Чуприна Х.М.,

кандидат технічних наук,

доцент кафедри менеджменту в будівництві,

Київський національний університет будівництва і архітектури

Бородавко М.В.,

аспірант кафедри менеджменту в будівництві,

Київський національний університет будівництва і архітектури

Гавриков Д.О.,

аспірант кафедри менеджменту в будівництві,

Київський національний університет будівництва і архітектури

Грабчак Д.В.,

аспірант кафедри організації та управління будівництвом,

Київський національний університет будівництва і архітектури

Chupryna Khrystyna,

Candidate of Sciences (Technical),

Associate Professor of the Department of Management in Construction,

Kyiv National University of Construction and Architecture

Borodavko Mykhailo,

Postgraduate Department of Management in Construction,

Kyiv National University of Construction and Architecture

Havrykov Denys,

Postgraduate Department of Management in Construction,

Kyiv National University of Construction and Architecture

Hrabchak Dmytro,

Postgraduate Department of Organization and Construction Management,

Kyiv National University of Construction and Architecture

ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ОЦІНКИ ЕКОНОМІЧНОЇ СТІЙКОСТІ БУДІВЕЛЬНОГО ПІДПРИЄМСТВА В УМОВАХ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ЕКОНОМІКИ

Чуприна Х.М., Бородавко М.В., Гавриков Д.О., Грабчак Д.В. Економіко-математична модель оцінки економічної стійкості будівельного підприємства в умовах цифровізації економіки. У статті визначено сутність та взаємозв'язок між економічним станом будівельного підприємства і трансформаційними процесами його системи управління в умовах цифровізації у форматі чітко формалізованої системи показників економічної стійкості будівельного підприємства. Досліджено фактори невизначеності, що впливають на економічну стійкість підприємства в умовах цифровізації економіки. Запропонована економіко-математична модель оцінки економічної стійкості будівельного підприємства в умовах цифровізації економіки заснована на математичній моделі оцінку впливу факторів нестабільності на траєкторію трансформації системи управління підприємством, побудованої з використанням методів динамічних систем і є визначальним інструментом підтримки прийняття рішень керівництвом підприємства щодо реалізації заходів з трансформації системи управління в умовах цифровізації економіки.

Ключові слова: оцінка економічної стійкості, цифровізація економіки, трансформація системи управління, траєкторія трансформації, фактори нестабільності, будівельне підприємство.

Чуприна Х.М., Бородавко М.В., Гавриков Д.А., Грабчак Д.В. Экономико-математическая модель оценки экономической устойчивости строительного предприятия в условиях цифровизации экономики. В статье определена сущность и взаимосвязь между экономическим состоянием строительного предприятия и трансформационными процессами его системы управления в условиях цифровизации в формате четко формализованной системы показателей экономической устойчивости строительного предприятия. Исследованы факторы неопределенности, влияющие на экономическую устойчивость предприятия в условиях цифровизации экономики. Предложенная экономико-математическая модель оценки экономической устойчивости строительного предприятия в условиях цифровизации экономики основана на математической модели оценки влияния факторов нестабильности на траекторию трансформации системы управления

предприятием, построенной с использованием методов динамических систем и является определяющим инструментом поддержки принятия решений руководством предприятия по реализации мероприятий по трансформации системы управления в условиях цифровизации экономики.

Ключевые слова: оценка экономической устойчивости, цифровизация экономики, трансформация системы управления, траектория трансформации, факторы нестабильности, строительное предприятие.

Chupryna Kh.M., Borodavko M.V., Havrykov D.O., Hrabchak D.V. Economic and mathematical model for assessing the economic stability of a construction company in terms of digitalization of the economy.

