

УДК 658.51.012.22

DOI: 10.18524/2413-9998.2023.1(53).288744

**В. І. Захарченко,**

доктор економічних наук, професор,  
Національний університет «Одеська політехніка»,  
пр. Шевченка, 1, м. Одеса, 65044, Україна,  
e-mail: kafedra@mzeid.in

**С. В. Онешко,**

кандидат економічних наук, доцент,  
Одеський національний морський університет,  
вул. Мечникова, 34, м. Одеса, 65029, Україна,  
e-mail: osvfox1@gmail.com

## **ПРОГНОЗУВАННЯ ДИНАМІКИ РОЗВИТКУ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ**

У статті висвітлено спробу вирішення однієї з важливіших проблем сучасної економічної науки – прогнозування створення і функціонування організаційно-технологічних систем у вітчизняному виробництві. У теперішніх військово-економічних умовах розглядається умова реалізації інноваційної моделі розвитку національної економіки через її функціонування у промисловому виробництві організаційно-технологічних систем. Процес функціонування таких систем складається з безперервного здійснення виробничих циклів «гроші – технологія – сучасні матеріали – виробництво – збут». Вона є системою зі зворотним зв'язком і описується диференціальними рівняннями. Вона також є нелінійною динамічною системою тому, що коефіцієнти зв'язку між вхідним і вихідним сигналом в системі зворотного зв'язку не є пропорційні вихідному сигналу. Нелінійність веде до виникнення подібних структур та ієрархічній їх побудові. У якості висновка констатується, що існуюча економіка з найманою працею і приватною власністю є відносно вільною, а західна модель не може розглядатися у якості єдиної під час визначення шляхів інноваційного розвитку країни.

**Ключові слова:** система, динаміка, катастрофа, функція, цикл, стійкість, дохід.

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** Прогнозування сучасної динаміки організаційно-технологічних систем (ОТС) – можливо вважати однією з основних проблем економічної науки. Відсутність, до недавнього часу [1], адекватної реальним вітчизняним умовам теорії ОТС слід вважати однією з основних причин невдач реформ у національній економіці. Проблема поглиблюється у зв'язку з веденням військових дій на території нашої країни з 2014 року. Так, у вищевказаній роботі було наведено думку, що, наприклад, при перенесенні українсь-

ких підприємств під час війни зі сходу на захід країни переноситься не підприємство, а саме його ОТС. При цьому можуть відбуватися різні зміни: за напрямками (реструктуризація, модернізація, реконструкція); за інтенсивністю здійснення (еволюційні, революційні); за рівнем змін (цілей, технологій, бізнес-процесів, структури тощо); за оцінкою готовності (готовність менеджменту, готовність учасників зовнішнього середовища); за оцінкою потенціалу змін (внутрішнього, зовнішнього); за рівнем проведених змін (на підприємстві, в окремих підрозділах, окремі фахівці); зміни як реакція (поступові на підприємстві, реакція на кризу у макросередовищі, як реакція на реалізацію стратегії розвитку); по об'єкту змін (у системі управління, технології, організаційній структурі, умов праці, стилю і методів менеджменту, системі стимулювання); за оцінкою ефективності змін (кількісні, якісні).

У векторах економічного розвитку країни до Національної економічної стратегії–2030 економічна візія України визначена таким чином: «Вільна країна громадян з високим рівнем добробуту та ефективною сервісною цифровою державою, що є надійним економічним партнером у світі та прикладом розвитку для всіх країн Східного партнерства. Найпривабливіша країна економічних можливостей для інвестицій, інновацій, ведення бізнесу; найкраще місце для реалізації творчого потенціалу, втілення ідей власного розвитку» [2, с. 5]. Але з початком військової агресії проти нашої країни з боку сусідньої держави таку візію необхідно сильно коректувати по всім складовим національної безпеки України [3]. Вперше до проблем технологічного розвитку звернулися у 1999р., формуючи Концепцію науково-технологічного та інноваційного розвитку України [4]. Пізніше (2003р.) було схвалено впровадження інноваційної моделі розвитку [5]. Але її реалізація не відбулася...

