

Електронний журнал «Ефективна економіка» включено до переліку наукових фахових видань України з питань економіки (Категорія «Б», Наказ Міністерства освіти і науки України № 975 від 11.07.2019). Спеціальності – 051, 071, 072, 073, 075, 076, 292. Ефективна економіка. 2024. № 10.

DOI: <http://doi.org/10.32702/2307-2105.2024.10.39>

УДК 331.1: 519.7: 658.3

*А. В. Сєріков,
к. ф.-м. н., професор, викладач,
Харківський соціально-економічний фаховий коледж, м. Харків
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0629-2716>*

МОДЕЛЮВАННЯ СИНЕРГЕТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ В МАЛОМУ ПРОМИСЛОВОМУ ПІДПРИЄМСТВІ

*A. Sierikov,
PhD in Physico-Mathematical Sciences, Professor, Lecturer,
Kharkiv Socio-Economic Professional College, Kharkiv*

MODELLING SYNERGISTIC MANAGEMENT IN A SMALL INDUSTRIAL ENTERPRISE

Статтю присвячено виявленню умов, за яких стає можливим і цілком доказовим так зване синергетичне управління підприємством. В процесі виконання досліджень, спрямованих на досягнення заявленої мети, вперше надано важливе уточнення змісту синергетичного управління господарською діяльністю, яке наголошує націленість такого управління на ті бізнес-процеси виробництва, при практичній реалізації котрих виникають антагоністичні відносини між особами (силами), що здійснюють цей виробничий процес, а також вперше обґрунтовано сценарій розбудови

синергетичного управління в малому промисловому підприємстві. Все перелічене – на підставі аналізу господарської діяльності людей в соціально-економічному просторі з узагальненими координатами у вигляді капіталів та норм капіталізації, при цьому люди (носії, володарі або власники капіталів) заходять в цей простір з певним попитом та пропозицією приймати участь в господарюванні. Кон'юнктура носіїв капіталів породжує широкий спектр відносин між ними, а саме: від взаємосодії (кооперації) до неприйняття (антагонізму). Доведено, що з останніми ситуаціями призвано справлятися синергетичне управління за рахунок розбудови специфічних обернених зв'язків в процесах ненасильницького спілкування між людьми.

The article is concerned with identifying the conditions under which the so-called synergistic management of an enterprise becomes possible and fully evident. In the course of research aimed at achieving the stated goal, the author for the first time provides an important clarification of the content of synergistic management of economic activity, which emphasises the focus of such management on those business processes of production, in the practical implementation of which antagonistic relations arise between the persons (forces) involved in this production process. Such a focus on individual processes stems from the idea that the entire staff of an enterprise cannot be in antagonistic relations, when everyone is against everyone. Further analysis is carried out for the processes of an enterprise existing in Ukraine today. It is assumed that the economic activity of people within an enterprise can be described in a model of socio-economic space with generalised coordinates in the form of capital and capitalisation rates. At the same time, people (carriers, owners or holders of capital) enter this space with a certain demand and offer to participate in business. Due to the latter, a product with a certain added value is created within each business process with its inherent efficiency. This efficiency depends on the situation of the capital carriers involved in the business process. The conjuncture generates a wide range of relations between the carriers, namely, from interaction (cooperation) to rejection

(antagonism). The mathematical game theory proves that in case of antagonistic behaviour of the participating parties, one of them is doomed to lose. The paper proves that synergistic management is designed to cope with these situations by developing specific feedback loops in the processes of non-violent communication between people. Such conclusions are substantiated in the studies of dynamic supply-demand systems in the form of systems of nonlinear differential equations of the first order. Successfully created feedback loops lead the system to an attractor (a set of states in the analysed space of the system's life), where antagonism is replaced by cooperation of the persons acting in the business process. Such a reasonably formed organisation of economic activity of all business processes existing at an enterprise constitutes the contour of synergistic management at it. The article provides for the first time a possible plan for creation of such management at a small industrial enterprise.

Ключові слова: *мале промислове підприємство, господарська діяльність, динамічна соціально-економічна система, фазовий портрет, синергетичне управління*

Keywords: *small industrial enterprise, economic activity, dynamic socio-economic system, phase portrait, synergistic management*

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. В межах невеликого історичного минулого одним із наукових мейнстримів в царині теорії та практики управління виявилися дослідження можливостей так званого синергетичного управління складними системами різноманітного походження з метою підвищення ефективності діяльності систем [1 - 3]. Автору цієї публікації вдалося виявити, що застосування принципів синергізму до управління системою «попит / пропозиція», яка продукується будь-якою господарською діяльністю, супроводжується редукцією надлишкових ступенів свободи в системі. Внаслідок цього (1) зменшується

час на досягнення запланованих результатів, (2) підвищується результативність діяльності та (3) знижуються витрати на останню. Зрозуміло, що все перераховане покращує складові (часовий показник досягнення результату, показники результативності та ресурсоемності) вектор-показника ефективності господарської діяльності [4]. Аналіз процитованих публікацій доводить, що в подальшому актуалізується доцільність розробляти питання практичної реалізації синергетичного управління соціально-економічними системами, серед яких своє першочергове місце займають підприємства.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Серед відносно ґрунтовних публікацій, що присвячені питанням синергетичного управління підприємствами, можна відзначити роботи [5; 6].

Дисертаційну роботу [5] присвячено питанням теоретичного узагальнення та вироблення методичних засад оцінювання та планування синергічних ефектів у стратегічному управлінні. Автор наголошує, що: (1) розроблено класифікацію типів синергії за такими основними критеріями, як форма структурної будови, типи структурних змін, типи активів, характер впливу на показники діяльності організації, часова перспектива наявності синергії; (2) досліджено можливості виникнення синергічних взаємозв'язків між організаціями у різних сферах діяльності; запропоновано перелік показників, що відображають існування синергічних ефектів; (3) розроблено методику оцінки та впровадження синергії у стратегічному управлінні; запропоновано модель встановлення синергічних зв'язків та взаємовпливу зміни параметрів системи за рахунок зміни ключових показників її діяльності.

Слід зауважити, що при визнанні автором роботи [5] явища синергії як результату нелінійних динамічних взаємозв'язків між елементами самої системи (підприємства) та системою і її середовищем, такі явища безпосередньо ним у будь-яких виробничих процесах не виявлено, не проаналізовано і не візуалізовано.

В монографії [6], як стверджує її автор, досліджено актуальні питання теорії і практики управління діяльністю промислових підприємств на основі системно-синергетичної методології. Головним науковим результатом дослідження є обґрунтування теоретико-методологічних положень авторської концепції синергетичного менеджменту і розробка методичного забезпечення вдосконалення системи управління підприємствами на засадах організованої синергії. Все перелічене проаналізовано на сучасній практиці управління підприємствами хімічної промисловості. На жаль, автор цієї публікації не надав прикладів формування засад для організованої синергії але багатократно описував ситуації, в котрих прояв синергії, яка з'являлася за невідомих обставин, фіксувався за рахунок прояву принципу « $2+2 > 4$ », що є ознакою прояву такої системної якості, як емерджентність.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття. В згаданих та інших публікаціях, що присвячені синергетичному управлінню підприємствами, не надано наглядних і беззаперечних доказів зміни характеру динаміки виробничих процесів після формування та застосування відповідних управлінських впливів.

