефективність та стійкість.

Дослідження охоплює структуру цифрових механізмів моніторингу, прогнозної аналітики, математичного моделювання та інтегрованих систем керування активами, що описані в роботі. Особлива увага приділена цифровим двійникам, ERP–середовищам, BIM–інфраструктурі та системам АРМ/ЕАМ, які забезпечують динамічну оцінку стану активів і дозволяють здійснювати коригувальні дії в режимі реального часу.

Предмет також включає дослідження взаємодії між фінансовими потоками, логістичними обмеженнями та цифровими каналами постачання, що разом формують комплексну адаптивну архітектуру. Така архітектура розглядається як когнітивна система, здатна прогнозувати ризики, оптимізувати структуру активів і забезпечувати стійкість девелоперських проєктів.

Метою статті є формування цілісної концепції адаптивного управління активами девелоперської компанії з урахуванням гнучкості фінансування, цифрової логістики та інтегрованих партнерських структур. Завданням є розробка обґрунтованої архітектури, яка дозволяє узгоджувати фінансові, логістичні, технічні та інформаційні потоки в єдине цифрове середовище, здатне забез-

печувати стабільність активів у динамічно змінному ринковому контексті.

Мета передбачає побудову математичних і цифрових моделей, що пояснюють динаміку функціонування активів у відповідь на зовнішні та внутрішні виклики, а також визначають механізми оптимізації процесів прийняття рішень. Стаття прагне продемонструвати, як сучасні інструменти прогнозування аналітики, цифрових двійників, ERP/SCM-платформ і симуляційних систем можуть підтримувати стратегічну та операційну адаптивність девелоперської компанії.

Методологія проведення роботи ґрунтується на застосуванні структурно-системного, математичного, цифрово-аналітичного та когнітивного підходів, що використовуються в описаних моделях роботи. Вихідною базою є багаторівнева структура активів девелоперської компанії, яку проаналізовано через взаємодію фінансових потоків, цифрових каналів постачання, математичних моделей ефективності та динамічних функцій прийняття рішень.

Одним із ключових методів виступає аналітичне моделювання, представлене у вигляді функціональних залежностей, що описують стан активів, їх фінансову гнучкість, взаємозалежність із логістичними параметрами та реакційні властивості в умовах нестабільності. Формули, наведені в роботі, відображають підходи до оптимізації вартості капіталу, адаптивності фінансових джерел, прогнозування логістичних ризиків та динаміки змін параметрів активів у режимі реального часу.

Цифрова складова методології базується на використанні технологій BIM, ERP, IoT, систем управління активами (EAM, APM), прогнозування аналітики та цифрових двійників. У роботі вони застосовані для формування інтегрованого цифрового середовища, яке забезпечує збір, обробку та аналіз даних щодо технічного стану активів, їх фінансової поведінки, логістичних характеристик і можливих сценаріїв зовнішніх впливів.

Мультисценарний аналіз, представлений через моделювання what-if, дозволив визначити, як зміни в цифровому ланцюгу постачання впливають на ефективність активів і коригування фінансової архітектури. Також використано принципи когнітивного керування, де система реагування визначається через вагові коефіцієнти параметрів, оцінку ризиків, прогнозні моделі та адаптивні функції.

Результати роботи. У результаті опрацьованого матеріалу сформовано комплексну архітектуру адаптивного управління активами девелоперської компанії, що поєднує фінансову гнучкість, цифрову логістику та інтелектуальні механізми моделювання. Визначено, що адаптивність активів може бути досягнута через інтеграцію цифрових двійників, математичних моделей прогнозування та мультисценарних систем оцінювання ризиків.

Отримані результати демонструють, що фінансова гнучкість є критичною передумовою для підтримання стабільності активів, особливо в умовах волатильності ринку та зміни джерел капіталу. Сформульовані моделі дозволяють оцінювати адаптивність фінансових механізмів, оптимізувати структуру джерел фінансування та зменшувати вартість капіталу за рахунок ризик-орієнтованих коригувань.

У логістичному аспекті стаття демонструє важливість цифрових ланцюгів постачання, які забезпечують прозорість потоків ресурсів та оперативну адаптацію до перебоїв. Побудовані моделі показують, як зміни в логістичних параметрах впливають на вартість, терміни та якість функціонування активів.

У цифровому вимірі визначено, що інтеграція BIM, ERP, IoT та систем управління активами забезпечує формування єдиного інформаційного поля, у якому кожен актив набуває властивостей «розумної сутності». Це дозволяє прогнозувати поведінку активів, автоматизувати коригування та забезпечувати безперервний моніторинг.

Висновки. Проведене дослідження підтвердило, що адаптивне управління активами девелоперської компанії є багатокомпонентною системою, ефективність якої визначається узгодженістю фінансової, логістичної та цифрової інфраструктур. Сформована архітектура демонструє, що активи перестають бути статичними одиницями та перетворюються на динамічні елементи інтелектуальної системи, здатної до прогнозування, коригування та оптимізації. Висновки засвідчують, що фінансова гнучкість відіграє фундаментальну роль у забезпеченні стійкості активів. Застосовані математичні моделі дають змогу визначити здатність системи швидко перебудовувати фінансові кана-

ли, оптимізувати вартість капіталу й підтримувати ліквідність у ситуаціях ринкової нестабільності. Не менш важливим є включення цифрових ланцюгів постачання, які формують новий рівень контролю за матеріальними потоками й дозволяють синхронізувати логістику зі станом активів. Отримані результати підтверджують, що такі ланцюги безпосередньо впливають на вартість активів, їхню доступність та експлуатаційні параметри. Цифрова архітектура, що включає цифрові двійники, ERP-системи, IoT-мережі та прогнозу аналітику, довела свою здатність забезпечувати інтегрований моніторинг і когнітивне прийняття рішень. Моделі продемонстрували, що адаптивність активів можна вимірювати, прогнозувати та підсилювати шляхом впровадження інтелектуальних алгоритмів. Узагальнюючи результати, можна зазначити, що запропонована архітектура створює основу для формування стійкої цифрово-орієнтованої інфраструктури управління активами, здатної підвищити ефективність девелоперських компаній та забезпечити їх системне реагування на виклики ринку.

Ключові слова: активи, адаптивність, цифровий двійник, фінансова гнучкість, ланцюги постачання, логістика, ERP-системи, прогнозна аналітика, управління активами.

BOHDAN MYKYTCHENKO

Architecture of adaptive asset management in a development company in view of financial flexibility, supply, and partnership interactions

The subject of the research is the architecture of adaptive asset management in a development company under conditions of dynamic changes in financial support, logistical flows, and partnership interactions. The focus is on a multi-level decision-making system that enables assets to respond to market fluctuations, regulatory changes, transformations in supply chains, and variations in capital sources. The essence of the subject lies in examining how financial flexibility, digital supply chains, and organizational coordination models influence the asset lifecycle, their efficiency, and resilience.

The study covers the structure of digital monitoring mechanisms, predictive analytics, mathematical modelling, and integrated asset management systems described in the work. Particular attention is paid to digital twins, ERP environments, BIM infrastructure, and APM/EAM systems, which ensure dynamic assessment of asset condition and allow corrective actions in real time. The subject also includes the study of interactions between financial flows, logistical constraints, and digital supply channels, which together form a comprehensive adaptive architecture. Such an architecture is considered as a cognitive system capable of forecasting risks, optimizing asset structure, and ensuring the resilience of development projects.

The purpose of the article is to develop a holistic concept of adaptive asset management in a development company, taking into account financial flexibility, digital logistics, and integrated partnership structures. The task is to develop a substantiated architecture that allows the alignment of financial, logistical, technical, and informational flows into a unified digital environment capable of ensuring asset stability in a dynamically changing market context.

The purpose includes the creation of mathematical and digital models that explain the dynamics of asset functioning in response to external and internal challenges, as well as determining mechanisms for optimizing decision-making processes. The article aims to demonstrate how modern tools of predictive analytics, digital twins, ERP/SCM platforms, and simulation systems can support the strategic and operational adaptability of a development company.