У сучасних важких воєнно-економічних умовах має сенс розглядати можливість інтенсивного інноваційного розвитку національної економіки через реалізацію на практиці інструментів формування у вітчизняному виробництві ОТС.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Автори розглядають представлений матеріал як продовження досліджень зі створення і реалізації ОТС [1]. Крім того нас цікавлять з цього питання точки зору інших вчених: С. Булкін [6], А. Жаворонок [7], Т. Кулаковська [8], Ю. Лисенко та його школа [9], І. Ляшенко [10], Дж. Ендрюс і Р. Маклоун

[11], О. Підхомний та О. Рудик [12], П. Поляков [13], С. Рамазанов, Є. Шапран, О. Шапран [14], А. Усов і Г. Оборський [15], Р. Циганчук [16]. Так, Ю. Лисенко на основі моделі життєздатних систем (VSM) С. Біра досліджує різноманіття моделей динаміки адаптивних технологічних систем [9, с. 254–266]. Р. Мак-Лоун відмічає: «Ситуації моделюють для різних цілей. Головна з них – необхідність передбачати нові результати або нові якості явища ... Важливіше рішення, яке часто приймається на самому початку моделювання, стосується природи математичних змінних, що розглядаються» [11]. Циганчук стверджує: «Диференціальні рівняння знаходять досить широке застосування в моделях динамічної економіки, в яких відображаються не лише залежність змінних від часу, але й їх взаємозв'язок у часі» [16, с. 163]. П. Поляков наполягає на обов'язковій оцінці якості прогнозних моделей [13, с. 117–118]. О. Підхомний та О. Рудик стверджують: «Підвищення розмірності і складності системи викликає збільшення кількості станів, при яких може відбуватися стрибок (катастрофа), і числа можливих шляхів розвитку, тобто, чим різноманітніші елементи системи і складніші її зв'язки, тим більш вона нестійка» [12, с. 87]. І. Ляшенко також досліджує моделі умовної оптимізації на основі теорії функцій багатьох змінних [10, 250–260]. А. Усов і Г. Оборський підкреслюють: «Під час опису різних технологічних процесів необхідно враховувати явище наслідків. Природньо при цьому моделювати такі процеси диференціальними рівняннями з аргументом, що відхиляється» [15, с. 102].

**Мета статті** – визначення підходу до прогнозування динаміки функціонування ОТС. Відсутність до недавнього часу адекватної реальним умовам теорії ОТС є однією з причин невдач сучасних реформ у промисловому виробництві.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Теорія катастроф досліджує динамічні системи, що становлять широкий клас нелінійних систем і описувані рівняннями виду [6, с. 143]. Р. Тома, який дав теорії сучасну назву почався інтенсивний розвиток як самої теорії катастроф, так і її численних застосувань. Значення елементарної теорії катастроф полягає у тому, що вона зводить величезне різноманіття ситуацій до невеликого числа стандартних схем, які можна детально дослідити раз і назавжди [12, с. 84]. Катастрофа  $Cat(m, k)$  складається з двох частин: паростка катастрофи  $GG(m)$  та обурення  $Pert(m, k)$ , де  $k$  – керуючі параметри, тобто коефіцієнти при змінній стану системи в  $Pert(m, k)$ , а  $m$  –

число «поганих» координат, в яких власні значення матриці стійкості функції Морса звертаються в нуль. Якщо змінних стану не більше однієї, а  $k \leq 5$ , то існує максимум п'ять елементарних катастроф (якісно різних стаціонарних станів системи), а якщо  $k \leq 4$ , то чотири (без урахування двоїстості катастроф, тобто  $\pm$ ) з потенціалами:  $x^3 + a_1x$  (катастрофа «складка»),  $\pm x^4 + a_1x + a_2x^2$  («збірка»),  $x^5 + a_1 + a_2x^2 + a_3x^3$  («ластівчин хвіст»),  $\pm x^6 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 + a_4x^4$  («метелик»). Вважається, що катастрофа  $x^7 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 + a_4x^4 + a_5x^5$  («вігвам») описує фізично нереальний стан системи ( $k = 5$ ).