Формулювання цілей статті. Метою даної статті є моделювання умов, за яких стає можливим і цілком доказовим так зване синергетичне управління підприємством.

Виклад основного матеріалу дослідження. В якості об'єкту досліджень, результатом котрих присвячено дану публікацію, буде виступати мале промислове підприємство, яке виробляє один і той же продукт (благо, товар), постійно використовуючи у своєму виробничому процесі одну і ту ж технологію, і не маючи активів, які можна було б реструктурувати. Таке припущення дозволяє спростити дослідження без подальшої втрати узагальнення висновків. Підприємство, що виступило в якості модельної бази, створено згідно із діючим законодавством України [7] товариством з обмеженою відповідальністю «Штанц-технология» (м. Харків). Воно

виготовляє на замовлення по сучасним технологіям виробництва якісні вирубні штанц-форми (тобто штампи, типовий приклад котрих наведено на рис.1), що використовуються для виготовлення картонної упаковки будь-якого призначення і конструктивної складності [8].



Рис. 1. Штанц-форма [8]

Неповна модель діяльності вказаного підприємства зображена на рис. 2.

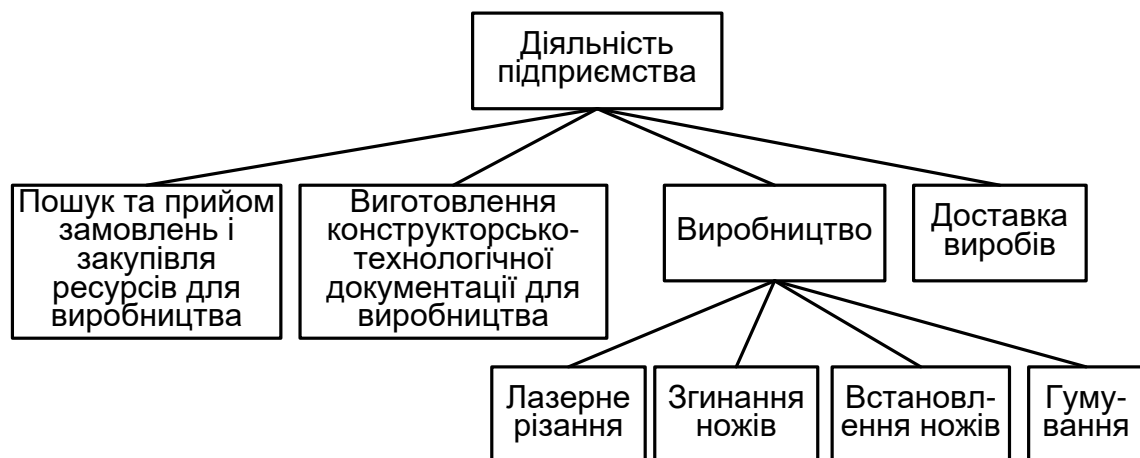


Рис. 2. Неповна модель діяльності підприємства ТОВ «Штанц-технологія» (авторська розробка)

Достатньо детальну модель виробничих процесів на мові SADT-діаграм (Structured Analysis & Designing Technique – структурний аналіз та техніка проектування), що побудована в середовищі російськомовної версії

прикладної програми для комп'ютерного моделювання BPWin 4.1 [9] надано на рис. 3.

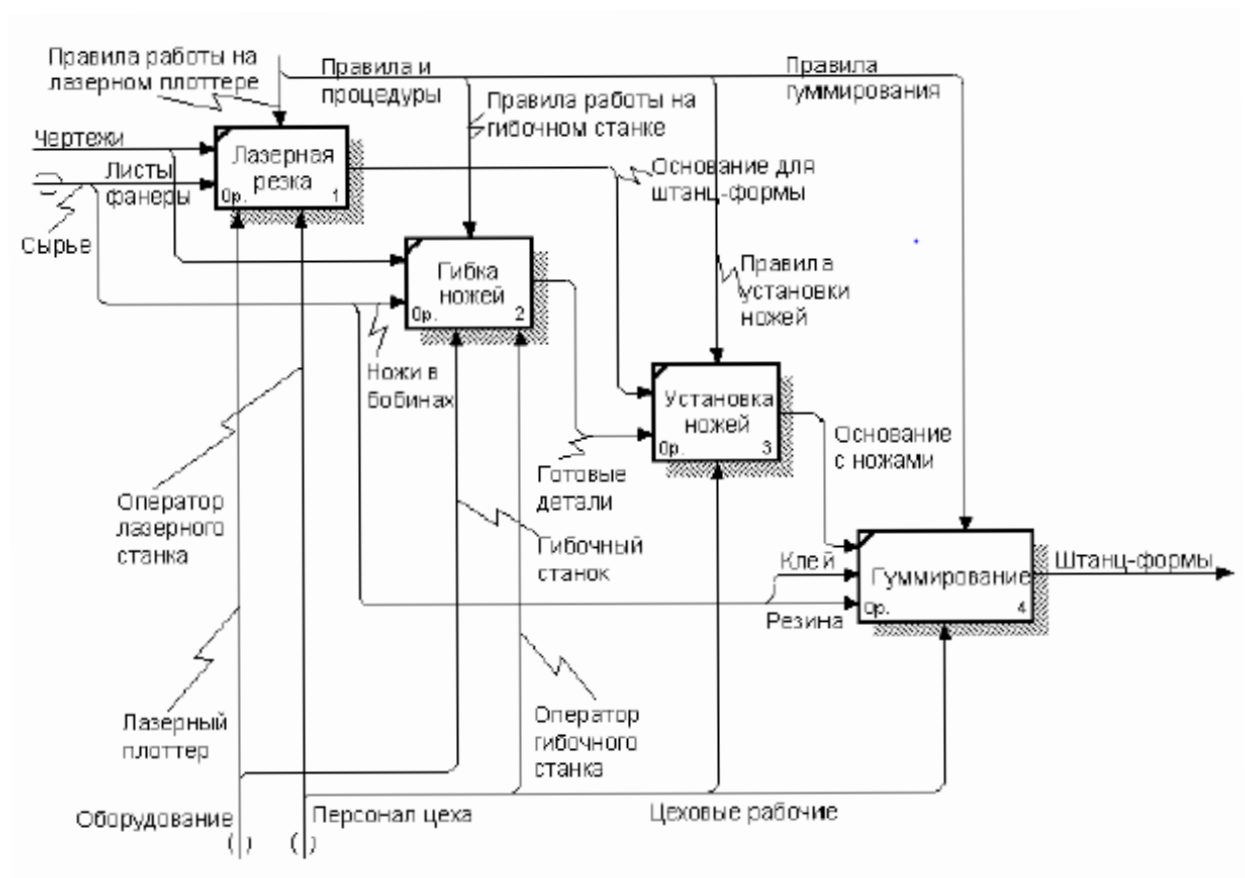


Рис 3. SADT-діаграма бізнес-процесів, що складають процес виробництва штамц-форм [9, с. 208]

