

## Інструментарій моніторингу, аналізу та прогнозування відхилень в операційній діяльності будівельних підприємств

**Предметом дослідження** є формування та практичне застосування інструментарію моніторингу, аналізу та прогнозування відхилень в операційній діяльності будівельних підприємств. У роботі досліджуються методи виявлення латентних операційних збоїв, кумулятивних ризиків і динамічних змін у виробничо-економічних процесах. Особлива увага приділяється створенню аналітичних моделей, здатних забезпечити ранню діагностику дестабілізуючих факторів і формування системи прогнозування рівня операційної стійкості. Предметом також є визначення закономірностей наростання операційних відхилень, розробка індикаторів ризику, побудова сценарних моделей розвитку кризових станів та інтеграція цифрових засобів моніторингу у систему управління. Розглядаються взаємозв'язки між внутрішніми процесами (ресурсними, технологічними, логістичними, фінансовими) та зовнішніми чинниками (ринковими, регуляторними, макроекономічними), які впливають на стабільність операційної діяльності.

**Метою статті** є формування комплексного теоретико-методичного підходу до моніторингу, аналізу та прогнозування операційних відхилень у будівельних підприємствах. Робота спрямована на розробку моделей раннього попередження, які забезпечують своєчасне виявлення дестабілізуючих тенденцій і запобігання кризовим процесам. Основна ідея полягає у створенні інструментарію, що поєднує кількісні методи оцінки ризиків, сценарне моделювання та цифрову аналітику для підтримки управлінських рішень у реальному часі.

**Методологія проведення роботи.** Методологічну основу дослідження становлять системний, процесний і аналітичний підходи, що забезпечують комплексне розуміння операційної стабільності будівельного підприємства. Використано методи математичного моделювання для опису кумулятивного розвитку відхилень, сценарного прогнозування та оцінки ймовірності переходу до фаз критичної нестабільності. Для дослідження динаміки операційних процесів застосовано імітаційні моделі та методи статистичного аналізу (кореляційно-регресійні моделі, часові ряди, факторний аналіз). Визначення латентних фаз накопичення відхилень здійснено через аналітику ризиків на основі Data Mining та Machine Learning. Сценарні моделі побудовано за допомогою інструментів цифрового «операційного близнюка» (Digital Twin) та Business Intelligence-панелей для моніторингу в реальному часі. Додатково використано методи SWOT-аналізу для визначення сильних і слабких сторін системи управління, а також PESTEL-аналізу для оцінки зовнішніх впливів. На основі цих методів побудовано інтегральну модель стабілізації операційної системи, яка дозволяє кількісно оцінювати баланс між внутрішніми резервами та зовнішніми компенсаторними факторами.

**Результати роботи.** У результаті дослідження сформовано багаторівневу систему моніторингу операційних відхилень, що включає три ключові блоки: аналітичний (виявлення відхилень і причин їх виникнення), прогностичний (оцінка ймовірності розвитку кризових процесів) та стабілізаційний (розробка компенсаторних механізмів). Розроблено математичні моделі кумулятивного ризику, прогнозування напруги та інтегрального стабілізаційного балансу, які дозволяють кількісно оцінювати рівень операційної стійкості. Запропонована система діагностики порогів стабільності визначає чотири зони ризику: безпечну, латентну, передкризову та критичну. На практичному рівні запропоновано таблицю стабілізаційних сценаріїв, де для кожної зони наведено тип управлінського втручання, параметри стабілізації та очікуваний ефект. Використання цієї системи дає змогу підприємствам будівельної галузі оперативно реагувати на накопичення відхилень, знижувати ризик операційного колапсу та підвищувати ефективність управлінських рішень.

**Висновки.** Запропонована модель моніторингу, аналізу та прогнозування відхилень в операційній діяльності будівельних підприємств довела ефективність інтеграції аналітичних і цифрових підходів. Систематизація методів виявлення операційних ризиків дала змогу структурувати процес управління від латентних фаз до кризових режимів. Визначено, що прогнозування відхилень із використан-

ням імітаційних моделей забезпечує своєчасну діагностику дестабілізаційних тенденцій і підвищує адаптивність підприємства до зовнішніх викликів. Розроблені стабілізаційні сценарії дають можливість побудувати систему багаторівневого реагування — від короткострокових корекцій до стратегічної перебудови операційної архітектури. Інтеграція інструментів Big Data, штучного інтелекту та Business Intelligence у моніторингові платформи створює основу для формування цифрового операційного контролю. Практичне застосування моделі дозволяє підприємствам ефективніше розподіляти ресурси, мінімізувати фінансові втрати та запобігати виникненню критичних деформацій у виробничих процесах. Отже, побудована система є важливим елементом антикризового управління та підвищення операційної стійкості будівельних підприємств у сучасних економічних умовах.

**Ключові слова:** моніторинг, прогнозування, операційна діяльність, будівельне підприємство, відхилення, стабілізаційні моделі, ризик-менеджмент, аналітика, цифровий близнюк.

YURI VOVKOVYCH

## Tools for monitoring, analysis, and forecasting deviations in the operational activities of construction enterprises

**The subject of this study** is the development and practical application of tools for monitoring, analyzing, and forecasting deviations in the operational activities of construction enterprises. The research explores methods for detecting latent operational failures, cumulative risks, and dynamic changes in production and economic processes. Particular attention is paid to the creation of analytical models capable of providing early diagnostics of destabilizing factors and forming a predictive assessment system for operational stability levels. The study also focuses on identifying patterns of operational deviation growth, developing risk indicators, building scenario models of crisis development, and integrating digital monitoring tools into management systems. It examines the interconnections between internal processes (resource, technological, logistical, and financial) and external factors (market, regulatory, and macroeconomic) that influence operational stability.

**The purpose of the article** is to establish a comprehensive theoretical and methodological framework for monitoring, analyzing, and forecasting operational deviations in construction enterprises. The study aims to develop early-warning models that ensure the timely detection of destabilizing trends and prevent crisis processes. The core idea lies in creating a toolkit that combines quantitative risk assessment methods, scenario modeling, and digital analytics to support managerial decision-making in real time.

**Research Methodology.** The methodological basis of this study consists of systemic, process-oriented, and analytical approaches that ensure a comprehensive understanding of the operational stability of construction enterprises. Mathematical modeling methods are used to describe the cumulative development of deviations, scenario forecasting, and the assessment of the probability of transitions into critical instability phases. To analyze operational process dynamics, simulation models and statistical analysis methods (correlation-regression models, time series, factor analysis) are applied. The identification of latent deviation accumulation phases is performed using risk analytics based on Data Mining and Machine Learning. Scenario models are developed using digital «operational twin» (Digital Twin) tools and Business Intelligence dashboards for real-time monitoring. Additionally, SWOT analysis is employed to determine the strengths and weaknesses of management systems, and PESTEL analysis is used to assess external influences. Based on these methods, an integral model of operational system stabilization has been built, allowing for quantitative evaluation of the balance between internal reserves and external compensatory factors.