The methodology of the study is based on structural-system, mathematical, digital-analytical, and cognitive approaches used in the described models. The starting point is the multi-level structure of a development company's assets, analyzed through the interaction of financial flows, digital supply channels, mathematical efficiency models, and dynamic decision functions. One of the key methods is analytical modelling, presented as functional dependencies describing asset condition, financial flexibility, interdependence with logistical parameters, and response characteristics under uncertainty. The formulas provided in the work reflect approaches to optimizing capital cost, adaptability of financial sources, forecasting logistical risks, and real-time dynamics of asset parameters.

The digital component of the methodology relies on BIM, ERP, IoT technologies, asset management systems (EAM, APM), predictive analytics, and digital twins. They are used to create an integrated digital environment that ensures the collection, processing, and analysis of data regarding asset technical condition, financial behaviour, logistical characteristics, and possible scenarios of external influence.

Multiscenario analysis, presented through what-if modelling, made it possible to determine how changes in the digital supply chain affect asset efficiency and adjustments to the financial architecture. Cognitive management principles are also applied, where the response system is determined through weighted parameter coefficients, risk assessment, predictive models, and adaptive functions.

Research Results. *As a result of the analyzed material, a comprehensive architecture of adaptive asset management in a development company was developed, integrating financial flexibility, digital logistics, and intelligent modelling mechanisms. It was determined that asset adaptability can be achieved through the integration of digital twins, predictive mathematical models, and multiscenario risk assessment systems.*

The obtained results demonstrate that financial flexibility is a critical prerequisite for maintaining asset stability, especially under market volatility and changes in capital sources. The developed models allow the evaluation of financial adaptability, optimization of financing structures, and reduction of capital cost through risk-oriented adjustments. In the logistical aspect, the article demonstrates the importance of digital supply chains, which ensure transparency of resource flows and rapid adaptation to disruptions. The constructed models show how changes in logistical parameters affect the cost, timeframe, and quality of asset functioning.

In the digital dimension, it is established that the integration of BIM, ERP, IoT, and asset management systems ensures the formation of a unified information environment in which each asset acquires the properties of an «intelligent entity.» This enables forecasting of asset behaviour, automated adjustments, and continuous monitoring.

Conclusions. *The study confirms that adaptive asset management in a development company is a multi-component system whose effectiveness depends on the alignment of financial, logistical, and digital infrastructures. The developed architecture shows that assets cease to be static units and become dynamic elements of an intelligent system capable of forecasting, adjustment, and optimization. The conclusions indicate that financial flexibility plays a fundamental role in ensuring asset resilience. The mathematical models applied make it possible to determine the system's ability to rapidly restructure financial channels, optimize capital cost, and maintain liquidity under market instability. Equally important is the inclusion of digital supply chains, which create a new level of control over material flows and allow logistics to be synchronized with asset condition. The obtained results confirm that such chains directly influence asset value, availability, and operational parameters. The digital architecture, which includes digital twins, ERP systems, IoT networks, and predictive analytics, has proven its ability to provide integrated monitoring and cognitive decision-making. The models demonstrated that asset adaptability can be measured, forecasted, and enhanced through the implementation of intelligent algorithms. Summarizing the results, it can be concluded that the proposed architecture forms the basis for creating a resilient, digitally oriented asset management infrastructure capable of improving the efficiency of development companies and ensuring their systematic response to market challenges.*

Keywords: *assets, adaptability, digital twin, financial flexibility, supply chains, logistics, ERP systems, predictive analytics, asset management.*

Постановка проблеми. Сучасна девелоперська діяльність функціонує в умовах зростаючої складності ринкового середовища, що характеризується високою волатильністю фінансових потоків, нестабільністю ланцюгів постачання та збільшенням кількості зовнішніх ризиків. Активи девелоперських компаній – як матеріальні, так і нематеріальні – стають критичним елементом забезпечення стійкості та конкурентоспроможності, адже їхній стан безпосередньо визна-

чає економічні результати, швидкість реалізації проєктів і здатність компанії адаптуватися до непередбачуваних змін. Проте традиційні підходи до управління активами не враховують швидкоплинності сучасного середовища, оскільки ґрунтуються на статичних моделях контролю та планування, що обмежує їхню ефективність.

Проблема полягає у відсутності інтегрованої архітектури адаптивного управління активами, здатної синхронізувати фінансову гнучкість, цифр-

рову логістику та сучасні технології моніторингу з процесами прийняття рішень. Фінансові коливання, перебої в постачанні, дефіцит матеріалів, технічні ризики та зміни нормативно-правових умов створюють потребу у системі, яка не лише реагує на фактичні зміни, а й прогнозує їх, пропонуючи оптимізаційні рішення в реальному часі.

Особливої ваги набувають цифрові інструменти – цифрові двійники, ERP-системи, BIM, IoT, APM/EAM – які формують нову парадигму управління активами. Проте їхня фрагментарна інтеграція не забезпечує цілісності процесів. Виникає потреба в розробці адаптивної багаторівневої архітектури, яка поєднає математичні моделі, цифрові платформи та когнітивні механізми реагування у єдину систему.

Аналіз досліджень і публікацій проблеми.

У сучасному науковому просторі проблема адаптивного управління активами розглядається як складна багатовимірна тема, що поєднує концепції цифрової трансформації, організаційної гнучкості та аналітичного моделювання стану активів. Дослідження останніх років демонструють зростаючу увагу до інтеграції цифрових технологій у процеси управління, особливо в галузях, пов'язаних зі значними обсягами матеріальних ресурсів та високим рівнем ризиків, як-от будівництво та девелопмент. Одним із ключових напрямів наукового аналізу є використання цифрових двійників для відтворення, моделювання та прогнозування життєвого циклу активів. У численних публікаціях цифрові двійники описуються як інструмент, що забезпечує високу точність прийняття рішень завдяки можливості враховувати реальні дані, симулювати поведінку активів і прогнозувати потенційні відхилення. Такий підхід розглядається як фундамент для підвищення стратегічної стійкості активів та оптимізації їх використання.

Паралельно значна увага приділяється питанню організаційної адаптивності. У літературі наголошується, що здатність компанії швидко реагувати на зміни зовнішнього середовища, перебудовувати процеси та впроваджувати інноваційні підходи тісно пов'язана з ефективністю управління активами. Організаційна культура, гнучкість команд, здатність інтегрувати нові інструменти та технології – усе це визначається як необхідна умова адаптивної архітектури управління. Окремий пласт досліджень присвячено підвищенню продуктивності активів через систе-

ми управління їхнім життєвим циклом. В цих роботах підкреслюється важливість використання комплексних цифрових платформ, які поєднують технічні показники, фінансові параметри, дані про зношеність, логістичні залежності та інші фактори, що впливають на ефективність активів. Суттєвий науковий інтерес зосереджено на цифрових ланцюгах постачання. У сучасній літературі вони розглядаються як один із ключових інструментів забезпечення безперервності будівельних процесів, зменшення ризиків та підвищення прозорості логістичних операцій. Підкреслюється, що цифровізація постачання здатна забезпечити раніше недосяжний рівень точності, контролю та прогнозованості. Не менш важливим є напрям, пов'язаний з адаптацією фінансових стратегій компаній. Дослідження зосереджуються на проблемах вартості капіталу, ризик-коригування та оптимізації джерел фінансування в умовах невизначеності, що є критично важливим для девелоперської діяльності.

Адаптивне управління активами в межах девелоперської діяльності становить складну багатовимірну систему рішень, що забезпечує здатність компанії оперативно реагувати на коливання ринку, регуляторні зміни та варіативність ресурсного забезпечення. В основі концепції лежить ідея динамічної збалансованості між наявними активами та зовнішніми умовами, яка уможлиблює сталий розвиток навіть за нестабільного інвестиційного фону. Саме у будівельному секторі, де ризики масштабні, а структура активів часто жорстко зафіксована на тривалий час, адаптивність набуває статусу ключової управлінської компетенції.

Під активами у девелопменті розуміють не лише фізичні об'єкти або нерухомість у процесі будівництва, а також фінансові, інформаційні, людські та інтелектуальні ресурси, що є фундаментом операційної потужності. Кожен з цих видів активів має власні характеристики мінливості, ступінь ліквідності та схильності до ризиків. Відповідно, адаптивне управління передбачає багатовекторний аналіз стану активів, їхнього потенціалу, впливу зовнішнього середовища та можливості їх перерозподілу або конверсії.