Сучасне підприємство може розглядатися як складна система, що уявляє із себе комплекс різноманітних підсистем, що виконують певні технологічні функції і пов'язані між собою процесами інтенсивної динамічної взаємодії й обміну енергією, речовиною та інформацією. Виключно з економічної точки зору така система продукує додану цінність (або вартість за ринкових умов праці). Остання, як відомо, є частиною вартості продукції прирощеної виробником. Визначається як різниця між виручкою від продажу продукції та витратами на ресурси, що куплені в інших бізнес-структурах (сировини, матеріалів і послуг), а також витрати підприємства на зарплату свого персоналу, прибуток, амортизацію, ренту і оренду [10, с. 183]. Таке ціннісно-утворювальне продукування можна описати наступною математичною матрично-операторною моделлю [11, С. 5]

$$|y(t)\rangle = S(t)|f(t)\rangle, \quad (1)$$

де S – явно заданий матричний оператор виробничої системи, який описує перетворення вектора-стовпця вхідних споживчих цінностей ресурсів $|f(t)\rangle$ у вектор-стовпець вихідних споживчих цінностей продукту $|y(t)\rangle$, $t \in [a, b]$ – час, необхідний для виконання виробничого (технологічного) процесу (пояснимо, що в математиці *оператором* називається правило, відповідно до якого кожному елементу x деякої не пустої множини X ставиться у відповідність єдиний елемент y деякої не пустої множини Y [12, С.18]). У розгорнутій формі співвідношення (1) набуває вигляду:

$$\begin{pmatrix} y^1(t) \\ y^2(t) \\ \dots \\ y^n(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} S_1^1(t) & S_2^1(t) & \dots & S_m^1(t) \\ S_1^2(t) & S_2^2(t) & \dots & S_m^2(t) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ S_1^n(t) & S_2^n(t) & \dots & S_m^n(t) \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} f^1(t) \\ f^2(t) \\ \dots \\ f^m(t) \end{pmatrix}. \quad (2)$$

Тут елементи $S_j^i(t)$ матричного оператора системи $S(t)$ (або S -матриці) самі є операторами, які можна назвати «операторами народження» з тієї причини, що дія кожного з них на відповідну компоненту вектора вхідних споживчих цінностей ресурсів призводить до «народження» частини відповідної компоненти вектора вихідних споживчих цінностей, створеного в процесі виконання оператора продукту (в складі котрого містяться необхідні для нього матеріально-технічні, енергетичні та інформаційні ресурси, а також професійно підготовлений персонал). Це твердження легко обґрунтовується формальною процедурою множення матриці на вектор-стовпець, а саме:

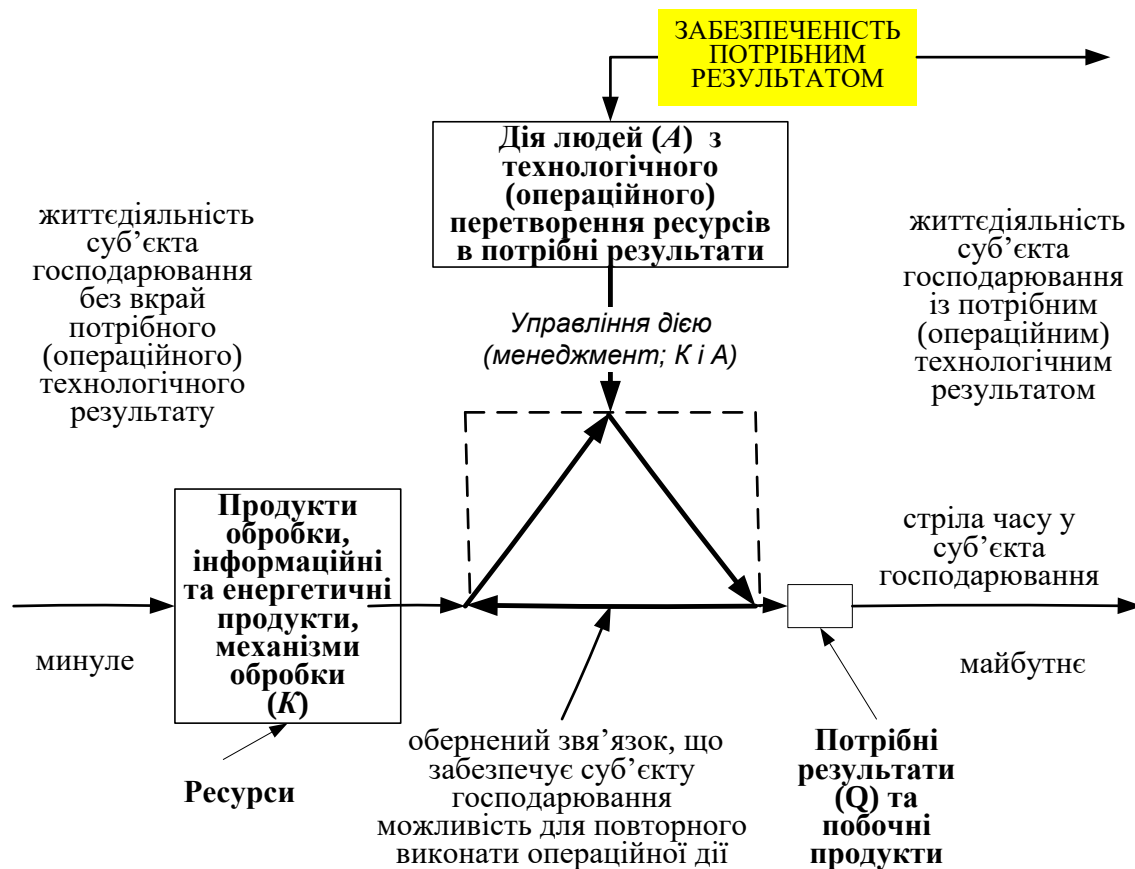
$$\begin{cases} y^1(t) = S_1^1(t) \cdot f^1(t) + S_2^1(t) \cdot f^2(t) + \dots + S_m^1(t) \cdot f^m(t), \\ y^2(t) = S_1^2(t) \cdot f^1(t) + S_2^2(t) \cdot f^2(t) + \dots + S_m^2(t) \cdot f^m(t), \\ \dots = \dots + \dots + \dots + \\ y^n(t) = S_1^n(t) \cdot f^1(t) + S_2^n(t) \cdot f^2(t) + \dots + S_m^n(t) \cdot f^m(t). \end{cases} \quad (3)$$

Важливо, що кожний оператор в цих рівняннях описує окрему специфічну дію (діяльність), а всі рівняння разом розглядаються в деякому конкретному функціональному представленні. Зазначимо, що розмірності компонентів векторів вхідних споживчих цінностей ресурсів і вихідних споживчих цінностей, створеного в процесі виконання оператора продукту, можуть бути різними (наведену модель тут і далі будемо ототожнювати із реальною системою). Між тим, для інтерпретації результатів моделювання краще, щоб перелічені цінності мали однакові одиниці вимірювання.

Оскільки найголовніша мета існування підприємства, що функціонує в ринкових умовах, міститься у створенні доданої вартості, одиницею виміру котрої є грошова одиниця, то і всі інші фактори виробництва доцільно вимірювати за допомогою таких же грошових одиниць. За таких умов всі ціннісні фактори виробництва «працюють» на генерацію грошових потоків у майбутніх часових межах. Якщо вони при цьому виявляють ознаку самозростаючих цінностей, вони цілком підпадають під марксове визначення капіталу [13, С. 161]. З'являються підстави розглядати всі виробничі процеси підприємства не в фізичному просторі (з координатами x, y, z), а в економічному просторі. Його топологію та метрику формують компоненти, що наповнюють цей простір та мають вартісний вимір. З огляду на таку обставину можна казати про простір капіталів та показників капіталізації, в якому у якості координат можуть виступати його фізична, інтелектуальна та соціальна компоненти (в грошовому вимірі). Процеси взаємодії в просторі капіталів та норм капіталізації залежать цілком від поведінки (або ділової взаємодії) їхніх володарів, тобто людей. Ця поведінка суттєво залежить від розподілу вартостей (капіталу) і норм капіталізації та спрямованості інтересів «попит/пропозиція» в економічному просторі.