**Research Results.** As a result of the research, a multi-level monitoring system for operational deviations has been developed, consisting of three key blocks: analytical (identification of deviations and their causes), predictive (assessment of the probability of crisis development), and stabilization (development of compensatory mechanisms). Mathematical models of cumulative risk, predictive stress, and integral stabilization balance were designed to quantify the level of operational stability. The proposed diagnostic system of stability thresholds identifies four risk zones: safe, latent, pre-crisis, and critical. On a practical level, a stabilization scenario table has been proposed, in which each zone includes the type of

*managerial intervention, stabilization parameters, and the expected effect. The implementation of this system enables construction enterprises to promptly respond to the accumulation of deviations, reduce the risk of operational collapse, and increase the efficiency of managerial decisions.*

**Conclusions.** *The proposed model for monitoring, analyzing, and forecasting deviations in the operational activities of construction enterprises has proven the effectiveness of integrating analytical and digital approaches. The systematization of methods for identifying operational risks has allowed structuring the management process from latent to crisis phases. It has been determined that forecasting deviations using simulation models ensures timely diagnosis of destabilizing trends and enhances the enterprise's adaptability to external challenges. The developed stabilization scenarios enable the construction of a multi-level response system — from short-term corrections to strategic restructuring of operational architecture. The integration of Big Data, artificial intelligence, and Business Intelligence tools into monitoring platforms forms the foundation for establishing digital operational control. The practical application of the model allows enterprises to allocate resources more efficiently, minimize financial losses, and prevent critical deformations in production processes. Thus, the proposed system serves as an essential element of crisis management and enhances the operational resilience of construction enterprises in modern economic conditions.*

**Keywords:** *monitoring, forecasting, operational activity, construction enterprise, deviations, stabilization models, risk management, analytics, digital twin.*

**Постановка проблеми.** Операційна діяльність будівельних підприємств характеризується високим рівнем динамічності, залежністю від зовнішніх чинників та складністю взаємодії між технологічними, фінансовими й організаційними процесами. Постійні зміни ринкових умов, коливання вартості ресурсів, регуляторні оновлення, а також вплив макроекономічних і соціальних факторів створюють передумови для виникнення відхилень у виробничо-економічних показниках. Такі відхилення можуть набувати кумулятивного характеру, поступово знижуючи ефективність діяльності, що ускладнює виявлення ранніх ознак нестабільності.

Наявні системи управління здебільшого зосереджені на фіксації фактичних показників і реагуванні після настання негативних подій, тоді як у сучасних умовах необхідні інструменти, здатні забезпечити превентивне виявлення ризиків і прогнозування тенденцій. Особливо актуальним є створення цифрових систем моніторингу, які поєднують аналітичні методи оцінки відхилень із механізмами оперативного контролю. Складність проблеми полягає у відсутності інтегрованої моделі, яка б поєднувала кількісні, імітаційні та сценарні підходи до аналізу операційних процесів. Отже, постає потреба у формуванні цілісного інструментарію моніторингу, аналізу та прогнозування відхилень, що дозволить не лише фіксувати проблеми, а й прогнозувати їх розвиток та забезпечувати стабільність операційної системи підприємства.

**Аналіз досліджень і публікацій проблеми.** Проблематика моніторингу й аналізу опе-

раційних відхилень активно розглядається в межах економічних, управлінських і технічних наук. Зарубіжні дослідники акцентують увагу на важливості інтеграції інструментів Big Data, Machine Learning і цифрових платформ типу ERP, BI та Digital Twin у системи управління підприємством. Ці технології дають змогу автоматично відстежувати відхилення, виявляти причинно-наслідкові зв'язки та формувати прогностичні сценарії. В українському науковому середовищі питання операційного моніторингу пропонують адаптивні моделі управління ризиками у будівельних організаціях. Вони підкреслюють, що головною проблемою галузі є недостатня автоматизація систем управління, відсутність стандартизованих алгоритмів виявлення відхилень і низький рівень аналітичної підтримки рішень. Зарубіжні публікації також вказують на значення аналітичного прогнозування та симуляційного моделювання, які дозволяють оцінювати вплив факторів ризику на стабільність підприємства. Водночас, у більшості досліджень бракує уваги до інтеграції статистичних методів і моделей штучного інтелекту у єдину операційну екосистему.

Таким чином, аналіз наукових публікацій засвідчує наявність розрізнених підходів до управління операційними відхиленнями, проте відсутність системного, багаторівневого інструментарію, що поєднує моніторинг, аналіз, прогнозування та стабілізацію процесів. Це створює потребу у розробці комплексної методики, яка враховуватиме специфіку будівельної галузі,

цифрові технології та аналітичну інтеграцію показників у єдину систему управління.

**Виклад основного матеріалу.** Прогнозування розвитку операційних відхилень в системі будівельного підприємства є ключовим напрямом управління стійкістю операційних процесів. Відмінною особливістю операційної діяльності в будівництві є висока чутливість до накопичення внутрішніх дисбалансів, котрі мають властивість трансформуватися в системні кризові деформації при відносно малих початкових коливаннях окремих параметрів. Розробка прогностичних моделей, здатних фіксувати поточний стан операційних потоків та передбачати траєкторію їх можливого розвитку має першочергове значення для управлінських систем раннього попередження [1].

Будь-яке операційне відхилення розгортається у часі як результат кумуляції дестабілізуючих факторів. Початково дрібні відхилення мають властивість накопичуватись, посилювати одне одного та переходити в фазу лавиноподібного наростання. Для моделювання такого процесу вводиться функція кумулятивного ризику розвитку операційних відхилень, що відображає інтегральну суму деформаційних зсувів у кожному з внутрішніх параметрів за весь аналізований період часу:

$$CR = \sum_{i=1}^n \beta_i \times \sum_0^T D_i(t) dt, \quad (1)$$

де:  $CR$  — інтегральний кумулятивний ризик,  $\beta$  — ваговий коефіцієнт значущості кожного із внутрішніх параметрів,  $D_i(t)$  — функція динаміки відхилень по кожному параметру у часі  $t$ ,  $T$  — горизонт прогнозування.