The aim of the article is to determine the economic content and feasibility of using the category "sustainable economic development" in the practice of enterprise management in the digitalization of the economy and methodological justification for assessing the economic condition of construction companies as components of the methodological platform. A necessary condition and foundation for the transformation of the management system of a construction company in terms of digitalization of the economy is its stable economic condition. The concept of sustainability has been widely used in the literature, the essence and content of which are specified in accordance with the scope. Given the logical antagonism of the concepts of "sustainability" and "development", we can assume that still certain concepts can be dialectically combined into the category of "sustainable economic development", the essence of which reflects the highest priority of the enterprise in the digitalization of the economy. As a result of the research, a system of indicators of sustainable development of a construction enterprise in the conditions of digitalization was formed; estimates of the economic condition of the construction enterprise as components of the methodological platform of the management system of construction enterprises transformation in the conditions of digitalization are considered; the possible, necessary and sufficient scenario of sustainable development of the enterprise is selected and substantiated. Based on the analysis of scientific and methodological materials, it can be argued that the operation of the enterprise is carried out in order to create a competitive market product or services. One of the conditions of such a process is the observance of such general and specific requirements that will be able to meet the needs and ensure on this basis the economic development of enterprises. This study proposes a clearly structured mechanism for forming the trajectory of transformation of the management system of a construction company, the initial stage of which was the model presented above. The methodology includes a system of indicators that assess the level of stability of the enterprise at a given time; tools that allow you to use this system of indicators at all stages of the life cycle of the enterprise, taking into account the impact of divergent differences in the degree of influence of uncertainties that arise in the context of digitalization of the economy; the ability to determine scenarios for the development of the enterprise depending on the degree of influence on its functioning of uncertainties; the ability to assess the effectiveness of the proposed management decisions to combat these factors.

Key words: assessment of economic stability, digitalization of economy, transformation of management system, trajectory of transformation, instability factors, construction enterprise.

Постановка проблеми. Цифровізація економіки України, яка стимулюється на вищому рівні управління державою, найближчим часом має позитивно вплинути на її економічні розвиток та ефективність, але для цього необхідні не лише законодавчі ініціативи, але й наукове обґрунтування. Серед нагальних питань економіки та управління будівельними підприємствами останнє десятиріччя найбільш актуальним залишається питання функціонування підприємства в умовах цифровізації. Забезпечення стрімкого та динамічного економічного розвитку підприємств в умовах цифровізації економіки потребує відповідного рівня технічного, технологічного, наукового, кадрового забезпечення, впровадження цифрових технологій та трансформації системи управління будівельним підприємством. В таких умовах виникає потреба розробки моделі оцінки економічного стану будівельного підприємства як компоненти трансформації системи управління будівельним підприємством в умовах цифровізації економіки.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Необхідною умовою і фундаментом трансформації системи управління будівельним підприємством в умовах цифровізації економіки є його стійкий економічний стан. Широкого застосування в літературі набуло поняття стійкості, сутність та зміст якого уточнюється

й конкретизується відповідно до сфери застосування. Визначення та характеристика поняття "стійкий розвиток" знайшли відображення в роботах таких вчених-економістів, як Беленкова О.Ю., Гросул В.А., Деркач М.І., Єрмейчик Р.А., Зельцер Є.Р., Колотій В.О., Лівінський О.М., Мамаєва Г.С., Міщенко С.П., Погорелов Ю.С., Рахнянська О.П., Цифра Т.Ю.

Враховуючи логічний антагонізм понять "стійкість" та "розвиток", можна припустити, що все ж таки визначені поняття можуть бути діалектично поєднані в категорію "стійкий економічний розвиток", сутність якої відображає найбільш пріоритетний орієнтир функціонування підприємства в умовах цифровізації економіки [1; 2; 5].

Метою статті є визначення економічного змісту та доцільності використання категорії "стійкий економічний розвиток" у практиці управління підприємством в умовах цифровізації економіки та методологічне обґрунтування оцінки економічного стану будівельного підприємства як компоненти методологічної платформи трансформації системи управління будівельних підприємств в умовах цифровізації. З метою досягнення поставленої мети було виконано наступні завдання:

– сформулювати систему показників стійкого розвитку будівельного підприємства в умовах цифровізації;

- оцінки економічного стану будівельного підприємства як компоненти методологічної платформи трансформації системи управління будівельних підприємств в умовах цифровізації;

- вибрати і обґрунтувати можливий, необхідний і достатній сценарій сталого розвитку підприємства.

Виклад основного матеріалу. Проведені теоретичні дослідження і практичний досвід високо конкурентоспроможних світових будівельних компаній доводять той факт, що для трансформації системи управління будівельним підприємством в умовах цифровізації економіки необхідно забезпечити такий економічний стан підприємства, який дозволить здійснювати надання послуг із застосуванням цифрових технологій на основі наявних ключових компетенцій за умови гнучкої адаптації виробництва до динамічних змін зовнішнього середовища організації. Трансформація системи управління будівельним підприємством в умовах цифровізації економіки полягає в його здатності формувати нові ринки висококонкурентному продукції або займати значний сегмент існуючого ринку.