Існують також динамічні системи з потенційними функціями другого порядку ( $x^2$ ) і з рівняннями стану першого порядку ( $ax = b$ , де  $b$  – константа, а  $a$  – параметр, що керує), проте в цих системах немає якісних змін (вони не є катастрофічними, існує тільки один стійкий стан системи), а залежність  $x$  від  $a$  є обернено пропорційною. Це системи, взаємодія між елементами яких, що обмежує свободу їхнього руху, відсутня. По суті, ряд елементарних катастроф є ступені самоорганізації (розвитку) нелінійної системи як послідовність закономірних, спрямованих і незворотних (у сенсі існування порога, без подолання якого, тобто без стрибка, повернення системи у вихідний стан неможливе) її змін. Це динаміка перетворення стаціонарних станів системи. Катастрофи «складання» і «метелик» відповідають стійким станам, а катастрофи «складка» і «хвіст ластівки» – нестійким, перехідним станам. Таким чином, з урахуванням ідеального стану нелінійна система з одного змінного стану може мати три реальні стійкі стани.

Послідовно диференціюючи статечний ряд потенційної функції та прирівнюючи похідні нулю, можна отримати ряд рівнянь стану системи, які можна привести до виду:

$$a_1x = a_0 \quad (1)$$

$$(a_2 + \frac{a_0}{x^2})x = a_1 \quad (2)$$

$$(a_3 + \frac{a_1}{x^2} + \frac{a_0}{x^3})x = a_2 \quad (3)$$

$$(a_4 + \frac{a_2}{x^2} + \frac{a_1}{x^3} + \frac{a_0}{x^4})x = a_3 \quad (4)$$

$$(a_4 + \frac{a_3}{x^2} + \frac{a_2}{x^3} + \frac{a_1}{x^4} + \frac{a_0}{x^5})x = a_4 \quad (5)$$

і т. д. Вочевидь, що при виборі в якості змінної стану системи  $x$  управляючі коефіцієнти при  $x$  у рівняннях стану, зокрема їх дробові доданки, є силовими характеристиками, обмежують свободу руху.

Рівняння (1) у разі ОТС – це рівняння обміну Фішера:

$$pV = MT \quad (6)$$

якщо за параметр порядку (змінного стану)  $x$  взяти обсяг продажу товарів  $V$ , за коефіцієнт  $a_1$  – рівень цін товарів  $p$ , а за постійну  $a_0$  у правій частині рівняння – дохід  $MT$ , де  $M$  – маса грошей у обігу, а  $T$  – швидкість обігу грошей (для аналізу залежності  $p$  від  $V$  дохід можна вважати постійною величиною).

Відповідно, рівняння стану (2–5) можна записати у вигляді:

$$(p + \frac{a_0}{V^2})V = MT \quad (2)$$

$$(p + \frac{a_1}{V^2} + \frac{a_0}{V^3})V = MT \quad (3)$$

$$(p + \frac{a_2}{V^2} + \frac{a_1}{V^3} + \frac{a_0}{V^4})V = MT \quad (4)$$

$$(p + \frac{a_3}{V^2} + \frac{a_2}{V^3} + \frac{a_1}{V^4} + \frac{a_0}{V^5})V = MT \quad (5)$$

Оскільки рівень монополізації ринку характеризується величиною обернено пропорційною обсягу продажів ( $V$ ), то дробові доданки, що стоять у дужках – це монопольні надбавки до цін вільного ринку. Звідси випливає, що рівняння (1) – це рівняння стану ідеальної ОТС (досконала конкуренція), а рівняння (2–5) – рівняння стану систем із різними рівнями монополізації ринку (недосконала конкуренція). Оскільки монополізація ринків зрештою пов'язана з монополізацією засобів виробництва, тобто із приватною власністю на них, а відомі три принципово різних види праці (вільна праця, наймана праця і праця рабів), відповідних трьом різним відносинам власності, три вищезгадані стійкі стану можна ідентифікувати як вільну ринкову економіку (1), буржуаз-

не суспільство (3) та рабовласницький устрій (5). У рабовласницькому суспільстві панує фізичний примус до праці, встановлений законом, а в буржуазному суспільстві – економічний примус. Основа найманої праці – приватна власність. Найманий працівник – не господар і прищепити йому почуття господаря принципово неможливо.