Модель дозволяє акумулювати ефект наростання відхилень в динаміці операційної системи, що особливо важливо для багатозадачних будівельних проектів [2].

Однак кумуляція деформацій не є лінійним процесом. Залежно від поєднання зовнішніх і внутрішніх детермінант у будь-який момент часу можливий різкий перехід системи в фазу операційної нестабільності. Моделі прогнозування доповнюються сценарними компонентами, котрі враховують ймовірність виникнення різних режимів розвитку операційних подій. Ймовірнісна функція сценарної реалізації дозволяє формалізувати ризики переходу в критичний режим:

$$P(S) = \sum_{j=1}^m p_j^{x_j} (1 - p_j)^{1-x_j}, \quad (2)$$

де:  $P(S)$  — ймовірність настання конкретного сценарію розвитку операційних відхилень,  $p_j^{x_j}$  — ймовірність реалізації кожного із  $m$  ключових дестабілізуючих факторів,  $x_j$  — індикатор реалізації  $j$ -го фактора (1 — активний, 0 — відсутній).

Структура дозволяє імітувати множинні сценарії наростання операційної нестабільності в умовах складної багатофакторної реальності будівельного виробництва [3].

Накопичення операційних деформацій супроводжується поступовим наближенням системи до порогових точок стабільності, перевищення яких запускає критичні ланцюгові реакції дестабілізації. Для опису таких порогових зон вводиться функція кумулятивної прогнозної напруги:

$$CN = \frac{\sum_{k=1}^r \gamma_k \times \Delta_k(t)}{\sum_{k=1}^r \gamma_k}, \quad (3)$$

де:  $CN$  — інтегральна прогнозна напруга системи,  $\gamma_k$  — вагові коефіцієнти стабілізаційної значущості параметрів,  $\Delta_k(t)$  — величина накопичених відхилень для кожної параметричної групи на поточний момент часу.

Зростання значення  $CN$  до критичних значень є сигналом про необхідність термінового запуску стабілізаційних механізмів [4].

Особливо важливою властивістю моделей імітації наростання операційних відхилень є їх здатність працювати у режимі перманентного моніторингу з регулярним оновленням прогнозних траєкторій. Динамічна природа будівельних проектів вимагає щоденного коригування прогнозів із врахуванням поточних реєстрацій нових відхилень, зміни графіків постачання, затримок платежів, переміщення техніки, зміни погодних умов, виробничих аварій чи адміністративних затримок.

Ще однією характерною ознакою імітаційних моделей є їх здатність враховувати латентну фазу накопичення відхилень, коли перші незначні порушення залишаються невидимими для класичних інструментів диспетчеризації, проте вже формують основу для наступної критичної кумуляції нестабільності. Виявлення і моделювання цієї латентної кумуляції забезпечує випереджувальне управління операційною системою на базі прогнозних сигналів раннього попередження.

Сценарні моделі дозволяють розробити кілька альтернативних траєкторій розвитку операційної системи залежно від конфігурації реалізації критичних факторів. У разі активізації більшої кількості дестабілізуючих детермінант і переходу в

## ЕКОНОМІЧНІ ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ ГАЛУЗЕЙ ТА ВИДІВ ЕКОНОМІЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

режим одночасного виникнення відхилень у кількох зонах — логістичній, технологічній, фінансовій та кадровій — система демонструє прискорене наростання кумулятивної нестабільності. Якщо частина компенсаторних механізмів спрацьовує — прогнозні траєкторії демонструють помірну стабілізаційну хвилю з частковим пригніченням дестабілізації [5].

Завдяки впровадженню імітаційних прогнозних моделей управління отримує можливість оцінювати теперішній рівень стабільності операційної системи та прогнозувати, через який часовий горизонт можливий вихід системи за допустимі порогові межі. Перебудовує виробничі програми, завчасно накопичує буферні запаси, мобілізує додаткові технічні потужності або коригує графіки фінансування ще до моменту переходу системи у фазу операційної кризи.

Прогностичні моделі імітації наростання операційних відхилень виступають фундаментальною складовою антикризового менеджменту операційної діяльності будівельного підприємства, формуючи науково обґрунтовану основу для управління складними нелінійними процесами накопичення внутрішніх і зовнішніх дестабілізаційних впливів у системі виробництва.

На нижче наведеному рисунку 1 подано динамічну модель прогнозної кумуляції відхилень в

операційній системі будівельного підприємства. Візуалізовано, як поетапно накопичуються ресурсні, логістичні, технологічні, фінансові та кадрові зсуви, утворюючи синхронні хвилі дестабілізації. Показано перехід від латентної фази до відкритої критичної динаміки, де система швидко наближається до порогових точок нестабільності. Модель дозволяє наочно побачити, як із незначних початкових зсувів формується загроза повномасштабної кризи в операційних процесах.

На нижче наведеному рисунку 2 представлено сценарну карту прогнозних траєкторій розвитку операційних деформацій. Схема показує декілька типових сценаріїв наростання операційної напруги: стабільний контрольований розвиток, зона керованої адаптації, зона швидкої кумуляції нестабільності та зона критичного колапсу. Відображено вплив кількості активних дестабілюючих факторів та ефективності компенсаторних механізмів на кожну траєкторію розвитку. Карта є основою для стратегічного планування управлінських втручань у різних фазах розвитку відхилень.

На нижче наведеному рисунку 3 подано систему прогнозної діагностики порогів стабільності операційної системи. Візуалізовано, як відносно кожного параметричного блоку формуються зони безпечної роботи, латентної нестабільності, зони попередження та зони критичних збо-



**Рисунок 1. Динамічна модель прогнозної кумуляції відхилень**

Джерело: розроблено автором на основі [6]