Носіями пропозиції практично завжди виступають вигодонабувачі від створення доданої вартості Q , які є володарями (власниками) основних та оборотних засобів виробництва, загальну вартість котрих можна позначити через K грошових одиниць. В якості носіїв попиту можна розглядати людей, що наймаються на роботу на підприємстві та постачають йому людський капітал обсягом у A грошових одиниць. Вказані капітали розподіляються певним чином по всім бізнес-процесам підприємства, що сприймаються як сукупності взаємопов'язаних та взаємодіючих видів діяльності, які перетворюють входи на виходи [9, С. 14]. Всі процеси реалізуються в межах відповідних активних підсистем, які утримують у собі хоча б один суб'єкт управління із притаманною йому свободою вибору свого стану [14, С. 8]. Спираючись на приведенні пояснення, в межах тринітарного (або триєдиного) підходу можна запропонувати наступну модель виробничої

операції або процесу (рис. 4), що реалізує так званий діяльнісно-холістичний підхід [15] і дозволяє створити частину доданої вартості продукту.



**Рис. 4. Тринітарна модель виробничого бізнес-процесу
(авторська розробка)**

Серед показників результативності виробництва в цілому та окремих його процесів можна скористатися показниками капіталомісткості продуктів виробництва $\frac{K}{Q}$ та продуктивності праці $\frac{Q}{A}$ [16, С. 210–288]. З умови рівності цих показників можна дійти твердження

$$Q = \sqrt{K \cdot A} . \quad (4)$$

Цей вираз нагадує опис відомої виробничої функції Кобба-Дугласа [17, С. 296]. За ринкових умов додана вартість Q визначається доходами підприємства від продажу продукції. Вона є складним функціоналом багатьох факторів (змінних), найпростіша математична модель котрої може мати узагальнений вигляд:

$$Q = Q(K(t), A(t), t). \quad (5)$$

Динаміка цього показника може описуватися так:

$$\frac{dQ}{dt} = \frac{\partial Q}{\partial K} \cdot \frac{dK}{dt} + \frac{\partial Q}{\partial A} \cdot \frac{dA}{dt} = \frac{1}{2} \left[\sqrt{\frac{A}{K}} \frac{dK}{dt} + \sqrt{\frac{K}{A}} \frac{dA}{dt} \right]. \quad (6)$$

Такий опис можна застосувати як в цілому для всього виробництва, так і для кожного окремого його процесу (операції), а саме:

$$\frac{dq_i}{dt} = \frac{\partial q_i}{\partial k_i} \cdot \frac{dk_i}{dt} + \frac{\partial q_i}{\partial a_i} \cdot \frac{da_i}{dt} = \frac{1}{2} \left[\sqrt{\frac{a_i}{k_i}} \frac{dk_i}{dt} + \sqrt{\frac{k_i}{a_i}} \frac{da_i}{dt} \right]; \quad (7)$$

тут q_i, k_i, a_i – частки відповідних величин Q, K, A , що пов'язані з виконанням i -го процесу на підприємстві.

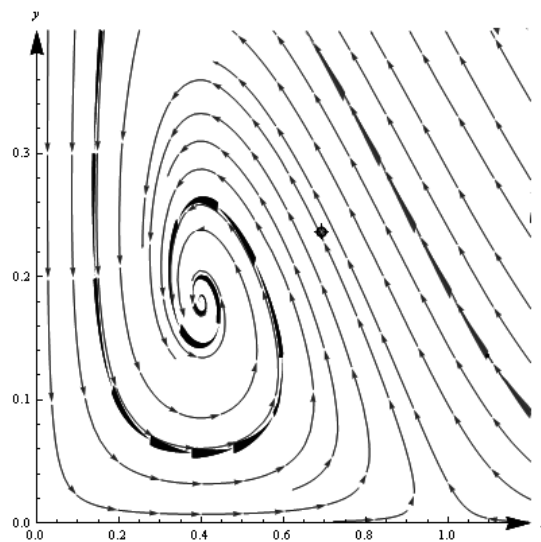
Динаміка показників q_i в межах кожного процесу буде складною і притаманною лише йому, бо суттєво залежить від характеру взаємодії володарів капіталів k_i і a_i , інтереси котрих, що складають динамічну систему «попит/пропозиція», можуть бути не співпадаючими. Раніше [4] така система в безрозмірному вигляді

$$\left. \begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= \alpha x - \beta x^2, \\ \frac{dy}{dt} &= -\eta y + \gamma xy, \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

вже досліджувалася. Величини в рівняннях системи (8) можуть мати наступний зміст: $x = a_i/s_i$, $y = k_i/s_i$, $s_i = a_i + k_i$, $\alpha = N_x/K$, $\gamma = N_y/K$, α – віддзеркалює швидкість відносної зміни попиту на роботу i -му виробничому процесі (при $\alpha > 0$ попит зростає, при $\alpha < 0$ – убуває), β – "ваговий" множник-показник процесу конкуренції, викликаного попитом на роботу в подібних виробничих процесах, η – характеризує швидкість відносної зміни пропозиції праці в межах i -го виробничого процесу.

Зауважимо, що система (8) відноситься до групи автономних динамічних систем другого порядку на площині [18, С. 12], кожному стану котрої відповідає пара значень змінних (x, y) . Навпаки, кожній парі змінних

(x, y) відповідає певний стан системи, графічним уявленням якого є точка $M(x, y)$ в площині xOy , що носить назву фазової площини і зображає сукупність всіх станів системи (8). Точка $M(x, y)$ називається зображувальною. Сукупність точок $M(x(t), y(t))$ на фазовій площині, положення яких відповідає всім можливим станам системи (8) з часом, називають фазовою траєкторією, а сукупність останніх – фазовим портретом системи (8). Візуалізацію його можна отримати за допомогою програми «Flow of a Vector Field in 2D» з пакета комп'ютерної математики "Matematica 7" [19] в припущенні, що $\alpha = 0,3$; $\beta = 0,3$; $\eta = 0,4$, (див. рис. 5).



**Рис. 5. Фазовий портрет динамічної системи (8)
(авторська розробка)**

Аналіз розміщеного на рис. 5 фазового портрету в просторі «попит/пропозиція» свідчить, що сталий стан рівноваги інтересів носіїв «попиту» і «пропозиції» досягається при $x_0 = 0,4$ та $y_0 = 0,18$ за немалий відрізок часу (зображувальна точка на фазовому портреті може зробити багато обертів, перш ніж потрапить в стійкий стан). Це свідчить про протилежність інтересів учасників виробничого процесу, що розглядається. За антагонізм вони «платять» зниженням ефективності діяльності як особисто, так і в сукупності [4]. До такого ж висновку приводить відомий підхід з пошуку управлінського

рішення за допомогою теорії ігор. Для систем із антагоністичними відносинами використовується теорія ігор з так званою «нульовою сумою», в яких одна з сторін повинна програти [20, С. 15].