Розглянутий принцип перетворення потенційних функцій та рівнянь стану дозволяє описати динамічну систему у тривимірному просторі з координатними осями  $p$ ,  $T$ ,  $V$ .

Потенційний дохід, тобто дохід, пов'язаний із ліквідацією монополізації ОТС, і реальний дохід на вільному ринку є взаємно додатковими величинами (аналогічно потенційній та кінетичній енергії фізичної системи). Відповідно до принципу додатковості стану, у яких такі величини мали б одночасно точно певні значення, неможливі.

Суттєвий інтерес представляє опис функціонування ОТС як процесу досягнення стаціонарних станів. Якщо ресурси системи є необмеженими, її динаміка описується ітераційними (різницевиими) рівняннями типу:

$$x_{n+1} = (1 + r)x_n \quad (7)$$

де  $r$  – (параметр зміни доходу) = const, а  $n$  – число циклів. Матеріальні, організаційні та інші ресурси реальної ГТС завжди обмежені, а параметр зміни доходу з часом зменшується. У найпростішому випадку він пропорційний  $1 - x$ . У такому випадку система описується рівнянням:

$$x_{n+1} = (1 + r)x_n - r_n^2 \quad (8)$$

Аналіз рівняння (8), що називається логістичним рівнянням [17, с. 60–61, 96] і описує траєкторію руху системи або її елементів часток, показує, що коли  $0 < r < 2$ , то крива доходу поступово виходить на насичення (точковий атрактор). Якщо  $r > 2$ , процес починає осцилювати між двома рівнями з поступовим подвоєнням періоду коливань (граничний цикл). Нарешті, за  $r = 2,57$  він стає хаотичним, реалізується детермінований хаос (дивний атрактор). Переходи від регулярності до хаотичності пов'язані зі знаком показника Ляпунова як функції  $r$ : негативні значення показника відповідають регулярному руху, позитивні

хаотичному [9, с. 128–129]. Оскільки залежність  $x_{n+1}$  від  $r$  (біфуркаційна діаграма) описує перехідний процес, вона повинна описувати і обмежувати також і перехідний між фазами стан системи (роль  $r$  грають  $p$  чи  $T$ ).

Виникає питання, чи можуть у реальної ОТС для доходу реалізуватися значення  $r \geq 200\%$ ? Вочевидь, що з окремого підприємства такі річні прирости можливі. А для країни? Так, можливі, якщо за одиницю відліку взяти не один рік, а кілька років. Наприклад, за темпу приросту 5% на рік, 200% досягається менше ніж 15 років, а за 2% – за 35 років. Отже, коливання можуть реалізовуватись при будь-якому значенні  $r$ , але їх період буде тим більшим, чим менше  $r$ . Довгі хвилі з періодом 40–50 років (цикли М. Кондратьєва) відповідають приросту 3–4% на рік. Саме такий приріст характерний для реальної економіки.

Слід зазначити, що річний дохід – це швидкість руху доходу, а його темп – це прискорення, тобто перша похідна функція доходу за часом. Якщо крива доходу описується логістичною кривою з насиченням ( $0 < r < 2$ ), то темп доходу описується кривою з максимумом (нульові темпи реалізуються за нульової та максимальної швидкості доходу). Це необхідно мати на увазі при аналізі причин кризи економіки країн із націоналізованою власністю. Криза, що виразилася в нульових темпах зростання ВВП, була пов'язана з досягненням його максимальної швидкості, зумовленим вичерпанням можливостей цього типу економіки.

Параметр  $r$  відповідає за змістом коефіцієнту посилення  $\beta$  у системі зі зворотним зв'язком (для ОТС – відношення доходу до собівартості продукції), а  $(1-x)$  – коефіцієнту передачі каналом зворотного зв'язку (частки доходу, що повертається у виробництво). Роль може виконувати характеристика, зворотно пропорційна величині стартового капіталу  $E$ , тобто  $1/E$ . У динамічній нелінійній моделі величина стартового капіталу є активаційним показником, який є аналогічним до енергії активації в кінетичному рівнянні С. Арреніуса.