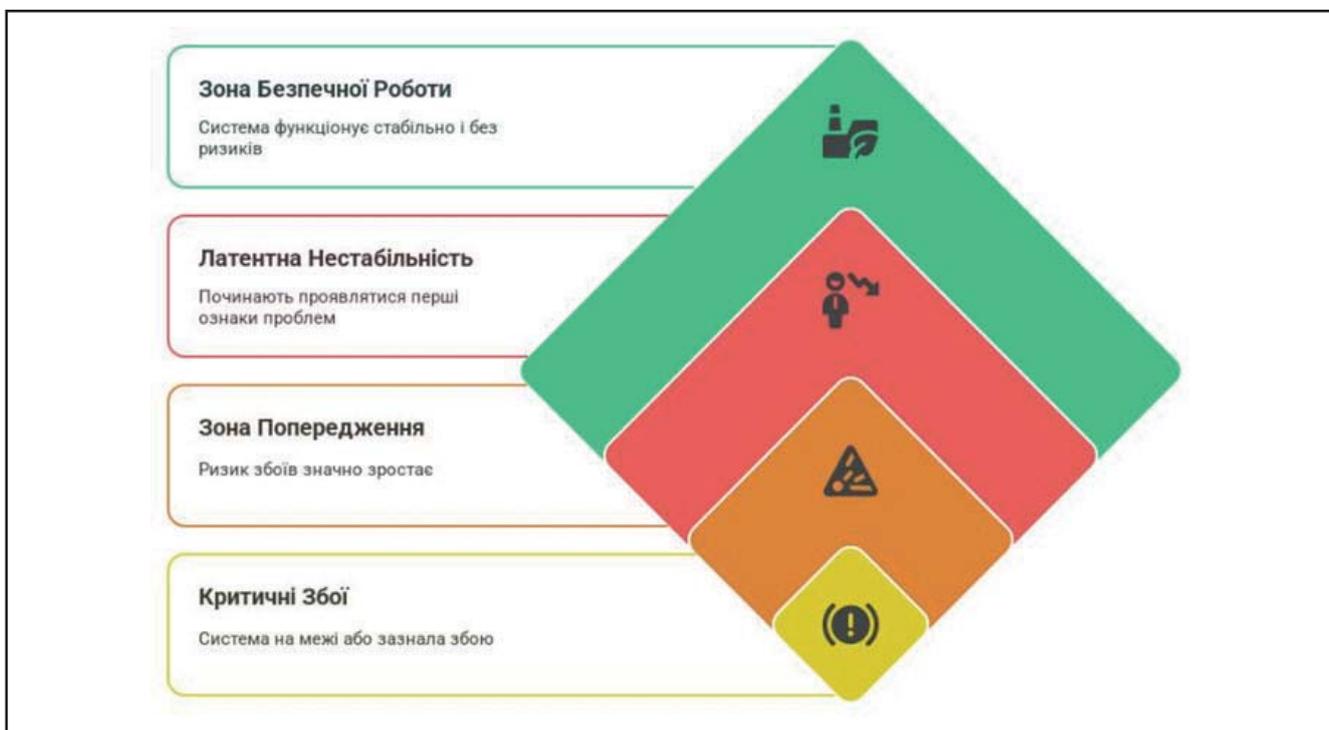
**Рисунок 2. Сценарна карта прогнозних траєкторій розвитку операційних деформацій**

Джерело: розроблено автором на основі [7]

ів. Зазначено алгоритм накопичення кумулятивної прогнозу напруги, котрий оцінює наскільки близько система підійшла до межі стабільності. Модель є основою для систем раннього попередження в операційній системі підприємства.

У таблиці 1 наведено інтегровану систему стабілізаційних сценаріїв з формальними залежностями компенсаторних механізмів. Для кож-

ної зони прогнозних відхилень відображено тип компенсаторного втручання, формалізовані параметри стабілізації, критичні формули оцінки стабілізаційного балансу та очікуваний ефект стабілізації. Таблиця поєднує теоретичні прогностичні моделі з конкретними інструментами стабілізаційних управлінських рішень у реальній практиці.



**Рисунок 3. Система прогнозу діагностики порогів стабільності**

Джерело: розроблено автором на основі [8]

**Таблиця 1. Інтегрована система стабілізаційних сценаріїв з формальними залежностями компенсаторних механізмів**

Зона прогнозних відхилень	Компенсаторний механізм	Очікуваний ефект
Латентна фаза накопичення	Превентивна перебудова графіків	Глибоке переформатування операційної системи
Початкова дестабілізація	Активація буферних резервів	Тимчасове згладжування внутрішніх збоїв
Зона попередження	Мультиканальне перепланування	Локальна стабілізація системної напруги
Критична нестабільність	Стратегічна перебудова конфігурації	Глибоке переформатування операційної системи
Зона перевантаження	Антикризове стабілізаційне втручання	Ліквідація загроз системного колапсу

Джерело: розроблено автором на основі [9]

Стабілізація операційної системи будівельного підприємства є кінцевим етапом розгортання повного циклу управління відхиленнями, де після діагностики та прогнозування відхилень формується система корекційних механізмів, спрямованих на повернення операційної системи до стійкого режиму функціонування. Особливість будівельної сфери полягає в тому, що тут діють класичні короткострокові корекції та масштабні інтегральні стабілізаційні моделі, котрі потребують урахування складної взаємодії внутрішніх і зовнішніх компенсаторних факторів. У реальній практиці лише інтегральні моделі забезпечують балансування внутрішніх процесів при наявності багатоканальних дестабілізуючих впливів.

Ключова ідея побудови стабілізаційних моделей полягає в оцінці сумарного ефекту внутрішніх резервів стійкості операційної системи, зовнішніх стабілізуючих втручань та системної ваги кожного підсистемного компонента [10]. Для цього вводиться інтегральна функція стабілізаційного балансу, котра узагальнює весь спектр компенсаторних можливостей:

$$SB = \frac{\sum_{i=1}^n (IR_i + ER_i) \times \lambda_i}{\sum_{i=1}^n \lambda_i}, \quad (4)$$

де:  $SB$  — інтегральний стабілізаційний баланс операційної системи;  $IR_i$  — обсяг внутрішнього компенсаторного ресурсу  $i$ -тої підсистеми;  $ER_i$  — величина зовнішнього стабілізуючого втручання в цю підсистему;  $\lambda_i$  — ваговий коефіцієнт критичності кожного компоненту.

Чим вище значення  $SB$ , тим ефективніше операційна система здатна самостійно або з мінімальними зовнішніми втручаннями вирівнювати внутрішні деформації.

Стабілізаційні моделі неможливо побудувати без урахування їхньої часової динаміки, оскільки

вплив кожного корекційного заходу не є миттєвим і проявляється із певною інерцією у часі. Відповідно, вводиться динамічна функція накопичення стабілізаційних змін, котра дозволяє моделювати нарощування ефекту корекційних втручань у кожний момент часу:

$$SA_t = SA_{t-1} + \Delta IR(t) + \Delta ER(t) - \Delta D(t), \quad (5)$$

де:  $SA_t$  — кумулятивний стабілізаційний ефект на момент часу  $t$ ;  $\Delta IR(t)$  — приріст внутрішнього стабілізуючого ресурсу у поточному періоді;  $\Delta ER(t)$  — приріст зовнішнього стабілізуючого впливу;  $\Delta D(t)$  — обсяг нових дестабілізуючих відхилень, котрі з'явилися у системі за цей же проміжок часу.