Аналіз досліджень та публікацій. Ідеологічно адаптивне управління бере витоки з системного підходу до управління, сформульованого ще в роботах Саймона, Ешбі та Форрестера, з акцентом на те, що складні системи повинні мати внутріш-

ні механізми саморегуляції у відповідь на зміну зовнішніх параметрів. Пізніше цю ідею було розширено через теорію складних адаптивних систем (complex adaptive systems), зокрема у працях Геллана та Холланда. У контексті девелопменту ці ідеї отримали новий імпульс на тлі посилення глобальної конкуренції, варіативності регіональних норм, обмеженості ресурсів і необхідності інтеграції інновацій у структуру активів [1].

Виклад основного матеріалу. На відміну від статичного підходу, коли активи розглядаються як фіксовані інструменти із заданим вектором експлуатації, адаптивна модель виходить із імовірного характеру управлінського простору. Сучасна девелоперська компанія функціонує в умовах постійної невизначеності щодо термінів реалізації проекту, вартості будівельних матеріалів, доступності фінансування, інституційної підтримки та кінцевого попиту. Це передбачає необхідність формування моделей гнучкого реагування, які, з одного боку, здатні зафіксувати базову структуру активів, а з іншого – забезпечують механізми їх переформатування залежно від умов.

Одним із ключових підходів до адаптивного управління є системно-функціональна модель, яка інтегрує методи динамічного аналізу та оптимізаційного планування. Згідно з нею, управлінські впливи задаються у вигляді вектору рішень, а стан активів у системі змінюється згідно з визначеними диференційованими функціями. Загальний вигляд моделі можна подати у вигляді формули 1:

$$\frac{dS_i(t)}{dt} = \varphi_i(V_i(t), H_i(t), K_i(t)) - \beta_i S_i(t), \quad (1)$$

де $S_i(t)$ – поточна величина активу i -го типу в момент часу t ; $V_i(t)$ – функція фінансування активу; $H_i(t)$ – вплив зовнішнього середовища (цінові, нормативні фактори); $K_i(t)$ – внутрішні резерви адаптації; β_i – коефіцієнт втрати ефективності активу. Ця модель дозволяє враховувати не лише поточний стан активів, а й прогностичну динаміку їх зміни за різних сценаріїв.

Паралельно з математичним підходом вартим уваги є і організаційно-поведінковий аспект. Сучасні дослідження, зокрема праці К. Маккелві, Дж. Уолша, С. Лівітта, засвідчують, що адаптивність компанії досягається не лише через алгоритми, а й через здатність організаційної культури до сприйняття змін, швидкого реагування, делегування повноважень і формування середовища гнучких компетенцій. Таким чином, управління ак-

тивами перетворюється на діалог між системною логікою та організаційною еволюцією [2].

Варто також наголосити на міждисциплінарному характері поняття «актив» у сучасному девелопменті. Якщо в бухгалтерському обліку актив – це інструмент, який генерує майбутні економічні вигоди, то у стратегічному управлінні активами додається ще параметр здатності до адаптації, тобто до генерації вигоди в умовах змін. Саме цей параметр є центральним у побудові архітектури адаптивного управління. Інакше кажучи, актив стає не просто ресурсом, а «гнучким потенціалом», що реагує на зовнішнє середовище за

Розгляд адаптивного управління у світлі міжнародного досвіду також засвідчує, що успішні девелоперські компанії, такі як Skanska, Hines або Hochtief, дедалі більше інтегрують концепції resilience management, де активи класифікуються не лише за фізичним станом, а й за їхньою реакційною здатністю до зовнішніх викликів. Це передбачає створення портфельної структури активів з різними рівнями гнучкості, які можуть поєднуватись у відповідь на стратегії компанії. Наприклад, високоліквідні активи забезпечують швидкий маневр, а капіталомісткі – довгострокову стабільність [3].

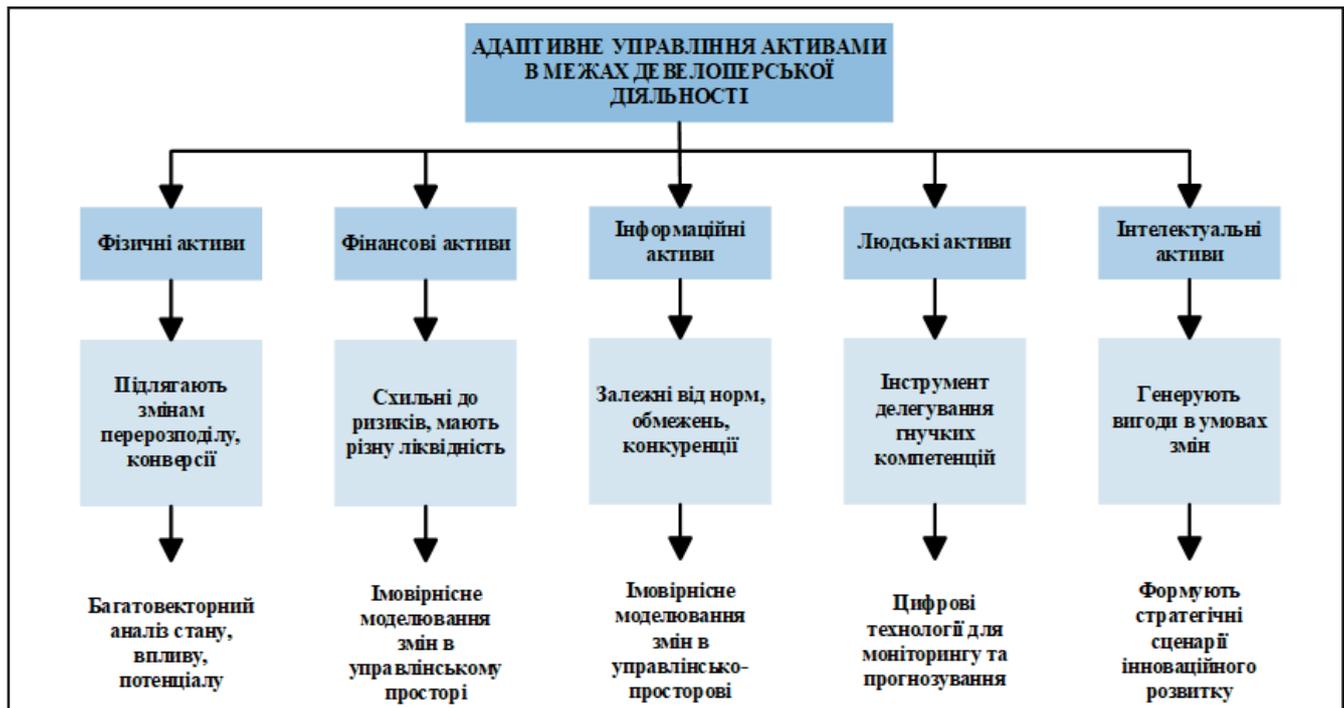
Для ефективної реалізації адаптивного управління активами в межах девелоперської діяльності необхідно враховувати специфіку кожного типу активів та їх взаємодію з зовнішнім середовищем. Нижче представлено рисунок 1 ключових класифікацій і функціональних зв'язків між видами активів у контексті адаптивного управління.

В аналітичному плані ефективність адаптивного управління активами доцільно оцінювати за комплексом інтегральних показників, які враховують як рентабельність, так і гнучкість. Один із варіантів такого підходу – побудова індексу адаптивності активів, що може бути подано у вигляді формули 2:

$$AI = \sum_{i=1}^n \left(\frac{C_i \times T_i}{R_i + M_i} \right), \quad (2)$$

де C_i – ступінь ліквідності i -го активу, T_i – гнучкість управління ним, R_i – витрати на його утримання, M_i – внутрішня волатильність. Такий індекс дозволяє не лише оцінити ефективність конкретного активу, а й вивести стратегічну картину стійкості активної структури компанії.

Таким чином, теоретичне осмислення адаптивного управління активами у девелоперській сфері вимагає комплексного підходу: від мате-



Рисунки 1. Структурна схема адаптивного управління активами девелоперської компанії

Джерело: розроблено автором на основі [3]

матичних моделей та цифрових симуляцій до організаційної поведінки, адаптаційної культури та стратегічної гнучкості. Власне в цьому і полягає суть архітектури адаптивності – вона має бути не лише інженерною або фінансовою конструкцією, а міждисциплінарною логікою побудови майбутнього стійкого розвитку.