З метою подолання відзначеного недоліку можна застосувати надбання синергетичної теорії управління [2]. Тут доцільно зауважити, що потреба в такому управлінні виникає виключно тоді, коли об'єктами управління виступають носії сил-антагоністів. Про це практично не говорять, але треба не забувати початкового змісту слова «синергія», введеного в науковий обіг у 1906 році нобелівським лауреатом за 1932 рік, англійським нейрофізіологом Шеррінгтоном Ч. С. для опису кооперативних рухів м'язових систем-антагоністів при управлінні ними з боку мозку [21, с. 116]. Вказана системна кооперація може додатково прояснюватися таким точним за змістом словом як «взаємосодія» або взаємодопомога. Щоб кооперувалися в виробничому процесі особи-антагоністи (тобто вороги) потрібно знаходити неординарні управлінські рішення, котрі прийнятні саме для них обох і не несуть в собі силову реалізацію по відношенню до будь-якої з двох сторін. За відзначених особливостей стає зрозумілим, що система синергетичного управління (менеджменту) підприємством повинна вибудовуватися «із низу», на кожному процесі (а не взагалі бо не може бути весь персонал підприємства в антагоністичних відносинах між собою). Кожний бізнес-процес може розглядатися як окремий центр створення частки доданої вартості, в котрому вкрай доцільно створювати умови для проявів синергізма.

Щоб вдало втілювати таке, вкрай необхідно зрозуміти принципи, яких повинні дотримуватися керівники підприємства. Ключова ідея синергетичного підходу до управління такими нелінійними об'єктами, якими є люди, базується на навмисному введенні в соціально-економічний простір виробництва певних заходів, що приведуть до цільової зміни стану цього простору. Змінений стан повинен протистояти будь-якому конформізму тобто безпринципності, бути незмінним при коливаннях кон'юктури (управлінських та економічних амбІцІй) в соціально-економічному просторі

виробництва. Фізичні системи з подібною поведінкою називають інваріантними. Такий термін можливо використовувати і для соціально-економічних систем. Щоб запроваджувати в них синергетичне управління, бажано, щоб ці системи допускали синтез різноманітних інваріантних станів, при котрих властивості об'єкта узгоджувалися б із вимогами задачі керування. Введення таких різноманіть у процедуру синтезу системи управління передбачає внесення мінімального втручання у виробничий керований процес при досягненні запланованої мети за рахунок того, що множина сформованих управлінням обернених зв'язків автоматично приведе («притягне») всі діючі сили аналізованого процесу до бажаного результату. Останній на фазовому портреті аналізованої динамічної системи має свою зображувальну точку, яка із певною множиною точок навколо себе получила назву «атрактор» (від англійського слова *attract* — приваблювати, притягувати, полонити [22, С. 8]). Із введенням управління (за нього відповідає вигодо набувач) динамічна модель (8) прямує до виду

$$\left. \begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= \alpha x - xy - \beta x^2, \\ \frac{dy}{dt} &= -\eta y + xy + u(x, y), \end{aligned} \right\}, \quad (9)$$

де $u(x, y)$ – закон управління, який далі буде синтезований за допомогою процедур аналітичного конструювання нелінійних агрегованих регуляторів (АКАР) по заданим інваріантним різноманіттям [2, С.49], котрі (регулятори) уявляють з себе систему обернених зв'язків, які забезпечують виникнення в фазовому просторі динамічної системи когерентного колективного руху, тобто спрямованої самоорганізації. При цьому завжди реалізується принцип «розширення–стиснення» фазового простору [2, с. 73–90].

Для синтезу нелінійних агрегованих регуляторів введемо (за рекомендацією в [2, С.119-123]) агреговану макрозмінну

$$\psi(x, y) = \omega y - \mu x, \quad (10)$$

котра забезпечує принцип «розширення–стиснення» фазового простору та характеризує силу взаємовпливу між попитом x і пропозицією y в межах бізнес-процесу, що аналізується. За своєю структурою $\psi(x,y)$ є лінійна комбінація рівнів попиту x і пропозиції y , а співмножники ω і μ є показниками несилового (наприклад, інформаційного) впливу власне управління на внутрішньопроцесну кон'юнктуру. Зростання $\psi(x,y)$ обумовлено зростанням y і/або зменшенням x , тобто рівнем амбітності володарів капіталів K та A , що діють в межах аналізованого бізнес-процесу.

Вимагатимемо, щоб $\psi(x,y)$ задовольняла диференційному рівнянню

$$T \frac{d\psi}{dt} + \psi = 0, \quad (11)$$

де T – час, за який у досліджуваній системі відбудуться усі перехідні процеси, він $T > 0$. Рівняння (11) є відомим у варіаційному обчисленні рівнянням Ейлера-Лагранжа відносно стійких екстремалей, що забезпечують реалізацію відомого в фізиці принципу найменшої дії [23, С. 96]. В управлінні наявність стійких екстремалей забезпечує мінімум для так званого супроводжуючого оптимізаційного функціонала (СОФ) уздовж траєкторії руху динамічної системи [2, С. 58]. Тим самим задовольняється умова стійкого досягнення запланованого результату діяльності.

Підставляючи вираз (10) в рівняння (11) і враховуючи (9), отримуємо опис закону управління, що забезпечує прояв синергізму в аналізованому бізнес-процесі, а саме:

$$u(x,y) = \frac{\mu}{\omega} \left(\frac{1}{T} + \alpha - y - \beta \cdot x \right) \cdot x - \left(\frac{1}{T} - \eta + x \right) \cdot y. \quad (12)$$

Цей закон управління переводить зображувальну точку системи (9) в найближчу околицю різноманіття (або атрактора) $\psi(x,y) = \omega y - \mu x = 0$, рух уздовж котрого описується диференціальним рівнянням

$$\dot{x}_\psi = x_\psi \left[\alpha - \left(\beta + \frac{\mu}{\omega} \right) x_\psi \right]. \quad (13)$$

Рівняння (13) за своїм змістом є логістичним [16, С.8] і визначає бажаний діючими в межах бізнес-процесу суб'єктами рівень попиту на працю в ньому

$$x_{\psi} = \frac{\alpha \cdot \omega}{\beta \cdot \omega + \mu}. \quad (14)$$

Цей рівень визначається як показниками (α і β) попиту на участь у бізнес-процесі, який існував до використання управління, так і показниками (ω і μ) впливу власне управління на виникаючу кон'юнктуру в його просторі. При цьому пропозиція праці в межах бізнес-процесу може становити

$$y_{\psi} = \frac{\alpha \cdot \mu}{\beta \cdot \omega + \mu}. \quad (15)$$

При перерахованих умовах математична модель (9) системи «попит/пропозиція + управління» перетвориться до виду

$$\left. \begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= \alpha \cdot x - x \cdot y - \beta \cdot x^2; \\ \frac{dy}{dt} &= \frac{\mu}{\omega} \left[\left(\alpha + \frac{1}{T} \right) x - xy - \beta x^2 \right] - \frac{1}{T} y \end{aligned} \right\}. \quad (16)$$

Фазовий портрет системи (16) при $\alpha = 0,3$, $\beta = 0,3$, $\mu = 0,1$, $\omega = 0,1$ та $T = 1$ наведено на рисунку 6,а.