Сутність стійкого економічного стану полягає в забезпеченні високих показників економічного, фінансового, технічного, соціального стану підприємства, спираючись на які керівництво може приймати рішення про реалізацію заходів щодо трансформації системи управління в умовах цифровізації економіки. У цьому сенсі стійкий економічний стан будівельного підприємства можна розуміти, як його здатність реагувати і протистояти впливу негативних факторів зовнішнього і внутрішнього середовища в умовах цифровізації економіки, при цьому трансформуючи систему управління і зберігаючи динаміку економічного і технічного розвитку підприємства. Економічна стійкість будівельного підприємства в умовах цифровізації економіки характеризується системою показників (таблиця 1).

Фактори невизначеності, які впливають на економічну стійкість підприємства, можуть носити внутрішній або зовнішній характер (таблиця 2).

Запропонована економіко-математична модель оцінки економічної стійкості будівельного підприємств в умовах цифровізації економіки заснована на математичній моделі оцінки впливу факторів нестабільності на траєкторію трансформації системи управління підприємством, побудованої з використанням методів динамічних систем.

Загальні положення. Методика оцінки економічної стійкості будівельного підприємства в умовах цифровізації необхідна для здійснення економічного планування основної діяльності підприємства по трансформації системи управління підприємством відповідно до умов цифровізації економіки. Складність даної проблеми полягає в тому, що реалізація трансформаційних процесів відбувається в умовах дії різних факторів невизначеності, які виникають як в результаті унікальності заходів, що проводяться будівельними підприємствами, так і з огляду на дію чинників зовнішнього економічного середовища. Аналіз діючих методів оцінки економічної стійкості дозволив сформулювати загальний перелік вимог і рекомендацій щодо формування структури методики оцінки економічної стійкості будівельних підприємств в умовах цифровізації економіки. Найбільш важливими акцентами запропонованої методики є:

- елементи загальної частини – основні характеристики стійкої економічної трансформації, система показників стійкої економічної трансформації, математичні підходи до формалізації поняття стійкої економічної трансформації;

- оцінка економічної стійкості – вплив на економічний стан будівельних підприємств факторів невизначеності, управління стійкістю трансформації, формування умов і критеріїв економічної стійкості будівельних підприємств в умовах цифровізації економіки. Існує ряд перешкоджають економічній стійкості об'єктивних проблем, які характерні для більшості підприємств будівельної галузі. Як правило, це фактори зовнішнього характеру: високе податкове навантаження, високі ціни на енергоносії, недосконале законодавство. Можна виділити і внутрішні чинники (наприклад, високий ступінь зносу основних фондів, застарілі технології, кредитування).

З іншого боку, будівельні підприємства мають конкурентні переваги, які можуть сприяти підвищенню економічної стійкості підприємств. Ці переваги пов'язані з можливістю використання наявної масштабної виробничої інфраструктури, широкого набору компетенцій корпорації для реалізації стратегічних програм розвитку продуктової лінійки, диверсифікації, імпортозаміщення та ін. Конкурентна економічне середовище змушує будівельні підприємства приділяти підвищену увагу аналізу різних чинників невизначеності, які можуть знизити стійкість розвитку всього підприємства. Ці фактори можуть мати різну природу і різні механізми впливу на розвиток підприємства, тому необхідно сформувати універсальні підходи до оцінки стійкої трансформації підприємства в умовах цифровізації економіки з урахуванням наявних факторів невизначеності. Для забезпечення трансформації системи управління будівельним підприємствам слід також розглядати технологічні та економічні заходи, що дозволяють утриматися на траєкторії трансформації в умовах цифровізації економіки. Ефективність цих заходів може бути забезпечена тільки точною і своєчасною оцінкою умов нестабільності, що викликають ризики і впливають на сталий розвиток будівельних підприємств. Процес сталого розвитку будівельних підприємств може бути описаний за допомогою траєкторії розвитку в багатовимірному просторі економічних показників підприємства, що відслідковуються. Вибір і опис цих параметрів задають деталізацію моделі розвитку підприємства. При повноцінній оцінці впливу факторів невизначеності необхідно використовувати ієрархію різних моделей, що мають різну ступінь деталізації. З математичної точки зору економічний стан будівельного підприємства будемо розглядати як вектор числових параметрів

$$E = \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ \dots \\ e_N \end{bmatrix} \quad (1)$$

де кожна компонента цього вектору має сенс деякого показника діяльності підприємства (параметра станів) в фіксований момент часу. Оскільки значення параметрів станів будівельного підприємства мають різну розмірність, то для проведення розрахунків в