Заглибившись у теоретичні засади та міждисциплінарну сутність адаптивного управління активами, доцільно перейти до аналізу одного з його фундаментальних компонентів – фінансової гнучкості, яка забезпечує стійкість і маневрність девелоперської компанії в умовах постійної зміни ринкових обставин.

Фінансова гнучкість є ключовою передумовою побудови адаптивної архітектури управління активами, оскільки вона забезпечує здатність девелоперської компанії ефективно функціонувати в умовах волатильного середовища, зокрема при коливаннях цін на будівельні матеріали, змінах облікових ставок, переформатуванні регуляторної бази чи трансформації попиту на ринку житлової та комерційної нерухомості. Роль фінансування в цьому контексті не обмежується лише забезпеченням доступу до капіталу – йдеться про створення системи оперативного управління фінансовими ресурсами, яка дозволяє реагувати на виклики, не порушуючи логіки розвитку активів компанії [4].

У девелопменті фінансування має яскраво виражений фазовий характер, тобто різні етапи життєвого циклу проекту потребують різних підходів до формування фінансових потоків. Наприклад, етап передпроектного планування орієнтований на стратегічне фінансування з високим ступенем невизначеності, тоді як будівельна фаза вимагає стабільного залучення кредитного капіталу або лізингових інструментів. У свою чергу, фаза експлуатації активу може забезпечуватись через моделі повернення інвестицій (ROI), орендні потоки або перепродаж на вторинному ринку.

З огляду на це, фінансова гнучкість постає як здатність системи швидко переключатися між різними джерелами капіталу, модифікувати структуру капітальних витрат та забезпечувати відновлення ліквідності за зміни макрофінансового фону. Поняття гнучкості фінансування нерозривно пов'язане з концепцією «оптимального фінансового важеля» (optimal leverage), за якого компанія маневрує між зовнішніми та внутрішніми джерелами фінансування таким чином, щоб мінімізувати вартість капіталу і водночас не втратити керованість проектами.

З позиції математичного моделювання гнучкість фінансування може бути оцінена через формулу 3, коефіцієнт фінансової адаптивності (FAI):

$$FAI = \frac{\sum_{i=1}^n (J_i \times L_i)}{B+Y}, \quad (3)$$

де J_i – ваговий коефіцієнт надійності джерела фінансування i , L_i – обсяг доступного фінансування з цього джерела, B – загальні капітальні витрати проекту, Y – обсяг поточних зобов'язань. Чим вищим є значення FAI , тим більш гнучким є фінансовий каркас девелопера.

У сучасному управлінні активами особливої актуальності набуває багатоканальне фінансування, яке формує базу для реалізації кількох сценаріїв розвитку. Йдеться не лише про класичні джерела – банківські кредити, кошти інвесторів або попередні продажі, – а й про альтернативні фінансові інструменти: облігації під окремі проекти, інвестиційні платформи (REIC, REIT), механізми державної участі у формі державно–приватного партнерства, фінансування через краудлендінгові платформи. Особливо ефективними ці механізми виявляються у випадку високого ступеня ризику або обмеженої кредитної історії девелопера.

Адаптивна архітектура фінансування передбачає можливість миттєвого перерозподілу пріоритетів за умов несподіваних збоїв у ринку або логістиці. Наприклад, за умов підвищення облікової ставки Нацбанку проект із фіксованим кредитним фінансуванням може втратити ліквідність, тому важливо мати механізм трансформації зовнішнього боргу у внутрішнє рефінансування або розподілений лізинговий план. Такий підхід підтримується фінансовими стратегіями, зокрема в дослідженнях Р. Майерса та С. Модільяні, які підкреслювали, що структура капіталу повинна бути адаптована до циклічності економіки [5].

Гнучке фінансування також нерозривно пов'язане з ризик–менеджментом, адже саме через мультिवаріантні фінансові інструменти девелопер може частково або повністю хеджувати ризики ліквідності, валютні ризики або ризики дефіциту обігових коштів.

У межах вищезазначеної логіки адаптивного управління фінансуванням девелоперських проектів доцільним є математичне відображення взаємозв'язку між джерелами капіталу, рівнем ризику та ефективністю використання фінансових інструментів. Для цього можна використати формулу 4 оптимізації фінансової архітектури, яка враховує вплив кожного джерела фінансування на загальну вартість капіталу з поправкою на ризик, адаптовану до багатоканального середовища:

$$WACC^* = \sum_{a=1}^n \left(\frac{P_a}{\sum_{b=1}^n P_b} \times (v_a + \gamma_a \times \beta_a) \right) \times (1 - G_a) \times \varphi_a, \quad (4)$$

де: $WACC^*$ – адаптивна середньозважена вартість капіталу з урахуванням ризик–коригування (Adaptive Weighted Average Cost of Capital); P_a – обсяг залучених коштів із a -го джерела (банк, REIT, PPP, краудлендінг тощо); v_a – номінальна ставка або вартість капіталу за a -м джерелом; γ_a – коефіцієнт ризик–коригування для a -го джерела фінансування; β_a – дисперсія або волатильність очікуваних грошових потоків від a -го джерела; G_a – податковий коефіцієнт або рівень податкової пільги, якщо така застосовується до джерела; φ_a – коефіцієнт доступності або гнучкості (від 0 до 1), що відображає потенціал швидкої мобілізації коштів із даного джерела; n – загальна кількість фінансових каналів.

Ця формула дозволяє будівельній компанії оцінити вплив кожного фінансового інструменту не лише за прямими витратами, а й з урахуванням ризиків, податкових умов і реальної доступності, забезпечуючи комплексне бачення стратегії капіталізації в умовах невизначеності.

На рівні стратегічного управління фінансову гнучкість слід розглядати як частину ширшої моделі інтеграції: фінанси → активи → проект. Якщо актив не має достатнього рівня фінансової адаптивності, його неможливо ефективно використовувати як елемент розвитку.

Окрему роль у забезпеченні фінансової гнучкості відіграють цифрові платформи управління потоками. Інтегровані ERP–системи (наприклад, SAP S/4HANA, Oracle NetSuite, 1С:Підприємство) дозволяють формувати симульовані моделі сценарного бюджетування, миттєво виводити аналітику щодо cash–flow та коригувати фінансову поведінку активу з урахуванням зовнішніх впливів. Ці системи дозволяють розраховувати не лише точки беззбитковості, а й «точки адаптивної витримки» – часові відрізки, протягом яких актив може залишатись життєздатним без зовнішнього до фінансування [6].

Щоб систематизувати ключові механізми, які забезпечують фінансову гнучкість девелоперської компанії на різних фазах життєвого циклу проекту, доцільно узагальнити їх зобразити у вигляді рисунку 2. Такий підхід дозволяє візуалізувати як традиційні джерела фінансування, так і сучасні цифрові та поведінкові інструменти, що підвищують адаптивність до змін зовнішнього середовища.

