

УДК 338.22.021.4, 330.341:316.4, 330.35:316.4,  
330.342:338.28:004.67.89:62-8(047.31)

УКПП

№ держреєстрації 0121U109557

Інв. №

**Міністерство освіти і науки України**  
Сумський державний університет (СумДУ)  
40007, м. Суми, вул. Римського-Корсакова, 2,  
тел. (0542) 33-22-23

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Проректор з наукової роботи,  
д-р фіз.-мат. наук, професор

\_\_\_\_\_ А.М. Черноус

**ЗВІТ**

**ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ**

Фундаментальні основи фазового переходу до адитивної економіки: від проривних технологій до інституційної соціологізації рішень

**ФОРМУВАННЯ МЕХАНІЗМУ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДУ  
ДО АДТИВНОЇ ЕКОНОМІКИ НА ОСНОВІ ВІД ПРОРИВНИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ ТА ІНСТИТУЦІЙНОЇ СОЦІОЛОГІЗАЦІЇ РІШЕНЬ  
(проміжний)**

Керівник НДР,  
д-р екон. наук, проф.

Л.Г. Мельник

2022

Рукопис закінчено 21 грудня 2022 р.

Результати роботи розглянуто науковою радою СумДУ, протокол від 22.12.2022 р. № 7

## СПИСОК АВТОРІВ

**Керівник НДР**

Професор кафедри економіки,  
підприємництва та бізнес-  
адміністрування,  
д-р екон. наук, професор

27.12.2022

Л. Г. Мельник  
(вступ; розділи 1, 2, 3, 4  
висновки)

**Відповідальний виконавець**

Доцент кафедри економіки,  
підприємництва та бізнес-  
адміністрування,  
канд. екон. наук, доцент

27.12.2022

О. М. Маценко  
(вступ; розділи 1, 2, 3, 4  
висновки)

**Виконавці:**

Завідувач кафедри економіки,  
підприємництва та бізнес-  
адміністрування,  
д-р екон. наук, професор

27.12.2022

О. І. Карінцева  
(підрозділи 4.1, 4.2)

Доцент кафедри економіки,  
підприємництва та бізнес-  
адміністрування,  
д-р екон. наук, професор

27.12.2022

О. В. Кубатко  
(підрозділи 2.3, 2.4, 2.5)

Професор кафедри економіки,  
підприємництва та бізнес-  
адміністрування,  
д-р екон. наук, професор

27.12.2022

І. М. Сотник  
(підрозділ 2.5, розділ 3)

Фахівець НДЧ кафедри економіки,  
підприємництва та бізнес-  
адміністрування

27.12.2022

Т. В. Горобченко  
(підрозділ 2.4)

Провідний фахівець УДП кафедри  
економіки, підприємництва та  
бізнес-адміністрування

27.12.2022

О. О. Часник  
(підрозділ 2.3)

Фахівець I кат. кафедри  
економіки, підприємництва та  
бізнес-адміністрування

27.12.2022

Ю. М. Завдов'єва  
(підрозділ 2.3)

Аспірант кафедри економіки, підприємництва та бізнес- адміністрування	27.12.2022	В. С. Терещенко (підрозділи 2.3, 2.4, 2.5)
Аспірант кафедри економіки, підприємництва та бізнес- адміністрування	27.12.2022	І. А. Стародуб (підрозділи 3.1, 4.2)
Аспірант кафедри економіки, підприємництва та бізнес- адміністрування	27.12.2022	А. А. Панченко (підрозділ 2.1)
Студент, лаборант НДЧ кафедри економіки, підприємництва та бізнес-адміністрування	27.12.2022	Є. О. Скрипка (підрозділи 2.3-2.5, 3.1)
Студент	27.12.2022	М. В. Кириленко (підрозділ 1.4)
Студентка	27.12.2022	Я. В. Чорна (підрозділ 3.2)
Студент	27.12.2022	С. О. Ніколаєв (підрозділ 3.3)

## РЕФЕРАТ

Звіт про НДР: 79 с., 10 рис., 1 табл., 52 джерела.

АДИТИВНА ЕКОНОМІКА, АДИТИВНА ТЕХНОЛОГІЯ, ПРОМИСЛОВА РЕВОЛЮЦІЯ, ПРОРИВНА ТЕХНОЛОГІЯ, СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНА СИСТЕМА, ЦИФРОВА ЕКОНОМІКА, ЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ.

Об'єктом дослідження є системний комплекс теоретичних засад та практичного динамічно побудованого інструментарію і рекомендацій, пов'язаних із забезпеченням фазового переходу до адитивної економіки.