Таблиця 1

Система показників економічної стійкості будівельного підприємства в умовах цифровізації економіки

Група показників	Служба, відділ	Операції	Показники
Виробничі	Виробництво	Розробка і випуск інструментів і виробів Вивчення методів виробництва Оцінювання виконаної роботи Матеріальне стимулювання Планування Складання розкладів Аналіз результатів Керування виробничими операціями Вирішення проблем виробничої логістики Контроль якості Оцінювання отриманих ресурсів Інспекція підрозділів	Фондовіддача
			Швидкість поновлення продуктової лінійки
			Матеріаловіддача
			Оборотність
			Витрати на один грн. реалізованої продукції
Фінансові	Фінансовий відділ	Бюджетування Управління фінансовими потоками Фінансовий контроль	Коефіцієнт співвідношення власних і кредитних коштів
			Коефіцієнти абсолютної та поточної ліквідності
			Коефіцієнт фінансової стійкості
Маркетингові	Маркетингова служба	Визначення потреб ринку Прогнозування попиту Прогнозування майбутніх розробок і проектів Аналіз наявної потужності Аналіз технічних можливостей	Рентабельність діяльності виробництва
			Рентабельність реалізованої продукції
			Рентабельність власного капіталу
Інноваційні	Науково-технічний, аналітичний відділ	Розробка проектної та конструкторської документації Розробка прогресивних напрямів	Питома вага реалізованих послуг (продукції) в загальному обсязі
			Конкурентоспроможність високотехнологічної продукції
Організаційні	Відділ кадрів	Визначення потреби в робочій силі Підготовка, професійний ріст, тренінги Рекрутинг Мотивація, система преміювання та бонусів, контроль	Коефіцієнт кваліфікації і структури працюючих
			Кількість і рівень ключових компетенцій
			Продуктивність праці Фондоозброєність праці
Ресурсні	Відділ закупівлі та складське господарство	Визначення договірних умов з постачальниками ресурсів Встановлення потреб в ресурсах Логістика Впровадження складського обліку.	Коефіцієнт ефективного використання ресурсів
			Коефіцієнт використання потужності
			Зношеність основних фондів

Таблиця 2

Фактори невизначеності, що впливають на економічну стійкість підприємства в умовах цифровізації

Тип факторів невизначеності	
Внутрішні	Зовнішні
Неоптимальні розмір і структура витрат неоптимальні обсяг і структура виробництва Неоптимальні складу і кваліфікація персоналу Неоптимальні складу і структура виробленої продукції і наданих послуг Неефективна модель організації виробництва і управління Неоптимальний стан майна і фінансових ресурсів	Кризові економічні явища Дії компаній-конкурентів Зовнішньоекономічні санкції Політичні фактори

нашій моделі необхідно здійснювати нормування цих значень, щоб можна було оцінювати їх з єдиної позиції. Також, ми будемо оцінювати значення цих параметрів з точки зору переваги, тому зазначимо, що e гірше, ніж e' , якщо виконана нерівність $e' < e$. У разі якщо менше значення параметра є найкращим, будемо розглядати зворотні цим параметрам величини.

Як правило, нормування показників стану може бути виконана у вигляді лінійного відображення вигляду

$$e = A e' + b, \quad (2)$$

де e' – початкове значення параметра;

e – нормоване значення параметра;

A і b – нормують числа.

Зауважимо, що число A може бути не тільки додатним, але і від'ємним. В рамках цієї методики будемо розглядати вектор стану будівельного підприємства як функцію часу. Для цього введемо поняття тимчасової шкали методики, яке на практиці розглядається як дискретний час. Для оцінки розвитку будівельного підприємства, що містить велику кількість параметрів, доцільно використовувати дискретний час, оскільки будуть розглядатися процеси, які впливають на стан не в постійному, а в по дієвому режимі. Такий режим в динамічній моделі означає, що вплив факторів виявляється імпульсним – в момент виникнення деякої події. Ця подія може бути ризиком, що реалізувався або проявом фактору нестабільності системи. Отже, будемо розглядати дискретну шкалу часу $t \in \{t_0, t_1, \dots, t_N\}$. Важливо відзначити, що в цій шкалі не припускається, що тимчасові інтервали являються безперервними. Під часовою моделлю мається на увазі часи настання подій, які можуть бути нерівномірними і випадковими.

Оскільки час дії фактору невизначеності невідомо, ніхто не знає і точний момент, коли необхідно розглядати цей фактор.