Модель дає змогу побачити, чи випереджає нарощування стабілізаційних ефектів кумуляцію дестабілізаційних деформацій [11].

Не менш важливою є оцінка прогнозованої стійкості операційної системи після проведення комплексу стабілізаційних заходів. Для цього застосовується показник прогнозованої стабільності, що нормалізує загальний стабілізаційний баланс з урахуванням залишкової напруги системи:

$$PS = \frac{SB}{1 + \sigma}, \quad (6)$$

де:  $PS$  — прогнозна стабільність після стабілізації;  $\sigma$  — параметр залишкової внутрішньої нестабільності системи після корекційних втручань. Чим нижче значення  $\sigma$ , тим ефективнішою є корекція й тим ближче система до стійкої зони функціонування [12].

Інтегральні моделі стабілізації особливо важливі в умовах будівельної діяльності через складність самої операційної конфігурації галузі. Тут одночасно функціонують десятки субпідрядників, формуються складні ланцюги постачання матеріалів та обладнання, виконуються паралельні будівельні роботи на

різних технологічних ділянках, обслуговується мобільна техніка й персонал. Процеси постійно генерують неузгодженості, котрі швидко накопичуються в системі. Моделі інтегральної стабілізації повинні бути здатними балансувати відразу кілька параметричних контурів: графічних, ресурсних, логістичних, фінансових, технологічних та організаційних.

Особливе значення інтегральних моделей полягає в тому, що вони дозволяють сформувати систему багаторівневої стабілізації — коли оперативні короткострокові механізми (буферизація графіків, адаптація поточних поставок, гнучкі бригадні перепланування) працюють синхронно із довгостроковими стратегічними корекціями (оптимізація фінансових потоків, модернізація логістичних схем, інвестування в технічне оновлення, перебудова внутрішньої організаційної структури).

Тільки така інтеграція дозволяє уникати ефекту так званого «локального гасіння пожеж», коли короткострокове вирівнювання в одному блоці лише посилює напругу в іншому [13].

Інтегральна модель дозволяє оцінити допустимі межі адаптивного реагування системи до моменту, поки загальна напруга стабілізаційних резервів не досягає критичного рівня. Якщо рівень стабілізаційного балансу  $SB$  системно наближається до значень, коли приріст дестабілізаційних ефектів перевищує можливість нарощування компенсаторних ресурсів, виникає ситуація структурної втоми системи та є сигналом до необхідності стратегічного перегляду всієї архітектури операційної конфігурації підприємства.

Важливою перевагою застосування таких моделей є можливість моделювання багатосценарних стабілізаційних програм управління операційною системою при різних конфігураціях розвитку відхилень. Завдяки застосуванню комп'ютерних імітаційних середовищ (наприклад, системи цифрового «операційного близнюка») підприємство може випробовувати ефективність альтернативних стабілізаційних програм ще до моменту їх практичного впровадження.

Інтегральні моделі стабілізації та корекції операційної системи будівельного підприємства забезпечують створення стійких управлінських механізмів адаптації в умовах складної багатфакторної динаміки будівельного середовища, формуючи ядро науково обґрунтованого антикризового операційного управління в сучасній будівельній економіці.

На нижче наведеному рисунку 4 зображено інтегральну модель стабілізації операційної системи будівельного підприємства. У схемі відображено узгоджену взаємодію між внутрішніми стабілізаційними резервами (ресурсними, фінансовими, технологічними, логістичними) та зовнішніми компенсаторними джерелами (залучення інвестицій, державна підтримка, субпідрядні потужності, кредитні механізми). Показано потоки формування сумарного стабілізаційного балансу, де кожен стабілізуючий блок зважається за критичністю впливу. Представлена структура дозволяє комплексно оцінити реальний потенціал системи до самостійної адаптації і до зовнішньої підтримки при накопиченні операційних деформацій.

На нижче наведеному рисунку 5 представлено динаміку нарощування стабілізаційних буферів у часі під впливом внутрішніх і зовнішніх компенсаторних заходів. Відображено, як із зростанням обсягу відхилень поступово активуються додаткові буферні місткості, нарощується внутрішня гнучкість системи, а після досягнення певної межі — починають залучатися зовнішні компенсаторні джерела. Графічно позначено зони латентної адаптації, активної стабілізації, критичної межі і зони повного перенасичення стабілізаційних резервів. Модель демонструє часову логіку розгортання стабілізаційних заходів у розрізі нарощування операційних деформацій.

На нижче наведеному рисунку 6 зображено багатоканальну систему стабілізаційних механізмів реагування операційної системи.

Візуалізовано взаємозалежні компенсаторні канали: фінансову корекцію, ресурсне балансування, логістичне перенаправлення потоків, перебудову технологічних ланцюгів, кадрову оптимізацію та управлінську синхронізацію. Система працює як єдина інтегрована структура стабілізації, де за кожним напрямом відхилень активується свій компенсаторний контур залежно від масштабу і глибини дестабілізації. Представлена схема відображає архітектуру багаторівневого реагування на нарощування операційних відхилень.

У таблиці 2 узагальнено повний комплекс стабілізаційних сценаріїв, котрі застосовуються при формуванні системи стабільності операційної системи будівельного підприємства. В таблиці представлено логіку переходу між фазами розвитку відхилень — від латентної адаптації до критичних режимів — із зазначенням компенсатор-



**Рисунок 4. Модель інтегральної стабілізації операційної системи**

Джерело: розроблено автором на основі [15]



**Рисунок 5. Динаміка нарощування стабілізаційних буферів**

Джерело: розроблено автором на основі [16]



**Рисунок 6. Багатоканальна система стабілізаційних механізмів реагування**

Джерело: розроблено автором на основі [17]