При використанні агрегованої макрозмінної виду

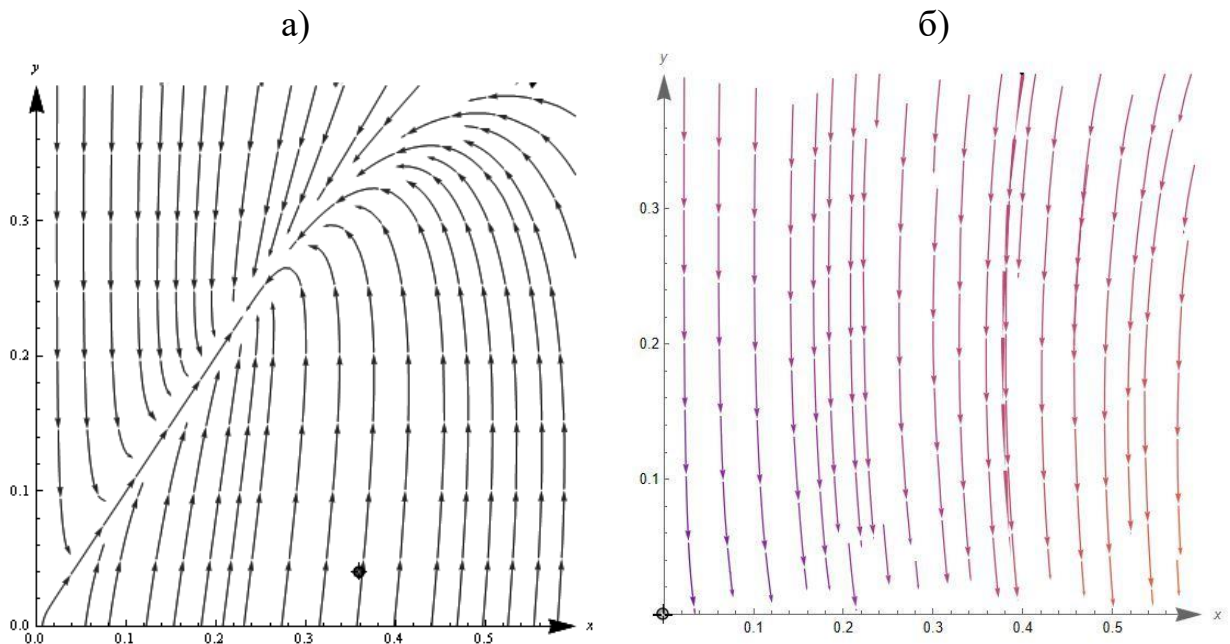
$$\psi(x, y) = \omega \cdot y + \mu \cdot x, \quad (17)$$

математична модель (9) системи «попит/пропозиція + управління» перетвориться до виду

$$\left. \begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= \alpha \cdot x - x \cdot y - \beta \cdot x^2; \\ \frac{dy}{dt} &= \frac{\mu}{\omega} \left[yx + \beta x^2 - \left(\alpha + \frac{1}{T} \right) x \right] + \left(2x - \frac{1}{T} \right) y \end{aligned} \right\}. \quad (18)$$

Фазовий портрет цієї системи при $\alpha = 0,3$, $\beta = 0,3$, $\mu = 0,1$, $\omega = 0,1$ та $T = 1$ наведено на рисунку 6,б.

Фазовий портрет на рис. 6,а свідчить, що фазові траєкторії «організовано йдуть» до різноманіття (атрактора) $\psi(x,y)=\omega y - \mu x = 0$, на якому міститься точка рівноваги попиту з пропозицією (0,23; 0,23), координати якої легко розраховуються за формулами (29) і (30). У цій самоорганізації і проявляється синергетичний ефект від запропонованого управління. На вказаному аттракторі забезпечується кооперація антагоністичних за своєю природою учасників конкретного бізнес-процесу, яка описується функцією $y = \frac{\mu}{\omega} x$ (тобто зростання x супроводжується зростанням y).



**Рис. 6. Фазові портрети: а) системи (16), б) системи (18);
при $\alpha = 0,3$, $\beta = 0,3$, $\mu = 0,1$, $\omega = 0,1$ та $T = 1$ (авторська розробка)**

З будь-якого стану система «попит/пропозиція + управління» (16) обов'язково прийде на аттрактор $\psi(x,y)=\omega y - \mu x = 0$, по якому «скотиться» в точку рівноваги. На цьому аттракторі реалізується процес редукції (зменшення) надлишкових ступенів свободи (розброду і хитання) початкової

системи «попит / пропозиція», що породжує відповідні домовленості діючих сил аналізованого бізнес-процесу та становить зміст основного завдання для синергетичного управління на малому підприємстві.

Фазовий портрет на рис. 6,б свідчить про відсутність самоорганізації. Управління $u(x,y)$ тут однозначно не забезпечило виводу системи (9) на потрібний атрактор, при якому виникають в системі «попит/пропозиція + управління» когерентні (кооперативні) дії всіх причетних до неї суб'єктів. Цікаво звернути увагу на зв'язок між змінними y та x в припущенні виконання умови $\psi(x,y) = \omega \cdot y + \mu \cdot x = 0$: він мав би від'ємний характер, при якому не можлива кооперація, що забезпечує односпрямовані дії суб'єктів, причетних до аналізованого бізнес-процесу.

Теза про поопераційне впровадження синергетичного управління неочікувано знайшла підтримку в наступному моменті. На етапі розвитку виробництва штанцформ, коли з'явилася потреба відпрацювати управління рентабельністю на всіх бізнес-процесах, було виявлено недоліки організації роботи в процесах підготовки конструкторсько-технологічної документації для виготовлення продукції. Зробити такі висновки допоміг розроблений метод аналізу розподілу рентабельності виробництва по його бізнес-процесах [24]. Щоб знівелювати виявлену проблему прийшлося призначити володарем або відповідальним розпорядником всіх ресурсів (тобто частки капіталу K) для бізнес-процесу «Підготовка конструкторсько-технологічної документації» ведучого технолога виробництва, котрий майже жив на ньому. Попередньо, за допомогою моделювання в BPWin 4.1, вдалося виявити і закріпити границі відповідальності за кожним робочим місцем в цьому процесі, а також створити для кожного з них відповідну посадову інструкцію, що потім зняло множину непорозумінь та антагоністичних протистоянь між конструкторами та технологами. Між тим, ведучий технолог, як володар бізнес-процесу, став достатньо часто проводити наради з питань конструювання та технології виробництва штанцформ, компетентність по котрим напружували одночасно і конструктори, і технологи. З часом

антагонізм у відносинах змінився на кооперацію. Розуміння того, що це прояв синергетичного управління на підприємстві, з'явилося значно пізніше.

При поетапному, точніше, при по-процесному впровадженні синергетичного управління підприємством необхідно підібрати достатньо інформативні показники виробничої діяльності як в цілому, так і по бізнес-процесах. Найбільш узагальнюючим показником може бути ефективність господарської діяльності в такому тлумаченні, як пропонується в публікаціях автора [4; 15]. Ефективність діяльності (операції, бізнес-процесу) визначається як векторна величина, координатами (складовими) котрої виступають відносні показники ресурсоємності (витратності), оперативності (швидкості дії) та результативності (її повноти) (рис.7).