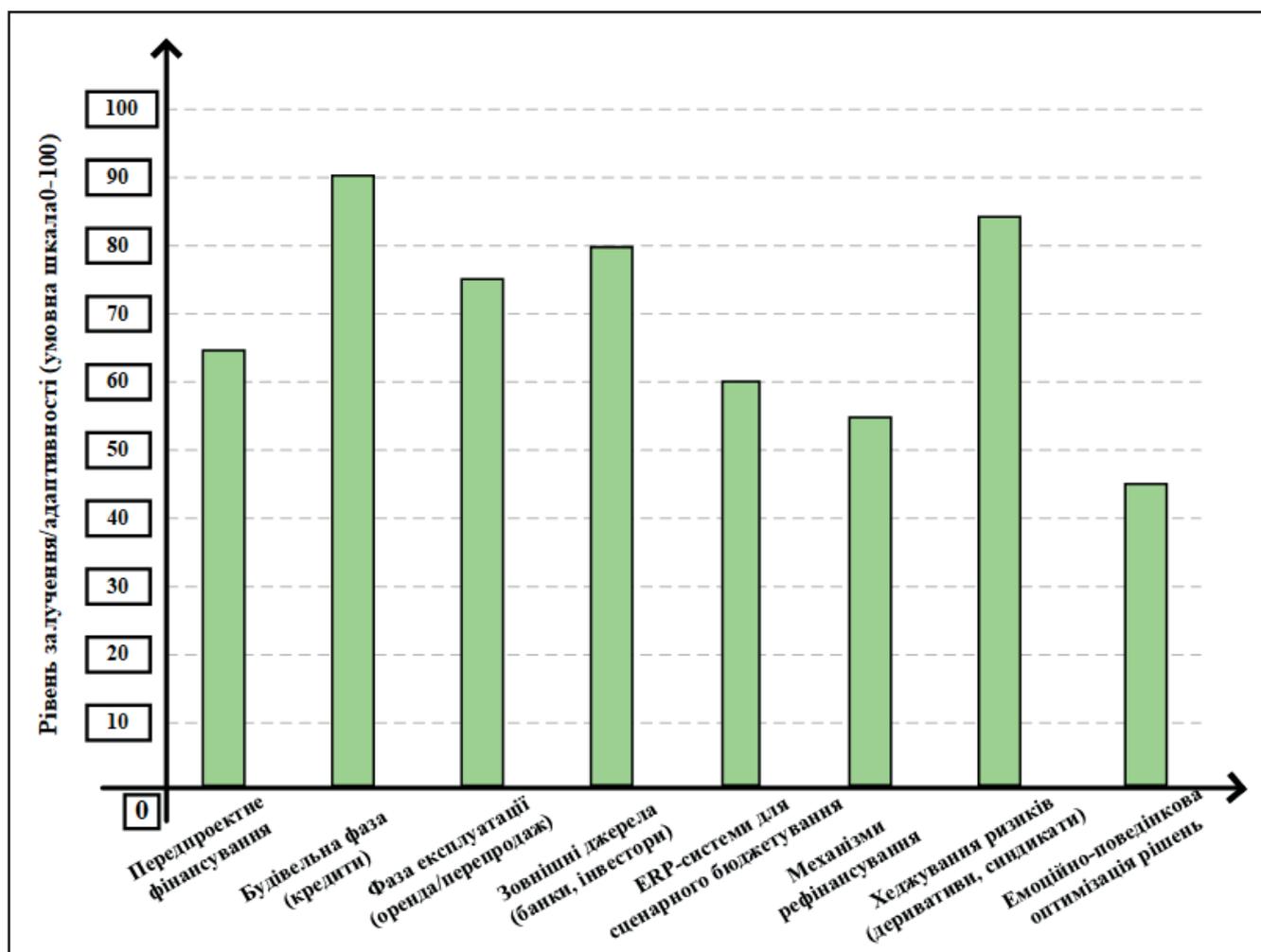


Рисунок 2. Фінансова гнучкість у девелоперській діяльності: ключові канали і механізми

Джерело: розроблено автором на основі [6]

Таким чином, гнучкість фінансування – це не просто здатність залучати капітал з різних джерел, а побудова стійкої фінансової системи, яка дозволяє управляти ризиками, підтримувати ліквідність активів і гарантувати розвиток навіть у складних ринкових умовах. Вона є невід’ємним компонентом адаптивної архітектури управління активами, оскільки забезпечує ту саму керовану варіативність, яка й становить суть адаптивності.

Після окреслення значення фінансової гнучкості в управлінні активами логічним є перехід до ще одного критично важливого компонента – цифрових ланцюгів постачання, які формують новий рівень адаптивності в логістиці, координації та структурі активів девелоперської компанії.

Сучасна будівельна галузь переживає глибоку трансформацію, зумовлену зміною парадигми управління матеріальними, фінансовими та інформаційними потоками. Ключову роль у цьому процесі відіграє інтеграція цифрових ланцюгів постачання

(Digital Supply Chains, DSC) з архітектурою управління активами девелоперської компанії. Якщо раніше ланцюги постачання в будівництві розглядалися як лінійна логістична структура, що забезпечує своєчасну доставку матеріалів на об’єкт, то сьогодні йдеться про комплексну інформаційно-аналітичну мережу, здатну впливати на формування, оцінку та адаптацію активів у реальному часі.

Взаємодія між DSC і системою активів у девелопменті формує нову конфігурацію управлінської моделі – з гнучкими модулями реагування, цифровими сенсорними каналами, багатофакторними KPI та автоматизованими процедурами прийняття рішень. Це дозволяє перейти від реактивного управління до проактивного планування. Адаптивність тут проявляється у здатності системи не лише підлаштовуватись під нові умови, а й самостійно прогнозувати вузькі місця, формувати альтернативні сценарії постачання та динамічно коригувати структуру активів.

Цифровий ланцюг постачання – це не просто цифрова версія фізичного транспорту чи обліку. Його сутність полягає в наскрізній прозорості руху ресурсів, даних та капіталу. Такі системи охоплюють технології IoT (моніторинг ресурсів у реальному часі), RFID (ідентифікація партій матеріалів), ERP (планування ресурсів підприємства), WMS (системи управління складами), TMS (керування транспортуванням), блокчейн (гарантії достовірності та джерела) та елементи штучного інтелекту (оптимізація маршрутів і бюджетів). Усе це забезпечує аналітичну базу для прийняття рішень у системі активів [7].

Варто зазначити, що активи в системі DSC не є статичними об'єктами. Вони виступають як вузли динамічного балансу – ресурси, які або підлягають трансформації, або впливають на логіку потоків. Наприклад, недоставлений у термін бетон може затримати монолітний етап, змінити графік, а отже й змінити вартість об'єкта, зменшуючи тим самим ефективність активу. Таким чином, DSC виступає не лише інструментом доставки, а й аналітичним індикатором поточної та прогнозної вартості активів.

Математична інтерпретація адаптивної взаємодії активів і DSC може бути представлена у вигляді формули 5, де обсяг зміни активу ΔA_i залежить від багатофакторного середовища:

$$\Delta A_i = \sum_{j=1}^n \beta_{ij} \times W_j + \gamma_i \times P_i + \delta_i, \quad (5)$$

де W_j – фактори цифрового ланцюга постачання (терміни поставки, вартість логістики, стабільність постачальника тощо), β_{ij} – коефіцієнти впливу DSC на конкретний актив, P_i – ступінь критичності активу, γ_i – коефіцієнт реакційної гнучкості, δ_i – випадкові відхилення, пов'язані з форс-мажорами або зовнішніми чинниками.

Теоретичною основою інтеграції DSC у структуру управління активами є концепція «розумного ланцюга» (Smart Chain), яка базується на принципах кіберфізичних систем. Як доводить дослідниця Сьюзан Ламб у своїй праці «Supply Chain Management: Processes, Partnerships, Performance», успішний ланцюг постачання повинен бути інтегрований із системою активів і функціонувати не автономно, а як частина стратегічного ланцюга вартості. У девелопменті це означає, що склади, підрядники, постачальники, фінансисти, аудиторі та навіть кінцеві споживачі мають бути об'єднані в єдину цифрову платформу з управління активами.

Особливо показовим прикладом є використання BIM-моделей у зв'язку з ланцюгами постачання. Зазвичай BIM розглядається як цифровий двійник об'єкта будівництва, але в інтегрованому підході до DSC BIM включає також інформацію про логістичні траєкторії, динаміку надходження матеріалів, терміни зберігання на об'єкті та потенційні збої. Це дозволяє формувати «динамічну карту активів», де кожна зміна в логістиці негайно позначається на моделі активу [8].

На рівні управлінських рішень така інтеграція змінює логіку формування планів і бюджетів. Якщо раніше оцінка вартості активу здійснювалась за єдиним сценарієм, то зараз в основу закладається модель мультисценарного моделювання, де фінансова оцінка залежить від результатів симуляцій логістичних ризиків, часу простою, залежностей між постачальниками. Цей підхід відображається у функціональному модулі сучасних ERP-платформ, які дозволяють проводити what-if-аналіз, та які можна подати у вигляді формули 6:

$$A_i(t) = f(GE_{ij}, V_{ij}, M_{ij}, I_{ij}), \quad (6)$$

де GE_{ij} – час поставки j -го ресурсу до активу i , V_{ij} – кількість, M_{ij} – вартість, I_{ij} – відхилення від плану. Така модель дозволяє оцінити, як конкретна зміна в DSC вплине на капіталізацію або дохідність активу.