**Таблиця 2. Інтегрована система стабілізаційних сценаріїв з формальними залежностями компенсаторних механізмів**

Фаза розвитку відхилення	Основна характеристика стану системи	Управлінські завдання стабілізації	Основні стабілізаційні дії	Очікуваний ефект
<b>Латентна зона</b>	Початкові мікровідхилення без системної напруги	Виявлення ранніх ознак відхилень, превентивне виврівнювання	Постійний моніторинг показників, оперативне коригування локальних планів, мікроадаптація внутрішніх циклів	Запобігання накопиченню критичної нестабільності
<b>Зона акумуляції</b>	Початок помітної кумуляції відхилень в окремих зонах	Стримування подальшого розвитку нестабільності через задіяння внутрішніх резервів	Залучення буферних запасів матеріалів, резервних трудових ресурсів та техніки, локальна оптимізація завантаженості виробничих ділянок	Зниження амплітуди відхилень без перегляду загального проекту
<b>Передкризова зона</b>	Синхронне накопичення багатьох взаємопов'язаних збоїв	Координація мультिकанальних компенсаторів, мобілізація доступних управлінських ресурсів	Гнучке перепланування між об'єктами, перерозподіл потужностей, переналаштування підрядних завдань, корекція графіків платежів	Тимчасова стабілізація системної динаміки без глибоких реструктуризацій
<b>Критична зона</b>	Системна напруга з ризиком зриву проектних циклів	Масштабна перебудова операційної архітектури	Перегляд проектного портфеля, злиття технологічних етапів, перегрупування фінансових джерел, централізація управління	Збереження цілісності системи через глибоку трансформацію
<b>Зона перевантаження</b>	Руйнування поточної операційної рівноваги	Екстрені кризові програми стабілізації	Форсоване припинення частини проектів, ліквідація вузьких місць, екстрене залучення інвестицій, централізований антикризовий контроль	Відновлення життєздатності підприємства, запобігання фінансовій зупинці

*Джерело: розроблено автором на основі [18]*

них механізмів, формалізованих залежностей стабілізації та прогнозованого ефекту втручання. Таблиця системно поєднує аналітичні форми стабілізації з практичними управлінськими рішеннями у межах інтегрованої моделі антикризового регулювання операційних процесів.

### **Висновок**

Проведене дослідження показало, що ефективно управління операційними відхиленнями є одним із ключових напрямів забезпечення стабільності та конкурентоспроможності будівельних підприємств. Розроблений інструментарій моніторингу, аналізу та прогнозування дозволяє не лише фіксувати поточні відхилення, але й передбачати розвиток кризових ситуацій.

Сформована модель ґрунтується на інтеграції аналітичних, математичних та цифрових методів управління. Зокрема, використання інструментів Data Mining і Machine Learning дає змогу ідентифікувати латентні ризики, тоді як сценар-

не прогнозування на основі Digital Twin забезпечує моделювання різних варіантів розвитку подій. Імітаційні моделі дозволяють оцінювати вплив зміни параметрів виробничих процесів на рівень операційної стабільності.

Запровадження системи багаторівневого моніторингу забезпечує структурування відхилень за зонами ризику — від безпечних до критичних, що дає можливість підприємствам своєчасно застосовувати стабілізаційні заходи. Важливим практичним результатом є створення таблиці стабілізаційних сценаріїв, яка дозволяє узгоджувати управлінські рішення із поточним станом операційної системи. Це сприяє підвищенню гнучкості управління, скороченню часу реагування на кризові зміни та зниженню витрат, пов'язаних із простим або неефективним використанням ресурсів. Отже, інтеграція цифрових аналітичних технологій у процеси моніторингу та прогнозування є необхідною умовою сучасного управління. Реалізація запропонованої моделі забезпечує пе-

рехід до концепції «розумного управління» (Smart Management), у межах якої рішення приймаються на основі даних, а не інтуїції. Це дозволяє створити ефективну систему операційного контролю, що забезпечує стабільність, адаптивність та довгострокову ефективність діяльності будівельних підприємств у мінливому економічному середовищі.

**Список використаних джерел:**

1. Гуменна, О. А. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата економічних наук: дис. ... канд. екон. наук: 08.00.04 / О. А. Гуменна. – Київ: Київ. нац. будівельн. ун-т, 2025. – 150 с. – Режим доступу: <https://www.knuba.edu.ua/wp-content/uploads/2025/04/dysertacziya-gumenna.pdf>.

2. Совенко, І. В. Сучасні проблеми і перспективи розвитку економіки: дис. ... канд. екон. наук: 08.00.04 / І. В. Совенко. – Умань: Уман. держ. пед. ун-т, 2025. – 130 с. – Режим доступу: <https://dspace.udpu.edu.ua/bitstream/123456789/15217/1/СУЧАСНІ%20ПРОБЛЕМИ%20І%20ПЕРСПЕКТИВИ%20.pdf>.

3. Коваленко, І. І. Аналіз та управління фінансовими потоками підприємств: дис. ... канд. екон. наук: 08.00.04 / І. І. Коваленко. – Миколаїв: Микол. нац. ун-т, 2025. – 120 с. – Режим доступу: <http://elar.tsatu.edu.ua/bitstream/123456789/14489/1/6.pdf>.

4. Петров, В. В. Методологія управління інноваційним розвитком: дис. ... канд. екон. наук: 08.00.04 / В. В. Петров. – Дніпро: Нац. металург. ун-т, 2025. – 140 с. – Режим доступу: <https://ir.nmu.org.ua/server/api/core/bitstreams/42ab6449-c46b-46b9-a484-172f34042c5a/content>.

5. Сидоренко, Л. А. Проблеми сталого розвитку регіонів: дис. ... канд. екон. наук: 08.00.04 / Л. А. Сидоренко. – Суми: Сум. держ. ун-т, 2022. – 110 с. – Режим доступу: <https://conf.teset.sumdu.edu.ua/wp-content/uploads/2022/04/stpv-2022.pdf>.

6. Кисельова, М. О. Розвиток менеджменту підприємств: дис. ... канд. екон. наук: 08.00.04 / М. О. Кисельова. – Харків: Харків. мед. ун-т, 2025. – 160 с. – Режим доступу: <https://repo.knmu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/cc0e5e0f-1bb4-4ade-9e9e-4532c854dd4d/content>.

7. Марченко, Т. І. Теорія і практика управління вітчизняною економікою: дис. ... канд. екон. наук: 08.00.04 / Т. І. Марченко. – Львів: Львів. нац. ун-т, 2025. – 100 с. – Режим доступу: <https://dspace.wunu.edu.ua/bitstream/316497/8054/1/Лекції.pdf>.

8. Козак, С. Ю. Стратегії розвитку підприємств в умовах глобалізації: дис. ... канд. екон. наук: 08.00.04

/ С. Ю. Козак. – Київ: Київ. нац. ун-т, 2025. – 140 с. – Режим доступу: <https://core.ac.uk/download/pdf/11331161.pdf>.

9. Шевченко, А. М. Управлінський аналіз в організаціях: дис. ... канд. екон. наук: 08.00.04 / А. М. Шевченко. – Житомир: Житомир. техн. ун-т, 2025. – 130 с. – Режим доступу: [https://learn.ztu.edu.ua/pluginfile.php/317106/mod\\_resource/content/1/Управлінський%20аналіз.pdf](https://learn.ztu.edu.ua/pluginfile.php/317106/mod_resource/content/1/Управлінський%20аналіз.pdf).