Метою запропонованої моделі є оцінка стійкості розвитку будівельного підприємства на основі визначення відповідності отриманого критерію стійкості. Використання цієї економіко-математичної моделі дозволить моделювати варіативні сценарії сталого розвитку будівельного підприємства, що забезпечують вихід на задану оптимальну траєкторію трансформації системи управління підприємством в умовах цифровізації економіки.

Основні завдання дослідження полягають в наступному (рис. 1).

Визначення планової та прогнозованої траєкторії трансформації будівельного підприємства. Оскільки вектор показників економічного стану будівельного підприємства в рамках методики є функцією часу, процес розвитку підприємства може бути подано у вигляді векторної функції:

$$E(t_n) = \begin{bmatrix} e(t_n) \\ e(t_n) \\ \dots \\ e_N(t_n) \end{bmatrix} \quad (3)$$

Таким чином, ми отримуємо дискретну траєкторію в просторі станів будівельного підприємства, яка описує процес його трансформації. При аналізі траєкторії станів можна розглядати кінцеве значення функції $E(t)$ або всю множину траєкторії. Введемо наступні позначення:

$$L(t_n, t_m) = \{E(t): t_n \leq t \leq t_m\} \quad (4)$$

Рис. 1. Концепція оцінка стійкості розвитку будівельного підприємства в умовах цифровізації

де $L(t_p, t_m)$ – всі стани траєкторії, що розглядаються.

Оскільки ми розглядаємо розвиток будівельного підприємства в умовах цифровізації економіки, тобто в умовах невизначеності, то в залежності від факторів невизначеності, що враховуються існують різні траєкторні сценарії. Припустимо, що згідно з плановою стратегією трансформації системи управління підприємством існує основна траєкторія сталого розвитку будівельного підприємства, яку ми будемо позначати наступним чином:

$$L^0(t_0, t_T) = \{E^0(t_i) : t_0 \leq t_i \leq t_T\} \quad (5)$$

де E^0 – планові параметри стану будівельного підприємства без урахування можливих факторів невизначеності.

Для того щоб врахувати можливі невизначеності в нестабільності зовнішнього середовища, що виникають в умовах цифровізації економіки, розглядатимемо клас відображень Z :

$$f: V^N \rightarrow V^N, f \in Z \quad (6)$$

Ці відображення мають економічний сенс, що складається в коригуванні станів в результаті впливу (f) зовнішніх чинників. Серед цих факторів ми будемо розглядати фактори, які відповідають плановій системі управління будівельним підприємством в умовах цифровізації економіки. Тому весь клас відображень Z містить відображення, які відповідають управлінню $F \in Z$. Відображення з множини F будуть використовуватися для завдання планової траєкторії трансформації будівельного підприємства. Без врахування чинників нестабільності ми будемо мати наступний вигляд

$$f_0 f_1 \dots f_T E(t_0) = E(t_T), f_0, f_1, \dots, f_T \in F \quad (7)$$

Згідно з нашим підходом використовуємо ситуаційну модель, ми продовжимо розглядати тільки ті моменти часу, в які відбувається будь-яка подія. В даному випадку ми розглядаємо події, пов'язані з операційною системою будівельного підприємства. Однак для оцінки впливу факторів невизначеності на стійкість розвитку будівельної галузі необхідно також розглянути в нашій ситуаційній моделі зовнішні чинники, пов'язані з нестабільністю зовнішнього середовища. Введемо в розгляд клас відображень $V \in Z$, які будуть описувати можливі негативні впливи на траєкторію сталого розвитку будівельного підприємства в результаті реалізації різних ризиків. При цьому такі дії будуть носити, як правило, негативний характер, момент настання цих подій - випадковий, тому ми будемо враховувати їх в нашій моделі в момент настання. З огляду на це ми отримуємо наступне рівняння, що описує динаміку траєкторії трансформації системи управління будівельним підприємством:

$$h_T h_{T-1} \dots h_1 h_0 E(t_0) = E(t_T) \quad (8)$$

де $h_m \in F \cup V$ – фактор управління або фактор ризику.