Показово, що провідні девелопери, зокрема Lendlease, Interserve, Bechtel та Skanska, уже впровадили цифрові платформи, де всі учасники процесу мають доступ до єдиного середовища моніторингу та управління. Наприклад, платформи на базі RIB iTWO дозволяють інтегрувати планування, бюджетування, логістику, контроль запасів і закупівель у реальному часі. Це забезпечує не лише скорочення витрат, а й підвищення точності прийняття рішень.

Поряд з очевидними перевагами, інтеграція DSC з активами висуває нові вимоги до компетенцій персоналу: потрібні фахівці з аналізу даних, IT-фахівці у сфері будівництва, інтегратори платформ, аналітики ризиків постачання. Формується нова роль – «цифровий логіст активів», який займається не просто постачанням, а управлінням взаємодією між потоком і активом [9].

Представлений нижче рисунок 3 ілюструє, як відбувається поетапна інтеграція цифрового ланцюга постачання з активами девелоперської компанії, демонструючи взаємозв'язок між критичністю активів, факторами цифрової логістики

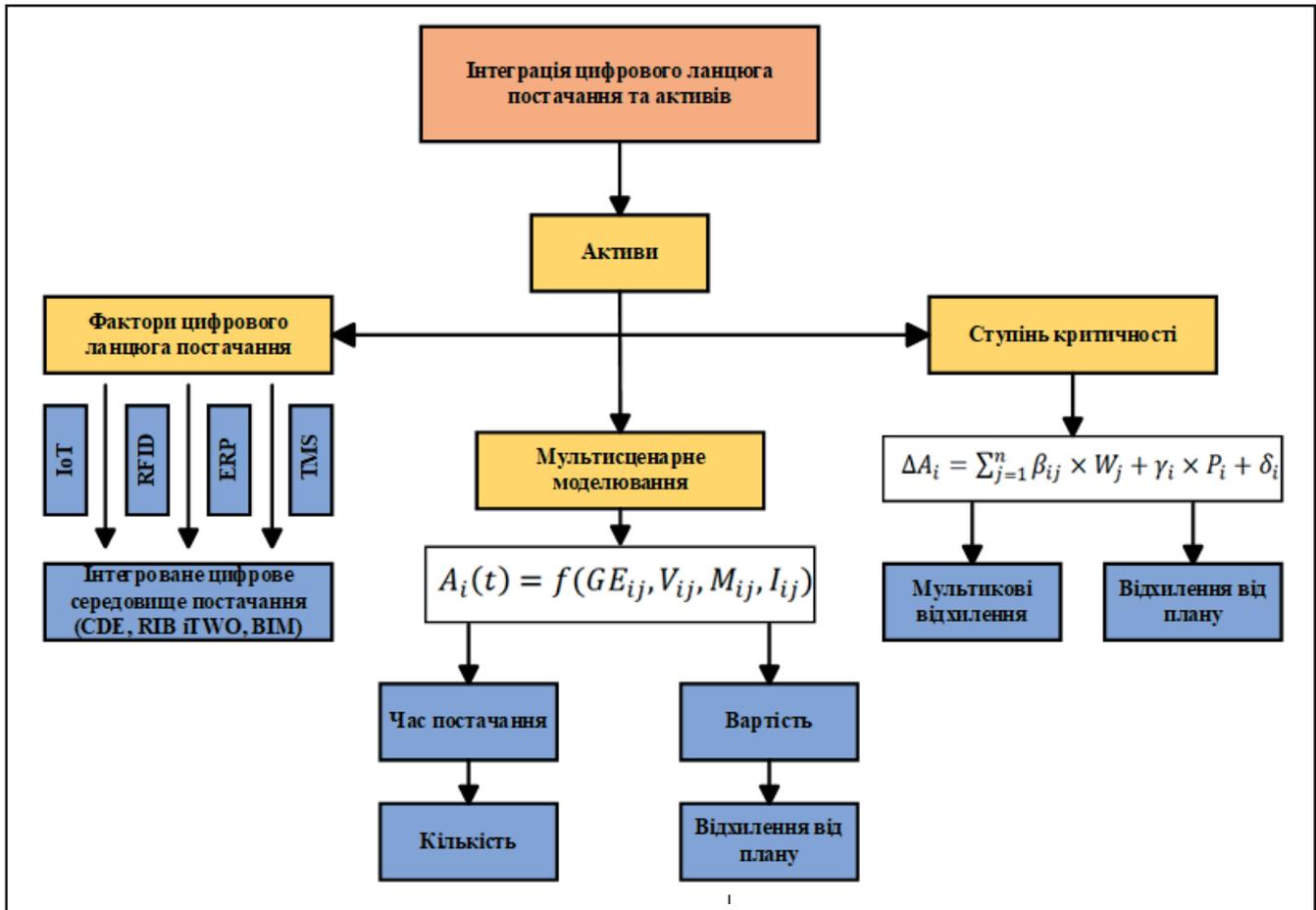


Рисунок 3. Інтеграція цифрового ланцюга постачання та активів у системі адаптивного управління девелоперської компанії

Джерело: розроблено автором на основі [9]

та мультисценарним моделюванням для адаптивного управління.

Таким чином, адаптивне управління активами девелоперської компанії неможливо уявити без глибокої та органічної інтеграції з цифровими ланцюгами постачання. Саме через такі ланцюги реалізується не лише доставка ресурсів, а й інтелектуальне управління інформацією, ринковими ризиками, логістичною стійкістю та структурою капіталу. Це формує фундамент для сучасної адаптивної архітектури, де актив – це не лише об’єкт володіння, а елемент розумної аналітичної системи.

На цьому тлі стає очевидним, що ефективне функціонування цифрових ланцюгів постачання потребує не лише зовнішньої інтеграції, а й внутрішньої узгодженості з моделями управління. Саме тому моделювання та цифрове забезпечення архітектури адаптивності активів набувають центрального значення в побудові стійкої інфраструктури девелоперської компанії.

У контексті сучасного девелопменту адаптивність перестала бути винятково організаційною властивістю – вона стала математичною, інженерною та цифровою структурою, яка забезпечує можливість передбачати зміни, реагувати на них у реальному часі й автоматично коригувати внутрішню логіку управління активами. Саме моделювання та цифрове забезпечення утворюють центральний каркас цієї архітектури. Без них адаптивне управління активами зводиться до інтуїтивного прийняття рішень, що в умовах складних ринкових динамік є надто вразливим.

Під архітектурою адаптивного управління активами в цифровому середовищі розуміється цілісна система, яка поєднує інфраструктуру збору даних (сенсори, BIM, ERP), цифрові модулі аналізу (Business Intelligence, AI-алгоритми), програмні інструменти керування активами (EAM, CMMS, APM) і візуальні цифрові представлення (цифрові двійники, 3D-моделі, KPI-панелі). Основна її функція – інтеграція структурних і дина-

мічних параметрів активів у гнучку модель прийняття рішень.

У межах описаної архітектури цифрового управління активами ключовим викликом стає математичне узгодження вхідних потоків даних із прийнятими управлінськими діями в режимі реального часу. З огляду на складність структури та необхідність адаптивного реагування, доцільно використовувати модель когнітивного зваженого керування активами, яка поєднує цифрову і сенсорну інформацію з алгоритмами оптимізації на основі множинних критеріїв. Таку модель можна формалізувати через формулу 7, динамічну функцію прийняття рішень у вигляді багаторівневої матриці цифрового впливу:

$$R_a(t) = \arg \min_{u \in U} \{ \sum_{i=1}^n \alpha_i(t) \times | \Phi_i(x_i(t), y_i(t), \beta_i(t)) - \delta_i(t) |^2 \}, \quad (7)$$

де: $R_a(t)$ – адаптивне управлінське рішення щодо активу на момент часу t ; $u \in U$ – вектор допустимих управлінських дій (інвестиції, ремонт, перепрофілювання, заміна); $\alpha_i(t)$ – ваговий коефіцієнт важливості i -го параметра активу в момент часу t (наприклад, експлуатаційна ефективність, амортизаційна зношеність, енергоспоживання); $\Phi_i(x_i(t), y_i(t), \beta_i(t))$ – модель прогнозу i -го параметра на основі поточного стану $x_i(t)$, обраного керування $y_i(t)$ та зовнішнього впливу $\beta_i(t)$; $\delta_i(t)$ – цільове (еталонне) значення i -го параметра на момент t ; n – кількість параметрів, що враховуються в системі.