Ітераційні рівняння описують процес з виходом його на встановлений (стаціонарний) режим, що характеризується особливою точкою – точковим атрактором (припинення росту), особливою замкнутою кривою – граничним циклом (періодичні коливання) або особливою незамкнутою кривою – дивним атрактором («хаотичні»). Ці режими описують як рух окремих елементів нелінійних динамічних систем (наприклад, рух молекул у кристалі, рідині та газі), так і в сукупності

елементів, наприклад потоків (для рідин: ламінарний, комірчасто-вихровий і турбулентний режими) [11]. Стани, відповідні цим трьом режимам є стійкими і, отже, можна охарактеризувати як фази. Таким чином, як при глобальному, так і локальному підході отримуємо щонайменше три стійкі стани системи, якщо вести відлік від стану, що характеризується повною свободою руху (хаотичний режим, досконала конкуренція).

У ОТС стан із точковим атрктором можна ідентифікувати як відповідний рабовласницькому устрою, з граничним циклом – буржуазному суспільству та з дивним атрктором – вільної ринкової економіки (повна свобода товаровиробників). Вочевидь, повна свобода (непередбачуваність поведінки окремого товаровиробника) означає непередбачуваності ОТС як системи (її поведінка описується усередненими параметрами  $p, T, V$ ).

Значимо, що нелінійність веде до розгалуження та виникнення хоч і не повністю, але самоподібних структур та їх ієрархічної організації. Отже, поведінку ОТС як нелінійної системи можна описувати в рамках фрактальної теорії динамічних систем [9, с. 267].

Постає питання, чи може існувати більше трьох стійких станів ОТС? Якщо враховувати досвід науки про фазові перетворення фізичних систем (наприклад, поліморфізм кристалів), то відповідь на це питання буде позитивною, а якщо виходити з положень математичної теорії катастроф, то негативною, так як для реальної системи з одного змінного стану (наприклад,  $V$  для ОТС), таких стійких станів може бути не більше двох (катастрофа «складання», катастрофа «метелик»), а разом з ідеальним станом системи – не більше трьох, якщо не враховувати подвійні катастрофи. При цьому робимо наголос про необхідність стежити за надійністю ОТС і погрішність прогнозу.

**Висновки та пропозиції.** З вищевказаного випливає, що економіка з найманною працею та приватною власністю є відносно вільною, а західна модель не може розглядатися в якості єдиної при виборі шляхів економічного розвитку країни. Такою моделлю є економіка, основою якої є ринок, вільний від монополій. Вона має бути заснована на захищеній приватній власності та демократичному праві розпорядження – пайовому персоніфікованому фінансовому лізингу (оренді). А оскільки для нелінійних систем характерною є кооперативна поведінка її елементів, то таку економіку можливо назвати устроєм цивілізованих коопе-



раторів, тобто ринковим соціалізмом.

### Список використаної літератури

1. Захарченко В. І., Єрмак С. О., Онешко С. В. Теорія створення і функціонування організаційно-технологічних систем у високотехнологічному виробництві : монографія; за ред. В. І. Захарченко. Одеса : Фенікс, 2022. 324 с.
2. Національна економічна стратегія на період до 2030 року. Урядовий кур'єр. 2021. №14. С. 5–14.
3. Про основи національної безпеки України : Закон України. Урядовий кур'єр. 2003. №139. С. 1–6.
4. Концепція науково-технологічного та інноваційного розвитку України. Відомості ВР України. 1999. №37. С. 770–776.
5. Матеріали науково-практичної конференції «Утвердження інноваційної моделі розвитку економіки України». Київ : 20–21 лютого 2003р. Урядовий кур'єр. 2003. №34–35.
6. Булкин С. М. Моделі розповсюдження фінансової кризи реальному секторі економіки України: дис. ... к.е.н. спец. 08.00.11. Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця. Харків, 2020. 289 с.
7. Жаворонок А. Теоретичні основи дослідження класифікації економічних циклів. Проблеми і перспективи економіки та управління. 2021. № 4(28). С. 26–34.
8. Кулаковська Т. А. Циклічність як форма розвитку економіки: концептуальні погляди та сучасні особливості циклів. Причорноморські економічні студії. 2019. № 38–1. С. 11–15.
9. Лисенко Ю. Г., Тимохін В. Н., Руденський Р. А. та ін. Методологія моделювання життєздатних систем в економіці : монографія. Донецьк : Південний Схід, 2009. 350 с.
10. Ляшенко О., Кравець Т., Слушаєнко Н., Горбунов О., Шпирко В. Вища математика для економістів : підручник; за ред. О. І. Ляшенко, О. І. Черняка. Київ : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008. 497 с.
11. Andrews J. G. and McLone R. R. Mathematical modelling. London: Butterworth, 1976. 260 p.
12. Підхонний О. М., Рудик О. Р. Перспективи використання теорії катастроф у дослідженні економічних криз. Культура народів Причорномор'я. 2008. № 126. С. 84–87.
13. Поляков П. І. Економіко-математичні моделі розвитку промислових підприємств. Київ : Вища школа, 1984. 168 с.
14. Математичні моделі та новітні технології управління економічними та технічними системами : монографія; за заг. ред В. О. Тимофєєва, І. В. Чумаченко. Харків : ФОП Панов А. М., 2018. 314 с.
15. Усов А. В., Оборський Г. А. та ін. Математичне моделювання технічних систем. Київ : Техніка, 1995. 328 с.
16. Циганчук Р. О. Моделювання періодичних економічних процесів, дискретних у часі. Бізнес-навігатор. 2017. №4-2 (43). С. 162–166.
17. Крикавський Є.В. Логістика : навчальний посібник. Львів : Видавництво ДУ «Львівська політехніка», 1999. 264 с.