10. Василенко, Н. П. Розвиток інноваційної діяльності підприємств: дис. ... канд. екон. наук: 08.00.04 / Н. П. Василенко. – Київ: Нац. ун-т «Кієво-Могилянська академія», 2025. – 160 с. – Режим доступу: <https://ekmair.ukma.edu.ua/server/api/core/bitstreams/3176cd89-4d71-49d0-aef7-61211d1a0a58/content>.

11. Шевченко, І. А. Теорія і практика кібербезпеки в економіці: дис. ... канд. екон. наук: 08.00.04 / І. А. Шевченко. – Харків: Харків. держ. ун-т, 2015. – 140 с. – Режим доступу: [https://economics.net.ua/files/science/ek\\_kiber/2015/tezi.pdf](https://economics.net.ua/files/science/ek_kiber/2015/tezi.pdf).

12. Іванова, Л. О. Управління розвитком професійно-технічної освіти: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04 / Л. О. Іванова. – Київ: Інститут інноваційних технологій і змісту освіти, 2025. – 120 с. – Режим доступу: <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/8483/1/Монографія.%20Управління%20розвитком%20ПТО.pdf>.

13. Кравченко, І. М. Стратегії управління фінансовими ризиками: дис. ... канд. екон. наук: 08.00.04 / І. М. Кравченко. – Київ: Київ. нац. економ. ун-т, 2025. – 110 с. – Режим доступу: <https://core.ac.uk/download/pdf/186564529.pdf>.

14. Ткаченко, В. О. Теоретико-методологічні засади управління розвитком економічних систем: дис. ... канд. екон. наук: 08.00.04 / В. О. Ткаченко. – Київ: Київ. політех. ін-т, 2025. – 130 с. – Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/4ababc2d-5283-4b3d-a2d1-c1813ecf6670/content>.

15. 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

16. Харченко, В. В. Інноваційні тренди у сфері навчання та підготовки: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04 / В. В. Харченко. – Київ: ЦЕНТУМ, 2025. – 150 с. – Режим доступу: [https://cuesc.org.ua/images/informlist/Макет%20advanced\\_training\\_OLA.pdf](https://cuesc.org.ua/images/informlist/Макет%20advanced_training_OLA.pdf).

17. I. Chupryna, R. Tormosov, A. Aryn, M. Horbach, D. Prykhodko and M. Polzikov, «The Updated Tool for Selecting

Projects for the Target Programs of Sustainable Energy Development,» 2023 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST), Astana, Kazakhstan, 2023, pp. 457–467

18. Сироватка, М. О. Інновації в управлінні підприємствами: дис. ... канд. екон. наук: 08.00.04 / М. О. Сироватка. – Львів: Львів. політех. ун-т, 2020. – 140 с. – Режим доступу: <https://lpnu.ua/sites/default/files/2020/dissertation/1393/dissyrotynskanm.pdf>.

#### References:

1. Humenna, O. A. Dysertatsiya na zdobuttya naukovoho stupenya kandydata ekonomichnykh nauk: dys. ... kand. ekon. nauk: 08.00.04 / O. A. Humenna. – Kyiv: Kyiv. nats. budivel'n. un-t, 2025. – 150 s. – Rezhym dostupu: <https://www.knuba.edu.ua/wp-content/uploads/2025/04/dysertacziya-gumenna.pdf>.

2. Sovenko, I. V. Suchasni problemy i perspektyvy rozvytku ekonomiky: dys. ... kand. ekon. nauk: 08.00.04 / I. V. Sovenko. – Uman': Uman. derzh. ped. un-t, 2025. – 130 s. – Rezhym dostupu: <https://dspace.udpu.edu.ua/bitstream/123456789/15217/1/SUChASNI%20PROBLEMY%20I%20PERSPEKTYVY%20.pdf>.

3. Kovalenko, I. I. Analiz ta upravlinnya finansovymy potokamy pidpryyemstv: dys. ... kand. ekon. nauk: 08.00.04 / I. I. Kovalenko. – Mykolayiv: Mykol. nats. un-t, 2025. – 120 s. – Rezhym dostupu: <http://elar.tsatu.edu.ua/bitstream/123456789/14489/1/6.pdf>.

4. Petrov, V. V. Metodolohiya upravlinnya innovatsiynym rozvytkom: dys. ... kand. ekon. nauk: 08.00.04 / V. V. Petrov. – Dnipro: Nats. metalurh. un-t, 2025. – 140 s. – Rezhym dostupu: <https://ir.nmu.org.ua/server/api/core/bitstreams/42ab6449-c46b-46b9-a484-172f34042c5a/content>.

5. Sydorenko, L. A. Problemy staloho rozvytku rehioniv: dys. ... kand. ekon. nauk: 08.00.04 / L. A. Sydorenko. – Sumy: Sum. derzh. un-t, 2022. – 110 s. – Rezhym dostupu: <https://conf.teset.sumdu.edu.ua/wp-content/uploads/2022/04/stpv-2022.pdf>.

6. Kysel'ova, M. O. Rozvytok menedzhmentu pidpryyemstv: dys. ... kand. ekon. nauk: 08.00.04 / M. O. Kysel'ova. – Kharkiv: Kharkiv. med. un-t, 2025. – 160 s. – Rezhym dostupu: <https://repo.knmu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/cc0e5e0f-1bb4-4ade-9e9e-4532c854dd4d/content>.

7. Marchenko, T. I. Teoriya i praktyka upravlinnya vitchyznyanoyu ekonomikoyu: dys. ... kand. ekon. nauk: 08.00.04 / T. I. Marchenko. – L'viv: L'viv. nats. un-t, 2025. – 100 s. – Rezhym dostupu: <https://dspace.wunu.edu.ua/bitstream/316497/8054/1/Lektsiyi.pdf>.

8. Kozak, S. Yu. Stratehiyi rozvytku pidpryyemstv v umovakh hlobalizatsiyi: dys. ... kand. ekon. nauk: 08.00.04 / S. Yu. Kozak. – Kyiv: Kyiv. nats. un-t, 2025. – 140 s. – Rezhym dostupu: <https://core.ac.uk/download/pdf/11331161.pdf>.

9. Shevchenko, A. M. Upravlins'kyy analiz v orhanyzatsiyakh: dys. ... kand. ekon. nauk: 08.00.04 / A. M. Shevchenko. – Zhytomyr: Zhytomyr. tekhn. un-t, 2025. – 130 s. – Rezhym dostupu: [https://learn.ztu.edu.ua/pluginfile.php/317106/mod\\_resource/content/1/Upravlins'kyy%20analiz.pdf](https://learn.ztu.edu.ua/pluginfile.php/317106/mod_resource/content/1/Upravlins'kyy%20analiz.pdf).