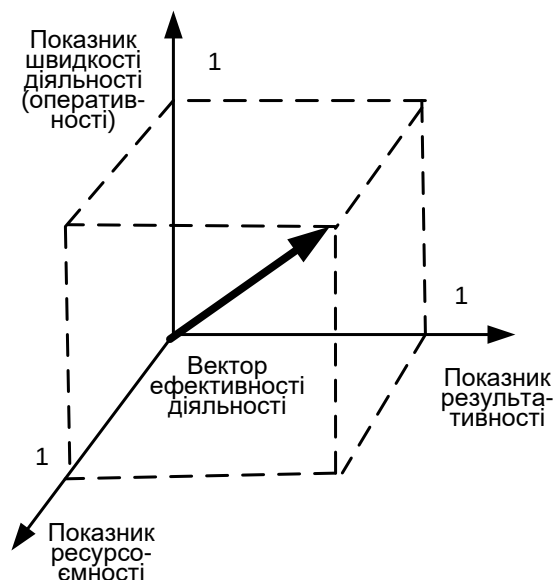


Рис. 7. Модель вектора ефективності господарської діяльності [15]

Найпростішим для контролю може бути показник швидкості діяльності (або продуктивності). Якщо при малих витратах на зміни управління бізнес-процесом показник продуктивності буде змінюватися значно помітніше, можна приймати такий факт як ознаку синергізму. Для створення такого контролю доцільно використовувати методи байєсівської статистики [25] у поєднанні із технологіями штучного інтелекту, що містяться, наприклад, у чат-боті ChatGPT (Generative Pre-trained Transformer) [26].

Таким чином, вимальовується можливий сценарій розбудови синергетичного управління на малому промисловому підприємстві: (1) створити своєрідні «мапи» існуючих бізнес-процесів із зазначенням їхніх меж; (2) для кожного бізнес-процесу розробити достатньо вичерпні посадові інструкції кожному з фахівців, зайнятих в цьому процесі; (3) для реалізації бізнес-процесів найняти фаховий персонал; (4) опрацювати систему вимірюваних показників ефективності господарської діяльності на підприємстві як в цілому, так і в межах процесів; (5) створити реально працюючу систему виміру, обліку та аналізу (в тому числі, статистичному) контрольованих показників, (6) визначати процеси, в котрих виникають антагоністичні відносини між працівниками; (7) розробляти та втілювати заходи із усунення антагонізму серед зайнятих в цьому бізнес-процесі учасників; (8) вивчати динаміку наслідків впровадження управлінських заходів з подальшим їхнім коригуванням.

Висновки та перспективи подальших розвідок у даному напрямі.

Викладене вище дозволяє зробити наступні висновки: (1) вперше надано важливе уточнення змісту синергетичного управління господарською діяльністю, яке наголошує націленість такого управління на ті бізнес-процеси виробництва, при практичній реалізації котрих виникають антагоністичні відносини між особами (силами), що здійснюють цей виробничий процес; (2) вперше обґрунтовано сценарій розбудови синергетичного управління в малому промисловому підприємстві за рахунок наступних результатів: (а) дістала подальшого розвитку і використалася пропозиція аналізувати господарську діяльність в соціально-економічному просторі з узагальненими координатами у вигляді капіталів та норм капіталізації; (б) було підкреслено і вдало застосувалося те, що акторами в означеному просторі є люди – носії (володарі, власники) капіталу -, які заходять в нього або з попитом, або з пропозицією приймати участь в господарській діяльності; (в) враховано, що кон'юнктура носіїв капіталу може позначатися на сутності відносин між ними, а саме: від взаємосодії

(кооперації) до неприйняття (антагонізму); (г) за допомогою математичного моделювання доведено, що зміна сутності відносин потребує втілення таких управлінських заходів, які «автоматично», завдяки вірно обраним оберненим зв'язкам між діючих осіб у виробничих процесах, приводять до їхньої кооперації та відповідного підвищення ефективності виробництва; (д) дослідження (із обліком) динаміки доданої вартості (або ефективності) по всіх важливих бізнес-процесах виробництва з обов'язковою розробкою і застосуванням заходів зі встановлення взаємосодії конкуруючих між собою акторів виробництва є свідченням досягнення мети – створення синергетичного управління на підприємстві.

В подальшому доцільно провести дослідження «працюючих» заходів, що забезпечують оберненні зв'язки при налаштуванні кооперації (взаємосодії) між носіями продуктивних сил на підприємстві. Це необхідно для практики розбудови синергетичного управління (менеджменту) на підприємствах.

Література

1. Загорський В.С., Ліпенцев А.В. Синергізм процесів управління соціально-економічними системами. *Ефективність державного управління*: зб. наук. пр.. Вип. 3(56): у 2 ч. Ч 2 / за заг. ред.. чл.-кор. НАНУ В.С. Загорського. Львів: ЛРІДУ НАДУ, 2018. С. 211 – 220.
2. Колесников А.А. Синергетические методы управления сложными системами: Теория системного синтеза. М.: КомКнига, 2006. 240 с.
3. Ребенок А.В. Синергетична концепція стратегічного управління проектами. *Управління проектами та розвиток виробництва*: зб.наук.пр. Луганськ: вид-во СНУ ім. В.Даля, 2005. №2(14). С. 30-36.
4. Сериков А.В. Эффективность хозяйственной деятельности: определение, измерение, синергетическое управление. *Економічний вісник Донбасу*. 2011. № 2(24). с. 212-219.
5. Гошовська О.В. Стратегічне управління підприємством на синергічних засадах: дис. ... канд.. екон. наук: 08.06.01. Національний університет «Львівська політехніка». Львів. 2002. 180 с.

6. Шевцова Г.З. Синергетичний менеджмент підприємств: монографія. / НАН України, Ін-т економіки пром-сті. Київ, 2016. 454 с.
7. Господарський Кодекс України. *Відомості Верховної Ради України*. 2003. № 18, № 19-20, № 21-22, ст.144
8. <https://stanz.com.ua/ru/> - офіційний сайт компанії «Штанц-технологія»
9. Сериков А.В., Титов Н.В., Белоцерковский А.В. Компьютерное моделирование бизнес-процессов: учеб. пособ. Харьков: Бурун Книга, 2007. 304 с.
10. Борисов А.Б. Большой экономический словарь. М.: Книжный мир, 2001. 895 с.
11. Сурнев В.Б. Матрично-операторная модель экономической системы с непрерывным временем. *Известия Уральского государственного горного университета*. 2013. № 4(32). С. 5 – 11.
12. Математическая энциклопедия, т. 4, Ок –Сло. / Гл. ред. И.М. Виноградов. М.: Советская Энциклопедия, 1984. 1216 стб.
13. Маркс К. Капитал. Критика политической экономии. Т.1. / перев. с нем. М.: Политиздат, 1973. 907 с.
14. Бурков В.Н., Новиков Д.А. Теория активных систем: состояние и перспективы. М.: СИНТЕГ, 1999. 128 с.
15. Сериков А.В. Триєдина (тринітарна) модель показника ефективності господарської операції. *Proceedings of the 2nd International Scientific and Practical Conference «Innovative development in the global science» (June 26-28, 2023)*. Boston: Scientific Collection «InterConf». 2023. № 160. pp. 17–20.
16. Іванілов О.С. Економіка підприємства: підручник. К.: ЦУЛ, 2009. 728 с.
17. Сіо К.К. Управленческая экономика. / пер. с англ. М.: ИНФРА-М, 2000. 671 с.
18. Сериков А.В. Про особливості розбудови синергетичного управління соціально-економічними системами. *Електронний журнал «Ефективна економіка»*, 2023, №11. DOI: <http://doi.org/10.32702/2307-2105.2023.11.47>