Стаття надійшла 18.04.2023 року

**V. I. Zakharchenko,**

Dr. Sc. (Economics), Professor,  
Odesa Polytechnic National University,  
1, Shevchenko Av., Odesa, 65044, Ukraine,  
e-mail: kafedra@mzeid.in

**S. V. Oneshko,**

Cand. Sc. (Economics), Associate Professor,  
Odesa National Maritime University,  
34, Mechnykova St., Odesa, 65029, Ukraine,  
e-mail: osvfox1@gmail.com

**PROGNOSTICATION THE DYNAMICS OF THE  
DEVELOPMENT OF ORGANIZATIONAL AND  
TECHNOLOGICAL SYSTEMS**

The article highlights an attempt to solve one of the most important problems of modern economic science – forecasting the creation and functioning of organizational and technological systems in domestic production. In the current military and economic conditions, the condition for the implementation of an innovative model of the development of the national economy through the functioning of organizational and technological systems in its industrial production is considered. The process of functioning of such systems consists of the continuous implementation of production cycles "money – technology – modern materials – production – sales". It is a feedback system and is described by differential equations. Non-linearity leads to the emergence of similar structures and their hierarchical construction. Since the capabilities of any organizational and technological system are limited, that is, the coupling coefficients between the output and input signals in the feedback system are proportional to the output signal, then the organizational and technological system is a nonlinear dynamic system. Such systems are described by nonlinear differential or iterative equations. It was determined that the potential income, that is, the income associated with the elimination of the monopoly of the organizational and technological system, and the real income in the free market are mutually complementary quantities (analogous to the potential and kinetic energy of a physical system). According to the principle of additionality, states in which such quantities had precisely certain values today been impossible. It follows from the above that the economy with hired labor and private property is relatively free, and the Western model cannot be considered as the only one when choosing the ways of economic development of the country. Such a model is an economy based on a market free from monopolies. It should be based on protected private property and democratic right of disposal – share-based personalized financial leasing (rent). And since nonlinear systems are characterized by cooperative behavior of their elements, it is conceivably to call this type of economy as a system of civilized cooperators, that is, market socialism.