Заздалегідь ми не знаємо, в якій послідовності будуть виникати ці фактори, оскільки в ситуаційній моделі ці невизначеності виникають в випадковій тимчасовій проміжці. Це динамічне рівняння описує спільний вплив різних чинників, які формують реалізовану траєкторію трансформації системи управління будівельним підприємством. Оскільки множина Z є алгебраїчною напівгрупою, то добуток цих факторів саме є елемент множини Z . Тому можна розглядати підгрупу напівгрупи Z , породженої множиною $F \cup V$, тобто що

містить всі можливі алгебраїчні комбінації елементів цієї множини. Таку напівгрупу ми будемо позначати наступним чином: ZFV. Тепер розглянемо оцінку впливу факторів невизначеності, пов'язаних з впливом зовнішнього середовища (наприклад, економічна нестабільність і фактори ризику в умовах цифровізації). Будемо виходити з того, що існує планова траєкторія розвитку будівельного підприємства на заданому часовому інтервалі як послідовність значень в просторі параметрів, що описують стан будівельного підприємства в задані моменти часу:

$$E^0(t_0), E^0(t_1), \dots, E^0(t_T) \quad (9)$$

Одночасно можна розглядати послідовність реалізованих станів (або прогнозованих з урахуванням ймовірного прояву факторів невизначеності станів), що описують параметри будівельного підприємства. Цю послідовність позначимо як:

$$E^0(S_0), E^0(S_1), \dots, E^0(S_T) \quad (10)$$

Тут виникає одна принципова проблема, характерна для ситуаційних математичних моделей, яка полягає в наступному: тимчасові проміжки, де визначені значення цих станів, різні, тобто $t_n \neq s_m$. Однак в рамках цієї методики можна припускати, що має місце наступне співвідношення:

$$\forall t_n, \exists S_m : t_n = S_m \quad (11)$$

Це означає, що кожному моменту часу в вихідній траєкторії відповідає момент часу в реальному траєкторії. При визначенні сценарію і критерію сталого розвитку будівельного підприємства проводиться оцінка впливу зовнішніх факторів невизначеності, для якої виникає необхідність оцінювати різницю між запланованими значеннями параметрів і реальними значеннями параметрів. У цьому випадку ми повинні використовувати поняття метрики, оскільки необхідно використовувати ваги при обчисленні різниці між параметрами. Далі будемо керуватися наступним алгоритмом визначення метрики: для отримання оцінки впливу зовнішніх факторів невизначеності будемо використовувати поняття метричних просторів. Для будь-якої пари елементів E_1 і E_2 ми введемо числову функцію $v(E_1, E_2)$, яку будемо називати метрикою в просторі параметрів. Ми будемо використовувати такий вигляд метрики для пари економічних станів будівельного підприємства (планового та фактичного):

$$E(t_n) = \begin{bmatrix} e_1(t_n) \\ e_2(t_n) \\ \dots \\ e_N(t_n) \end{bmatrix} \text{ і } E^0(t_n) = \begin{bmatrix} e_1^0(t_n) \\ e_2^0(t_n) \\ \dots \\ e_N^0(t_n) \end{bmatrix} \quad (12)$$

Метрика задається наступною формулою:

$$v(E^0(t_n), E(t_n)) = \sum_{k=1}^N \alpha_k |e_k^0(t_n) - e_k(t_n)| \quad (13)$$

Тут вагові коефіцієнти $\alpha_k > 0$ задають важливість відповідних параметрів в просторі параметрів. Оскільки числові значення параметрів ми раніше нормували, вибір цих вагових коефіцієнтів залежить від процедури нормування. Компоненти отриманого вектору пріоритетів відповідатимуть ваговим коефіцієнтам економічних параметрів розвитку будівельного підприємства. Після введення поняття метрики на просторі параметрів, стало можливим отримувати кількісні оцінки для

впливу факторів невизначеності на економічну стійкість будівельного підприємства. Можна розглядати кумулятивний (накопичений до моменту часу t) вплив факторів невизначеності на трансформацію системи управління. Кумулятивний вплив являє собою тимчасову послідовність впливів, яка описує послідовне (накопичується) вплив факторів невизначеності на стійкість розвитку будівельного підприємства:

$$C(t) = \sum_{t_n < t} v(E^0(t_n), E(t_n)) = \sum_{t_n < t} \sum_{k=1}^N \alpha_k |e_k^0(t_n) - e_k(t_n)| \quad (14)$$

де $C(t)$ – кумулятивна (накопичена) оцінка станів. Таким чином, ми отримуємо функцію впливу факторів невизначеності, яка визначена для всіх тимчасових значень. Ця сукупна оцінка впливу невизначеності відіграє найважливішу роль при плануванні різних заходів щодо зниження негативного впливу невизначеності, а також для прийняття коригуючих управлінських рішень, пов'язаних зі зниженням негативного впливу факторів невизначеності з метою підтримки сталого розвитку підприємства. Отримані оцінки дозволяють сформулювати умови економічної стійкості будівельного підприємства з урахуванням факторів невизначеності.