Метою дослідження є розробка науково-методичного комплексу та практичного інструментарію щодо проривного переходу України до моделі цифрової економіки на основі обґрунтування впровадження проривних технологій (штучного інтелекту, Інтернету речей, нових матеріалів, альтернативної енергетики, сучасних агротехнологій, цифрових бізнес-платформ, 3D-принтингу, «розумних» мереж, хмарних технологій, ефективного транспорту і логістики, ін.). Відповідно до поставленої мети в роботі поставлено такі завдання:

- визначити ключові проблемні вузли та успішні практики (у т.ч., зарубіжні) переходу до моделі адитивної економіки;
- розробити рекомендації щодо інституційної соціологізації трансформаційних рішень та активізації потенціалу самоорганізації населення та бізнес-структур «адитивної» цифрової економіки;
- сформувати системи показників та критеріїв їх кількісного визначення для оцінки динаміки стану соціально-економічних та екологічних систем.

Методи дослідження: методи порівняльного, багатofакторного, економіко-статистичного, формально-логічного та системно-структурного аналізу.

Вирішення поставлених завдань було здійснено на основі аналізу закордонного досвіду, зокрема країн ЄС, а також успішних практик в Україні.

## ЗМІСТ

1 КОНЦЕПТУАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ВІДТВОРЕННЯ ЕКОНОМІКИ НА ОСНОВІ СИНЕРГЕТИЧНОЇ ТЕОРІЇ РОЗВИТКУ .....	12
1.1 Тріалектика процесу формування систем .....	12
1.2 Закономірності реалізації тріалектичного механізму системоутворення в ході промислових революцій .....	14
1.3 Системні передумови реалізації сучасного фазового переходу .....	24
1.4 Розвиток синергетичних основ економіки в ході сучасних промислових революцій .....	26
2 РОЗРОБКА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ ВІДТВОРЕННЯ В УМОВАХ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДУ .....	30
2.1 Концептуальні завдання відтворення економічних систем.....	30
2.2 Складові відтворювального механізму.....	31
2.3 Напрями сестейнізації .....	34
2.4 Об'єкти сестейнізації.....	34
2.5 Стратегії сестейнізації .....	35
3 ФОРМУВАННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНОГО МЕХАНІЗМУ ТА ІНСТРУМЕНТАРІЮ ФУНКЦІОНУВАННЯ АДИТИВНОЇ ЕКОНОМІКИ... 38	38
3.1 Теоретико-методологічні основи трансформаційно-стабілізаційних механізмів соціально-економічних систем .....	38
3.2 Біфуркаційні (трансформаційні) та адаптаційні (стабілізаційні) механізми соціально-економічних систем .....	41
3.3 Наукові підходи до формування моделі організаційно-економічного механізму адитивної економіки на основі інструментів Industry 3.0, 4.0 та 5.0 .....	56

4 СИСТЕМА ПОКАЗНИКІВ ТА КРИТЕРІЇВ ЇХ КІЛЬКІСНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ДЛЯ ОЦІНКИ ДИНАМІКИ СТАНУ СОЦІАЛЬНО- ЕКОНОМІЧНИХ ТА ЕКОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ .....	60
4.1 Особливості динамічного розвитку соціально-економічних систем ....	60
4.2 Підходи до формування системи показників оцінки стану соціально- економічних систем .....	63
4.3 Система показників, що характеризують динаміку соціально- економічних структур.....	64
ВИСНОВКИ.....	71
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ .....	73

## ВСТУП

Актуальність дослідження обумовлена розробленням системного науково-методичного комплексу та практичного інструментарію для обґрунтування проривного переходу країни до нової моделі економіки, яка умовно може бути названа «адитивною» – за провідним принципом дії інноваційної технологічної основи, що впроваджується. Це створює можливості для формування нової економіки, в основі якої лежать адитивні та цифрові технології, а основним конкурентним чинником є людський капітал.

Головними драйверами сучасного соціально-економічного розвитку виступають три промислові революції (Industries 3.0, 4.0, 5.0), які відбуваються в межах фазового переходу до нової формації. Тому науково-методологічний комплекс дослідження побудований на розроблених авторами теоретичних засадах та виявлених закономірностях актуалізації трендів розвитку соціально-економічних систем в умовах Industries 3.0, 4.0, 5.0. Основу методологічних засад становлять фундаментальні положення економічної теорії, базові принципи сучасної теорії сестейнового розвитку, загальної теорії еколого-економічних збитків, а також наукові праці, присвячені проблемам формування та реалізації фазового переходу в рамках індустрій 4.0 та 5.0.