Ця формула дозволяє гнучко узгоджувати точну інформацію з цифрових ланцюгів постачання, даних із сенсорних мереж, систем візуалізації та аналітичних ядер, реалізуючи комплексне управління активами як інтегрований, реактивно-прогнозний процес. У такій архітектурі адаптивність перетворюється з реакції на зміну – у керовану інтелектуальну дію.

В основі такої системи лежить концепція цифрового двійника (Digital Twin), яка дозволяє ство-

рити віртуальну репрезентацію кожного активу з можливістю симуляційних сценаріїв його використання. Цифровий двійник поєднує геометричну модель активу (наприклад, поверховий план будівлі), дані про його технічний стан (вологість, температура, навантаження), історію обслуговування, фінансові метрики (вартість обслуговування, залишкова вартість), ризики збоїв та сценарії зовнішніх впливів (зміна тарифів, ринковий попит, екологічні чинники). За рахунок постійної синхронізації з реальним станом об'єкта, цифровий двійник дозволяє перейти від статичного управління до потоково-аналітичної моделі, що відповідає логіці адаптивності [10].

Іншою важливою складовою є використання машинного навчання та прогнозної аналітики. Вони дають змогу будувати моделі поведінки активу, наприклад, прогнозувати, через скільки днів відбудеться вихід з ладу вентиляційного обладнання або яким буде рівень споживання води в комерційному центрі у вихідний день [11]. Ці дані, у свою чергу, коригують фінансове планування, страхування та графіки технічного обслуговування. Наведена нижче таблиця 1 відображає ключові компоненти архітектури адаптивного управління активами девелоперської компанії та їхнє функціональне значення.

Важливу роль у моделюванні архітектури адаптивності відіграє Asset Performance Management (APM) – підхід, який передбачає аналіз продуктивності активу за низкою факторів: економічної ефективності, зношеності, частоти обслуговування, дефектності та окупності. APM-системи дозволяють створити індекс прогнозованої адаптивності активу (PAI), який можна подати у вигляді формули 8:

$$PAI = \frac{\sum_{i=1}^n S_i \times O_i(t)}{R_i + B_i}, \quad (8)$$

де S_i – вагові коефіцієнти важливості параметрів; $O_i(t)$ – поточні значення моніторингових па-

Таблиця 1. Стисла структура цифрової архітектури адаптивного управління активами

Компонент	Функція	Інструменти / Платформи
Збір даних	Моніторинг активів і середовища	IoT, BIM, ERP
Аналітика	Виявлення ризиків і сценаріїв	BI, AI, ML
Управління активами	Контроль життєвого циклу	APM, EAM, CMMS
Візуалізація	Поточний стан і KPI	Digital Twin, 3D, панелі
Симуляції	Прогноз і what-if сценарії	DES, сценарне моделювання
Адаптивність	Ранжування ефективності	PAI, APM-індекси
Прогнозування	Поведінкові моделі активів	ML-аналітика, тренди
Інтеграція	Об'єднання всіх модулів	CDE, хмара, API

Джерело: розроблено автором на основі [11]

раметрів; R_i – витрати на утримання активу; B_i – обсяг дефіциту ресурсів. Такий індекс дозволяє ранжувати активи за здатністю до оперативного втручання або автоматичного реагування в критичних ситуаціях.

У системі цифрового забезпечення також велику вагу мають аналітичні панелі управління активами (Asset Dashboards), які об'єднують KPI, візуалізацію, статистику відхилень, дані реального часу, сценарії ризику. Такі панелі підтримують принцип Decision Support Systems (DSS) – тобто не лише фіксують факт, а пропонують варіанти реагування. Наприклад, зниження тиску у водопроводі може породити три шляхи: аварійна заміна, часткове перекриття, перевірка виявлених вузлів – і кожен із варіантів буде підкріплений розрахунком наслідків.

З позиції управління організацією моделювання адаптивного управління активами неможливо відокремити від інтегрованих ERP-середовищ, які об'єднують фінансові, логістичні, проектні, кадрові та аналітичні модулі. У цих середовищах активи набувають статусу «розумних сутностей» – кожен актив має ID, історію, поточний статус, сценарії обробки, дозволені дії та систему зворотного зв'язку. Ці дані, інтегровані з SCM, BIM, GIS та IoT, формують інтелектуальну мікросистему управління, де людина виступає фасилітатором рішень, а не єдиним суб'єктом [12].

Висновок

Проведений аналіз дозволяє зробити висновок, що сучасна девелоперська діяльність стикається з новим рівнем складності, де управління активами має базуватися не на статичних моделях, а на адаптивних, інтегрованих і цифрово підтримуваних підходах. Визначено, що ключовими елементами ефективної архітектури адаптивного управління є фінансова гнучкість, цифрові ланцюги постачання та інтелектуальні системи прогнозування, які забезпечують реагування активів у реальному часі. Цифрова складова стає центральним елементом побудови адаптивної системи. Цифрові двійники, ERP-платформи, BIM-моделі, IoT-сенсори та APM/EAM-системи формують аналітичний каркас, що дозволяє отримувати достовірні дані про стан активів, прогнозувати їхнє майбутнє, виявляти ризики та будувати сценарії розвитку. У роботі підкреслено, що така інтеграція цифрових інструментів за-

безпечує не лише контроль, але й інтелектуальне управління активами через моделювання, сценарний аналіз і автоматизовані рішення.

Фінансова гнучкість, як показано у дослідженнях, є фундаментом стійкості активів. Моделі адаптивності джерел фінансування, оцінки вартості капіталу та ризик-коригування дозволяють управляти фінансовими потоками в умовах ринкової турбулентності. Високий рівень волатильності будівельного ринку вимагає гнучких фінансових механізмів, здатних компенсувати затримки, зміну відсоткових ставок, перебої в постачанні й коливання попиту. З цієї перспективи розроблена архітектура доводить, що фінансова складова не може розглядатися окремо від структури активів та логістичної інфраструктури. Логістичний аспект відіграє не менш важливу роль. Цифрові ланцюги постачання забезпечують безперервність поставок, зменшують ризики перебоїв та створюють прозору систему взаємодії між постачальниками, підрядниками та фінансовими структурами компанії. У дослідженні доведено, що вплив логістичних параметрів на активи є прямим: затримки, зміна вартості матеріалів або ненадійність постачальників можуть критично знизити ефективність активів і фінансові показники проектів. Важливим є також те, що всі три компоненти – фінансова гнучкість, цифрова логістика та цифрове моделювання – взаємно підсилюють один одного. Адаптивна архітектура працює лише за умови їхньої комплексної інтеграції. Саме вона забезпечує здатність девелоперської компанії до прогнозування, самокоригування та швидкого реагування.

Список використаних джерел:

1. Guo D., Mantravadi S. The role of digital twins in lean supply chain management: review and research directions. *International Journal of Production Research*. 2024; 63(4). DOI: 10.1080/00207543.2024.2372655. – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://doi.org/10.1080/00207543.2024.2372655>
2. Costanza D. P., Blacksmith N., Coats M. R., Severt J. B., DeCostanza A. H. The Effect of Adaptive Organizational Culture on Long-Term Survival. *Journal of Business and Psychology*. 2015; 30(1): 95–114. DOI: 10.1007/s10869-015-9420-y – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://doi.org/10.1007/s10869-015-9420-y>
3. Macchi M., Sónchez-Londoco A., Polenghi A. Asset Performance Management: current status and future development. *IFAC PapersOnLine*. 2024;58(8):383–

388. [Ел. ресурс] – Режим доступу: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2024.08.151>

4. DrivingOE. Asset Performance Management – DrivingOE White Paper. – 2024. [Ел. ресурс] – Режим доступу: <https://drivingoe.com/pdfs/APM.pdf>

5. Modigliani F., Miller M.H. The Cost of Capital, Corporation Finance and the Theory of Investment. – Journal article. – American Economic Review, 1958. – Vol. 48, No. 3. – P. 261–297. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.jstor.org/stable/1809766>

6. Lu Wang Digital twin–driven smart supply chain. – 2024. [Ел. ресурс] – Режим доступу: <https://surl.li/zmawgv>

7. Zhang J., Brintrup A., Calinescu A., Kosasih E., Sharma A. Supply Chain Digital Twin Framework Design. 2021. – Режим доступу: <https://arxiv.org/abs/2107.09485>