Поняття стійкості пов'язано з визначенням порогу стійкості трансформації будівельного підприємства. Оскільки існуючі чинники завжди призводять до розбіжностей між запланованим значеннями параметрів і реальними, потрібно встановити певне порогове значення відносного впливу факторів невизначеності. Розглянемо метод розрахунку таких показників. Насамперед зазначимо, що ми будемо розглядати відносне розходження між планованими значеннями параметрів і реальними з урахуванням факторів невизначеності. Введемо функцію відносного впливу факторів невизначеності (інтегральне відхилення від планового стану підприємства) за такою формулою:

$$\mu(t_n) = \frac{C(t_n)}{E^0(t_n)} \quad (15)$$

де норма вектору характеристик стану будівельного підприємства

$$E^0(t_n) = \sum_{t_n < t} \sum_{k=1}^N \alpha_k |e_k^0(t_n)| \quad (16)$$

коефіцієнти α_k ті ж самі, що у визначенні метрики. Критерієм сталого розвитку будівельного підприємства є величина, пов'язана з динамікою функції відносного впливу факторів невизначеності. Тепер ми можемо сформулювати критерій сталого розвитку будівельного підприємства з урахуванням факторів невизначеності. Ми будемо говорити, що розвиток будівельного підприємства носить стійкий характер в даний момент часу, якщо виконана така умова:

$$\frac{\mu_{\max}}{\mu(t_n)} \geq 1, \quad t_n \leq t_T \quad (17)$$

де величина $\mu_{\max}$ – заздалегідь заданий поріг стійкості для показників економічної стійкості.

Критерій стійкості розвитку доцільно формувати за кожним показником економічної стійкості (табл. 1). Як поріг стійкості необхідно розглядати значення показників, виходячи з необхідності створення умов досягнення економічної стійкості будівельним підприємством в умовах цифровізації економіки. На підставі цих показників сформуємо інтегральний показник економічної стійкості. В якості такого показника будемо розглядати мультиплікативну вибірку приватних показників економічної стійкості, розрахованих для кожного параметра. Це дозволить уникнути ситуації в якій економічно стійким буде визнано підприємство, що володіє дуже низькими значеннями ряду приватних показників економічної стійкості. Інтегральний показник економічної стійкості будівельного підприємства визначається за формулою:

$$\tilde{\mu} = \prod_{i=1}^N \frac{\mu_{\max}^i}{\mu^i(t_n)} \quad (18)$$

де N – кількість показників економічної стійкості; $\mu_{\max}^i$ – заздалегідь заданий поріг стійкості для показників економічної стійкості для i -го показника, а величина $\mu^i(t_n)$ визначається за формулою:

$$\mu^i(t_n) = \frac{\sum_{t_n < t} \alpha_i |e_i^0(t_n) - e_i(t_n)|}{\sum_{t_n < t} \alpha_i |e_i^0(t_n)|} \quad (19)$$

Розвиток будівельного підприємства можна вважати економічно стійким, якщо $\tilde{\mu} \geq 1$. Розрахунок інтегрального показника економічної стійкості є визначальним інструментом підтримки прийняття рішень керівництвом підприємства щодо реалізації заходів трансформації системи управління в умовах цифровізації економіки.

Висновки. В даному дослідженні пропонується чітко структурований механізм формування траєкторії трансформації системи управління будівельним підприємством, початковим етапом якого стала представлена вище модель. Методика включає систему показників, що оцінюють рівень стійкості підприємства в даний момент часу; інструментарій, що дозволяє використовувати цю систему показників на всіх стадіях життєвого циклу підприємства з урахуванням впливу різноспрямованих відмінних між собою за ступенем впливу чинників невизначеності, що виникають в умовах цифровізації економіки; можливість визначати сценарії розвитку підприємства в залежності від ступеня впливу на його функціонування факторів невизначеності; можливість проводити оцінку ефективності передбачуваних управлінських рішень щодо протидії цим чинникам.