19. Дьяконов В.П. Mathematica 5.1/5.2/6 в математических и научно-технических расчетах. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2008. 744 с
20. Шиян А.А. Теорія ігор: основи та застосування в економіці та менеджменті: навч. посіб. Вінниця: ВНТУ, 2009. 164 с.
21. Шеррингтон Ч.С. Интегративная деятельность нервной системы: монография. / пер. с англ. Ленинград: Наука, 1969. 392 с.
22. Лев В., Вербяний І. Англо-український та українсько-англійський словник. Частина І. Нюрберт-Байрот: В-во «Час» Нюрберт, 1947. 234 с.
23. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Том 6. Электродинамика. М.: Изд-во «Мир», 1977. 348 с.
24. Серіков А.В., Білоцерківський О.В. Аналіз рентабельності виробництва: процесно-орієнтований підхід. *Вісник НТУ "ХПІ". Збірник наук. праць. Тематич. випуск: Технічний прогрес і ефективність виробництва*. Харків: НТУ "ХПІ", 2005. №5. С. 41- 51
25. Уилл К. Байесовская статистика. / перев.. с англ. СПб.: Питер, 2021. 304 с.
26. <https://chatgpt.com/g/g-kKgesLZ4G-ukrainska-versiia> – сайт ChatGPT

References

1. Zahorskyi, V.S. and Lipentsev, A.V. (2018), “Synergy of management processes of socio-economic systems”, *Efektivnist derzhavnoho upravlinnia*, vol. 3(56), no. 2, pp. 211 – 220.
2. Kolesnikov, A.A. (2006), *Sinergeticheskie metody upravleniya slozhnimi sistemami: Teoriya sistemnogo sinteza*. [Synergetic methods of management of complex systems: System synthesis theory], KomKniga, Moscow, Russia.
3. Rebenok, A.V. (2005), “Synergistic concept of strategic project management”. *Upravlinnia proektamy ta rozvytok vyrobnytstva*, vol. 2(14), pp. 30-36.
4. Serikov, A.V (2011), “Efficiency of economic activity: definition, measurement, synergetic management”, *Yekonomichnii visnik Donbasu*, vol. 2(24), pp. 212-219.

5. Hoshovska, O.V. (2002), “Strategic management of the enterprise on a synergistic basis”. Abstract of Ph.D. dissertation, Enterprise economics, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine.

6. Shevtsova, H.Z. (2016), *Synerhetychnyi menedzhment pidpriemstv: monohrafiia*. [Synergistic management of enterprises: a monograph], NAN Ukrainy, In-t ekonomiky prom-sti, Kyiv, Ukraine.

7. The Verkhovna Rada of Ukraine (2003), “Commercial Code of Ukraine”, available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/436-15#Text> (Accessed 25 September 2024).

8. Shtants-tekhnohiiia (2024), available at: <https://stanz.com.ua/ru/> (Accessed 25 September 2024).

9. Serikov, A.V., Titov, N.V. and Belotserkovskii, A.V. (2007), *Kompyuternoe modelirovanie biznes-protsessov: Uch. posob.* [Computer Modelling of Business Processes: Study Guide], Burun Kniga, Kharkov, Ukraine.

10. Borisov, A.B. (2001), *Bolshoi ekonomicheskii slovar* [A Large Dictionary of Economics], Knizhnii mir, Moscow, Russia.

11. Surnev, V.B. (2013), “A matrix-operator model of an economic system with continuous time”, *Izvestiya Uralskogo gosudarstvennogo gornogo universiteta*, vol. 4(32), pp. 5 – 11.

12. Vinogradov, I. M. (1984), *Matematicheskaya entsiklopediya*,. t. 4, Ok – Slo. [Encyclopaedia of Mathematics, vol. 4, Ok -Slo.], Sovetskaya Entsiklopediya, Moscow, Russia.

13. Marks, K. (1973), *Kapital. Kritika politicheskoi ekonomii. T.1.* [Capital. A Critique of Political Economy. Vol.1], Politizdat, Moscow, Russia.

14. Burkov, V.N. and Novikov, D.A. (1999), *Teoriya aktivnikh sistem: sostoyanie i perspektivi*. [Active systems theory: status and perspectives], SINTEG, Moscow, Russia.

15. Sierikov, A.V. (2023), “A three-pronged (trinitarian) model of a business transaction efficiency indicator”, *Proceedings of the 2nd International Scientific and Practical Conference «Innovative development in the global science»* (June 26-28, 2023), InterConf, Boston, USA.

16. Ivanilov, O.S. (2009). *Ekonomika pidpriemstva: pidruchnyk* [Enterprise economics: a textbook], TsUL, Kyiv, Ukraine.

17. Sio, K.K. (2000), *Upravlencheskaya ekonomika* [Managerial economics], INFRA-M, Moscow, Russia.

18. Sierikov, A.V (2023). "On the peculiarities of development of synergistic management of socio-economic systems", *Efektivna ekonomika*, [Online], vol. 11, available at: <http://www.nayka.com.ua> (Accessed 25 September 2024).
19. Dyakonov, V.P. (2008), *Mathematica 5.1/5.2/6 v matematicheskikh i nauchno-tekhnicheskikh raschetakh* [Mathematica 5.1/5.2/6 in Mathematical and Scientific and Technical Calculations], 2nd ed, SOLON-PRESS, Moscow, Russia.
20. Shyian, A.A. (2009), *Teoriia ihor: osnovy ta zastosuvannia v ekonomitsi ta menedzhmenti. Navchalnyi posibnyk* [Game Theory: Fundamentals and Applications in Economics and Management. Study guide], VNTU, Vinnytsia, Ukraine.
21. Sherrington, Ch.S. (1969), *Integrativnaya deyatelnost nervnoi sistemi. Monografiya*. [Integrative activity of the nervous system. Monograph.], Nauka, Leningrad, Russia.
22. Lev, V. and Verbianyi, I. (1947), *Anhlo-ukrainkyi ta ukrainsko-anhliiskyi slovnyk. Chastyna I*. [English-Ukrainian and Ukrainian-English Dictionary. Part I], V-vo «Chas» Niurbert, Niurbert-Bairot, Germany.
23. Feinman, R.P., Leiton, R.B. and Sends M. (1964), *The Feynman Lecture on Physics, Volume 2*, Addison-Wesley Publishing Company, Inc., London, UK.
24. Sierikov, A.V. and Bilotserkivskiyi, O.V. (2005). "Analysis of production profitability: a process-oriented approach", *Visnyk NTU "KhPI". Zbirnyk nauk. prats. Tematychnyi vypusk: Tekhnichniy prohres i efektyvnist vyrobnytstva. NTU "KhPI"*, vol. 5.
25. Uill, K. (2021), *Baiesovskaya statistika* [Bayesian statistics], Piter, St Petersburg, Russia
26. ChatGPT (2024), available at: <https://chatgpt.com/g/g-kKgesLZ4G-ukrainska-versiia> (Accessed 25 September 2024).

Стаття надійшла до редакції 27.09.2024 р.