**Keywords:** system, dynamics, catastrophe, function, cycle, sustainability, income.

## References

1. Zakharchenko, V. I., Yermak, S. O., & Oneshko, S. V. (2022). Teoriia stvorennia i funktsionuvannia orhanizatsiino-tehnolohichnykh system u vysokotekhnolohichnomu vyrobnytstvi [The theory of creation and functioning of organizational and technological systems in high-tech production]. Odesa : Feniks. [in Ukrainian].
2. Natsionalna ekonomichna stratehiia na period do 2030 roku [National economic strategy for the period until 2030]. (2021). Uriadovy kurier. No. 14. Pp. 5–14. [in Ukrainian].
3. Pro osnovy natsionalnoi bezpeky Ukrainy: Zakon Ukrainy [On the basics of national security of Ukraine: Law of Ukraine]. (2003). Uriadovy kurier. No. №139. Pp. 1–6. [in Ukrainian].
4. Kontseptsiiia naukovo-tehnolohichnoho ta innovatsiinoho rozvytku Ukrainy [The concept of scientific, technological and innovative development of Ukraine]. (1999). Vidomosti VR Ukrainy. No 37. Pp. 770–776. [in Ukrainian].
5. Materialy naukovo-praktychnoi konferentsii «Utverdzhennia innovatsiinoi modeli rozvytku ekonomiky Ukrainy» [Materials of the scientific and practical conference "Approval of the innovative model of development of the economy of Ukraine"]. (2003). Uriadovy kurier. No. 34–35. [in Ukrainian].
6. Bulkyin, S. M. (2020). Modeli rozpovsiudzhennia finansovoi kryzy realnomu sektori ekonomiky Ukrainy [Models of the spread of the financial crisis to the real sector of the economy of Ukraine]. Kharkiv : Kharkivskiy natsionalnyi ekonomichnyi universytet imeni Semena Kuznetsia. [in Ukrainian].
7. Zhavoronok, A. (2021). Teoretychni osnovy doslidzhennia klasyfikatsii ekonomichnykh tsyklyv [Theoretical foundations of the study of the classification of economic cycles]. Problemy i perspektyvy ekonomiky ta upravlinnia. No. 4(28). Pp. 26–34. [in Ukrainian].
8. Kulakovska, T. A. (2019). Tsyklichnist yak forma rozvytku ekonomiky: kontseptualni pohliady ta suchasni osoblyvosti tsyklyv. Prychornomorski ekonomichni studii. No. 38–1. Pp. 11–15. [in Ukrainian].
9. Lysenko, Yu. H., Tymokhin, V. N., Rudenskyi, R. A. etc. (2009). Metodolohiia modeliuvannia zhyttiezdatnykh system v ekonomitsi [Methodology for modeling viable systems in economics]. Donetsk : Pivdennyi Skhid. [in Ukrainian].
10. Liashenko, O., Kravets, T., Slushaienko, N., Horbunov, O., & Shpyrko, V. (2008). Vyscha matematika dlia ekonomistiv [Higher mathematics for economists]. Kyiv : Vydavnycho-polihrafichnyi tsentr «Kyivskiy universytet». [in Ukrainian].
11. Andrews, J. G., & McLone, R. R. (1976). Mathematical modelling. London : Butterworth. [in English].
12. Pidkhomnyi, O. M., & Rudyk, O. R. (2008). Perspektyvy vykorystannia teorii katastrof u doslidzhenni ekonomichnykh kryz [Prospects for the use of catastrophe theory in the study of economic crises]. Kultura narodiv Prychornomoria. No 126. Pp. 84–87. [in Ukrainian].
13. Poliakov, P. I. (1984). Ekonomiko-matematychni modeli rozvytku promyslovykh pidpriemstv [Economic and mathematical models of development of industrial enterprises]. Kyiv : Vyscha shkola. [in Ukrainian].
14. Timofieieva, V. O., & Chumachenko, I. V. (2018). Matematychni modeli ta novitni

tehnologii upravlinnia ekonomichnymy ta tekhnichnymy systemamy [Mathematical models and the latest technologies of management of economic and technical systems]. Kharkiv : FOP Panov A.M. [in Ukrainian].

15. Usov, A. V., Oborskyi, H. A. etc. (1995). Matematychnе modeliuвання tekhnichnykh system [Mathematical modeling of technical systems]. Kyiv : Tekhnika. [in Ukrainian].
16. Tsyhanchuk, R. O. (2017). Modeliuвання periodychnykh ekonomichnykh protsesiv, dyskretnykh u chasi. Biznes-navihator [Modeling of periodic economic processes, discrete in time]. №4-2 (43). Pp. 162–166. [in Ukrainian].
17. Krykavskiy, Ye. V. (1999). Lohistyka [Logistika]. Lviv : Vydavnytstvo DU «Lvivska politehnika». [in Ukrainian].