Список використаних джерел:

1. Іванчук К.О. Теоретичні підходи до визначення сутності категорії «розвиток підприємства». *Стратегія і механізми регулювання промислового розвитку*. 2012. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/sim_2012_2012_21
2. Помазуновська Т.О., Цифра Т.Ю. Оцінка фінансової стійкості підприємств будівельної галузі у період 2012-2017 роки. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2019. Вип. 40 (економічний). С. 174–182.
3. Лівінський О.М. Економіка будівництва : навч. посіб. Київ : УАН “МП Леся”, 2019. 226 с.
4. Стеценко С.П. Показники-індикатори економічної безпеки будівельних підприємств. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2014. Вип. 36, ч. 2. С. 141–145.
5. Цифра Т.Ю. Економічні підходи до формування та оцінки стратегії будівельного підприємств. *Технологічний аудит та резерви виробництва*. 2018. № 39(4). С. 70–76.

6. Bielenkova Olga. The prediction model of economic stability (based on small construction enterprises of Ukraine). *European Applied Sciences*, November-December, 2013, 8. Stuttgart, Germany. Pp. 161–163.
7. Беленкова О.Ю. Економічна стійкість малих будівельних підприємств України: оцінка, тенденції, перспективи. *Проблеми економіки*, 2013. № 3. С. 51–62.
8. Тиби́нь А., Смачило І. Удосконалення управління підприємством в контексті сталого розвитку. *Вісник THEU*. 2009. № 1. С. 45–51.
9. Тищенко О.М., Єніна-Березовська А.О. Аналіз фінансової стійкості коксохімічних підприємств. *Проблеми економіки*. 2010. № 1. С. 30–35.
10. Питання діяльності Міністерства цифрової трансформації. URL: <https://www.e.gov.ua/ua/npa/proyekt%postanovi%kabinetu%ministriv%ukrayini%pitannya%diyalnosti%minister%stva%cifrovoyi%transformaciyi>

References:

1. Ivanchuk K.O. (2012). Teoretychni pidkhody do vyznachennja sutnosti kateghoriji «rozvytok pidpryjemstva» [Theoretical approaches to defining the essence of the category "enterprise development"]. *Stratehiya i mekhanizmy rehulyuvannya promyslovoho rozvytku*, pp. 231–239. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/sim_2012_2012_21
2. Pomazunovska T.O., Cyfra T.J. (2019). Ocinka finansovoi stijkosti pidpryjemstv budivelnjoi ghaluzi u period 2012-2017 roky [Assessment of financial stability of enterprises in the construction industry in the period 2012-2017]. *Ways to increase the efficiency of construction in the formation of market relations*, vol. 40 (ekonomichnyy), pp. 174–182.
3. Livinskij O.M. (2019). *Ekonomika budivnytstva* [Construction economics]. Kiev: UAN, "MP Lesya". (in Ukrainian)
4. Stetsenko S.P. (2014). Pokaznyky-indykatory ekonomichnoi bezpeky budiveln'nykh pidpryjemstv [Indicators of economic security of construction companies]. *Ways to increase the efficiency of construction in the formation of market relations*, vol. 36, ch. 2, pp. 141–145.
5. Cyfra T.J. (2018). Ekonomichni pidkhody do formuvannja ta ocinky strategiji budivelnjogho pidpryjemstv [Economic approaches to the formation and evaluation of the strategy of construction companies]. *Technological audit and production reserves*, no. 39(4), pp. 70–76.
6. Bielenkova Olga (2013). The prediction model of economic stability (based on small construction enterprises of Ukraine). *European Applied Sciences*, November-December. Stuttgart, Germany. Pp. 161–163.
7. Bjeljenkova O.J. (2013). Ekonomichna stijkistj malykh budiveln'nykh pidpryjemstv Ukrajiny: ocinka, tendenciji, perspektyvy [Economic stability of small construction enterprises of Ukraine: assessment, trends, prospects]. *Problems of the economy*, no. 3, pp. 51–62.
8. Tybinj A., Smachylo I. (2009). Udoskonalennja upravlinnja pidpryjemstvom v konteksti stalogho rozvytku [Improving enterprise management in the context of sustainable development]. *Bulletin of TNEU*, no. 1, pp. 45–51.
9. Tyshhenko O.M., Jenina-Berezovska A.O. (2010). Analiz finansovoi stijkosti koksokhimichnykh pidpryjemstv [Analysis of the financial stability of coke plants]. *Problems of the economy*, no. 1, pp. 30–35.
10. Pytannja dijalnosti Ministerstva cyfrovoi transformacii [Issues of activity of the Ministry of Digital Transformation]. URL: <https://www.e.gov.ua/ua/npa/proyekt%postanovi%kabinetu%ministriv%ukrayini%pitannya%diyalnosti%minister%stva%cifrovoyi%transformaciyi>