10. Vasylenko, N. P. Rozvytok innovatsiynoyi diyal'nosti pidpryyemstv: dys. ... kand. ekon. nauk: 08.00.04 / N. P. Vasylenko. – Kyiv: Nats. un-t «Kyievo-Mohylyans'ka akademiya», 2025. – 160 s. – Rezhym dostupu: <https://ekmair.ukma.edu.ua/server/api/core/bitstreams/3176cd89-4d71-49d0-aef7-61211d1a0a58/content>.

11. Shevchenko, I. A. Teoriya i praktyka kiberbezpeky v ekonomitsi: dys. ... kand. ekon. nauk: 08.00.04 / I. A. Shevchenko. – Kharkiv: Kharkiv. derzh. un-t, 2015. – 140 s. – Rezhym dostupu: [https://economics.net.ua/files/science/ek\\_kiber/2015/tezi.pdf](https://economics.net.ua/files/science/ek_kiber/2015/tezi.pdf).

12. Ivanova, L. O. Upravlinnya rozvytkom profesiynno-tekhnichnoyi osvity: dys. ... kand. ped. nauk: 13.00.04 / L. O. Ivanova. – Kyiv: Instytut innovatsiynykh tekhnolohiy i zmistu osvity, 2025. – 120 s. – Rezhym dostupu: <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/8483/1/Monohrafiya.%20Upravlinnya%20rozvytkom%20PTO.pdf>.

13. Kravchenko, I. M. Stratehiyi upravlinnya finansovymy ryzykamy: dys. ... kand. ekon. nauk: 08.00.04 / I. M. Kravchenko. – Kyiv: Kyiv. nats. ekonom. un-t, 2025. – 110 s. – Rezhym dostupu: <https://core.ac.uk/download/pdf/186564529.pdf>.

14. Tkachenko, V. O. Teoretyko-metodolohichni zasady upravlinnya rozvytkom ekonomichnykh system: dys. ... kand. ekon. nauk: 08.00.04 / V. O. Tkachenko. – Kyiv: Kyiv. politekh. in-t, 2025. – 130 s. – Rezhym dostupu: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/4ababc2d-5283-4b3d-a2d1-c1813ecf6670/content>.

15. Chupryna, Yu., Petrenko, H., Hrynenko, I., Nikolayeva, M., Pokolenko, V., & Savchuk, T. (2021). Metodolohichna rehlementatsiya ta analityko-informatsiynne zabezpechennya protsesno-oriyentovanoho menedzhmentu v suchasniy systemi budivel'noho developmentu. Upravlinnya rozvytkom skladnykh system, (48), 125–134

16. Kharchenko, V. V. Innovatsiynni trendy u sferi navchannya ta pidhotovky: dys. ... kand. ped. nauk: 13.00.04 / V. V. Kharchenko. – Kyiv: TsENTUM, 2025. – 150 s. – Rezhym dostupu: [https://cuesc.org.ua/images/informlist/Market%20advanced\\_training\\_OLA.pdf](https://cuesc.org.ua/images/informlist/Market%20advanced_training_OLA.pdf).

17. I. Chupryna, R. Tormosov, A. Aryn, M. Horbach, D. Prykhodko and M. Polzikov, «The Updated Tool for Selecting Projects for the Target Programs of Sustainable Energy Development,» 2023 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST), Astana, Kazakhstan, 2023, pp. 457–467

18. Syrovatka, M. O. Innovatsiyyi v upravlinni pidpryemstvamy: dys. ... kand. ekon. nauk: 08.00.04 / M. O. Syrovatka. – L'viv: L'viv. politekh. un-t, 2020. – 140 s. – Rezhyim dostupu: <https://lpnu.ua/sites/default/files/2020/dissertation/1393/dissyrotynskanm.pdf>.

**Дані про автора**

**Вовкович Юрій Володимирович,**

аспірант Київського національного університету будівництва і архітектури

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-4446-0102>

e-mail: Vovkovich79@gmail.com

**Data about the author**

**Yurii Vovkovych,**

Ph.D. Student at Kyiv National University of Construction and Architecture

e-mail: Vovkovich79@gmail.com

УДК: 338:2

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18853517>

УСИК О.В.

МАРЧЕНКО В. М.

## Політика управління дебіторською заборгованістю в системі фінансової безпеки підприємств з виробництва та торгівлі медом

**Предметом дослідження** є сукупність заходів управління дебіторською заборгованістю з метою підвищення фінансової безпеки підприємств.

**Метою дослідження** є аналіз стану управління дебіторською заборгованістю підприємств з виробництва та торгівлі медом, формування методичного підходу до ідентифікації напрямів підвищення її ефективності з метою забезпечення їх фінансової безпеки.

**Методи дослідження.** У роботі використано загальнонаукові та спеціальні методи. До яких можна віднести: узагальнення, аналіз, синтез, порівняльний, графічний та інші методи.

**Результати роботи.** Узагальнено сукупність показників для оцінювання ефективності управління дебіторською заборгованістю на підприємствах, оцінено основні ризики в управлінні дебіторською заборгованістю підприємств, сформовано напрями підвищення ефективності управління дебіторською заборгованістю з урахуванням її коефіцієнту варіації та обсягів, оцінено розмір перевищення фактичного розміру дебіторської заборгованості над безпечним розміром, запропоновано метод експрес діагностування стану політики управління дебіторською заборгованістю на підприємстві, узагальнено типи кредитної політики підприємств з виробництва та торгівлі медом та сформовано критерії її ідентифікації.

**Висновки.** У вибірці підприємств з виробництва та торгівлі медом спостерігається різна ефективність управління дебіторською заборгованістю, що свідчить про різні підходи до формування політики такого управління. Для формування ефективної системи управління дебіторською заборгованістю повинна бути сформована політика, підходи, враховані особливості, інструментарій та методики оцінювання та аналізування дебіторської заборгованості. Запропонована сукупність методичних підходів дозволить аналізувати та контролювати стан фінансової безпеки підприємства шляхом впливу на розміри його дебіторської заборгованості.

**Ключові слова:** дебіторська заборгованість, фінансова безпека, мед, підприємство, політика, управління.

УСИК О. В.

MARCHENKO V. N.

## Accounts receivable management policy in the financial security system of honey production and trade enterprises

**The subject of the study** is a set of measures for managing accounts receivable with the aim of