8. I. Chupryna, R. Tormosov, D. Abzhanova, D. Ryzhakov, V. Gonchar and N. Plys, «Scientific and Methodological Approaches to Risk Management of Clean Energy Projects Implemented in Ukraine on the Terms of Public–Private Partnership,» 2022 International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST), Nur–Sultan, Kazakhstan, 2022, pp. 1–8

9. Vieira J., Almeida N.M.d., Pozas Martins J. Analysing the value of digital twinning opportunities in infrastructure asset management. *Infrastructures*. 2024;9(9):158. DOI:10.3390/infrastructures9090158 – Режим доступу: <https://www.mdpi.com/2412-3811/9/9/158>

10. Whitmore D. et al. Digital twins in the asset life cycle: are we there yet? TUDelft review, 2022. – Режим доступу: <https://pure.tudelft.nl/ws/portalfiles/portal/217046243/whitmore-et-al-2024-digital-twins-in-the-asset-life-cycle-are-we-there-yet.pdf>

11. Чуприна, Ю., Петренко, Г., Гриненко, І., Ніколаєва, М., Поколенко, В., & Савчук, Т. (2021). Методологічна регламентація та аналітико–інформаційне забезпечення процесно–орієнтованого менеджменту в сучасній системі будівельного девелопменту. *Управління розвитком складних систем*, (48), 125–134.

12. Amin Khoshkenar. Digital Twin benefits and challenges in asset management during O&M phase. 2024. – Режим доступу: <https://surl.li/kthfmm>

References:

1. Guo D., Mantravadi S. The role of digital twins in lean supply chain management: review and research directions. *International Journal of Production Research*. 2024; 63(4). DOI: 10.1080/00207543.2024.2372655. – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://doi.org/10.1080/00207543.2024.2372655>

2. Costanza D. P., Blacksmith N., Coats M. R., Severt J. B., DeCostanza A. H. The Effect of Adaptive Organizational Culture on Long Term Survival. *Journal of Business and Psychology*. 2015; 30(1): 95–114. DOI: 10.1007/s10869-015-9420-y – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://doi.org/10.1007/s10869-015-9420-y>

3. Macchi M., S6nchez–Londoco A., Polenghi A. Asset Performance Management: current status and future development. *IFAC PapersOnLine*. 2024;58(8):383–388. [Ел. ресурс] – Режим доступу: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2024.08.151>

4. DrivingOE. Asset Performance Management – DrivingOE White Paper. – 2024. [Ел. ресурс] – Режим доступу: <https://drivingoe.com/pdfs/APM.pdf>

5. Modigliani F., Miller M.H. The Cost of Capital, Corporation Finance and the Theory of Investment. – Journal article. – American Economic Review, 1958. – Vol. 48, No. 3. – P. 261–297. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.jstor.org/stable/1809766>

6. Lu Wang Digital twin–driven smart supply chain. – 2024. [Ел. ресурс] – Режим доступу: <https://surl.li/zmawgv>

7. Zhang J., Brintrup A., Calinescu A., Kosasih E., Sharma A. Supply Chain Digital Twin Framework Design. 2021. – Режим доступу: <https://arxiv.org/abs/2107.09485>

8. I. Chupryna, R. Tormosov, D. Abzhanova, D. Ryzhakov, V. Gonchar and N. Plys, «Scientific and Methodological Approaches to Risk Management of Clean Energy Projects Implemented in Ukraine on the Terms of Public–Private Partnership,» 2022 International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST), Nur–Sultan, Kazakhstan, 2022, pp. 1–8

9. Vieira J., Almeida N.M.d., Pozas Martins J. Analysing the value of digital twinning opportunities in infrastructure asset management. *Infrastructures*. 2024;9(9):158. DOI:10.3390/infrastructures9090158 – Режим доступу: <https://www.mdpi.com/2412-3811/9/9/158>

10. Whitmore D. et al. Digital twins in the asset life cycle: are we there yet? TUDelft review, 2022. – Режим доступу: <https://pure.tudelft.nl/ws/portalfiles/portal/217046243/whitmore-et-al-2024-digital-twins-in-the-asset-life-cycle-are-we-there-yet.pdf>

11. Chupryna, Yu., Petrenko, H., Hrynenko, I., Nikolayeva, M., Pokolenko, V., & Savchuk, T. (2021). Metodolohichna rehlymentatsiya ta analityko–informatsiyne zabezpechennya protsesno–orijentovanoho menedzhmentu v suchasnyy systemi budivel'noho developmentu. *Upravlinnyia rozvytkom skladnykh system*, (48), 125–134.

12. Amin Khoshkenar. Digital Twin benefits and challenges in asset management during O&M phase. 2024. – Режим доступу: <https://surl.li/kthfmm>

Дані про автора**Микитченко Богдан Анатолійович,**

аспірант Київського національного університету будівництва і архітектури

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5186-6210>e-mail: bmikitchenko@gmail.com**Data about the author****Bohdan Mykitchenko,**

Postgraduate student at Kyiv National University of Construction and Architecture

e-mail: bmikitchenko@gmail.com

УДК 336.22:339.9(477)

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18853387>

МОЛНАР О. С.

Імплементация принципів BEPS у національну модель державного регулювання трансфертного ціноутворення в Україні

Предметом дослідження є імплементация принципів BEPS у національну модель державного регулювання трансфертного ціноутворення в Україні.

Метою дослідження є поглиблений аналіз процесу імплементации принципів Плану дій BEPS у національну модель державного регулювання трансфертного ціноутворення в Україні.

Методи дослідження. У статті використані діалектичний метод наукового пізнання, метод аналізу і синтезу, порівняльний метод, метод узагальнення даних.

Результати роботи. У статті досліджено процес імплементации принципів Плану дій BEPS у національну модель державного регулювання трансфертного ціноутворення в Україні в контексті глобалізації, зростання ролі транснаціональних корпорацій та посилення мобільності капіталу. Розкрито інституційні та нормативні передумови трансформації українського податкового законодавства у зв'язку з приєднанням до Інклюзивної рамки BEPS та гармонізацією з рекомендаціями ОЕСР. Проаналізовано еволюцію принципу «втягнутої руки» в українській практиці трансфертного ціноутворення, зосереджено увагу на поглибленні функціонального та порівняльного аналізу, а також на пріоритеті економічної сутності операцій над їх юридичною формою.

Висновки. Імплементация принципів Плану дій BEPS у національну модель державного регулювання трансфертного ціноутворення в Україні має системний і багатовимірний характер та супроводжується зміною концептуальних засад податкового контролю. Дослідження дало можливість комплексно проаналізувати трансформацію українського законодавства і практики правозастосування у напрямі пріоритету економічної сутності операцій над їх формально-юридичним оформленням, посилення ролі принципу «втягнутої руки» та поглиблення методології функціонального і порівняльного аналізу. У результаті трансфертне ціноутворення поступово перетворюється на інструмент забезпечення справедливого розподілу податкової бази відповідно до реального створення економічної вартості в межах транснаціональних груп. Аналіз імплементации дій 8–10 та дії 13 Плану BEPS показав істотне підвищення рівня податкової прозорості, зокрема через запровадження трирівневої системи документації та розвиток ризик-орієнтованого підходу до податкового контролю. Одночасно встановлено, що ефективність цих змін значною мірою залежить від інституційної спроможності контролюючих органів, якості аналітичних інструментів і професійної підготовки кадрів, а також від можливості держави забезпечити баланс між посиленням фіскального контролю та збереженням сприятливого й передбачуваного бізнес-середовища. Обмежена практика застосування попередніх узгоджень ціноутворення та дефіцит релевантних порівняльних даних є чинниками, що стримують повну реалізацію потенціалу стандартів BEPS в українських умовах. Перспективи подальших наукових досліджень необхідно пов'язувати з аналізом практики правозастосування норм трансфертного ціноутворення, оцінкою ефективності ризик-орієнтованих моделей податкового контролю та дослідженням можливостей розвитку інституту попередніх узгоджень ціноутворення в Україні. Важливим напрямом є також вивчення впливу цифровізації економіки на еволюцію трансфертного ціноутворення.