Головна ідея роботи пов'язана з необхідністю забезпечення інноваційності трансформаційних процесів переходу до сестейнового розвитку, де визначальну роль відіграють процеси впровадження адитивних технологій та цифровізація економіки. Під час дослідження були позначені як фундаментальні, так і прикладні наукові проблеми розробки науково-методологічних положень та практичного інструментарію обґрунтування фазового переходу національного господарства до нової соціально-економічної формації, яка умовно може бути названа адитивною (цифровою) економікою на умовах забезпечення сестейнового розвитку з урахуванням сучасних проривних технологій, флуктуацій та конвергенції.



Висунуто також припущення про можливість застосування механізмів адаптації національної економіки до фазових переходів глобального характеру, які, зокрема, пов'язані з антропогенною зміною клімату або мають іншу природу змін. Було висунуто також гіпотезу про необхідність і можливість зайняття країною провідних позицій у певних нішах цифрового світу. Проведено аналіз адаптаційних спроможностей національної економіки до глобальних еколого-економічних викликів.

За результатами роботи отримано результати, які полягають у формуванні концепції організаційно-економічного механізму забезпечення фазового переходу до адитивної економіки (від проривних технологій та інституційної соціологізації рішень), а саме:

– закладено концептуальні положення відтворення економіки на основі синергетичної теорії розвитку. Зокрема, досліджено економічні, соціальні та екологічні синергетичні ефекти в цифровій економіці. Встановлено, що вони можуть бути позитивними, негативними та нейтральними. Відтворення економіки відбувається на основі позитивних синергетичних ефектів, що виникають при поєднанні технічних, економічних та управлінських сучасних інноваційних трендів;

– система управління процесами відтворення на сьогодні найбільш ефективно реалізована в новій формації - адитивній економіці, коли технологічна сторона виробництва оснований на адитивному принципі. Саме даний принцип дозволяє мінімізувати використання природних ресурсів і якісно дематеріалізувати виробництво. Встановлено, що smart-система управління процесами відтворення в умовах адитивного виробництва дозволяє значно підвищити стійкість економічних систем та знизити енергоємність продукції. Крім того перехід до даної системи управління дозволить задовольнити більше потреб економічних агентів за менших витрат ресурсів, ніж на основі адитивного принципа;

– розроблено концепцію організаційно-економічного механізму й інструментарій формування адитивної економіки на основі реорганізації

соціально-економічних інститутів. При цьому досліджено вплив цифрової трансформації суспільства на прикладі економік країн ЄС. Було досліджено та апробовано на наукових форумах та в публікаціях актуальні вектори цифрових трансформацій: сестейнізація енергетичного комплексу; креативізація людського капіталу; мережевізація організаційних структур; адитивізація виробничої сфери; конвергенція виробництва, бізнесу і споживання; мініатюризація виробів; дематеріалізація виробництва; смартифікація матеріалів; циркуляризація ресурсокористування, дехрупкізація бізнесу, інформатизація економіки, кастомізація споживання та кібергізація виробництва;

– розроблено систему показників та критеріїв їх кількісного визначення для оцінки динаміки стану соціально-економічних та екологічних систем; обґрунтовано напрями економічної безпеки національної економіки. Будь-який процес динамічного відтворення стану системи слід розглядати як ціле, більше суми окремих підпроцесів, з яких він складається. Тому нами виділено параметри часу – показники, що характеризують кількісні та якісні сторони реалізації окремих процесів (підпроцесів) відтворення системи. До основних з них слід відносити: послідовність (порядок чергування підпроцесів зміни стану системи); тривалість (період часу від початку до закінчення певного процесу); темп (ступінь швидкості зміни стану системи – час, протягом якого відбувається умовна одиниця змін стану системи); швидкість (кількість змін стану системи за одиницю часу); рівень синхронності процесів (ступінь одночасності перебігу процесів щодо один одного); час перемикавання (період часу, який потрібний системі для переходу від одного процесу до іншого). Окремим показником оцінки динаміки стану соціально-економічних та екологічних систем нами виділено «щільність» часу – показник, що характеризує результат зміни стану системи за питомий інтервал (одиницю) загального періоду часу, включаючи як час цілеспрямованої (продуктивної) діяльності системи, так і час, який потрібний системі на перерви в роботі, перемикавання між окремими операціями, трансформації рівня її гомеостазу.

Одержані у роботі теоретичні підходи до формування організаційно-економічного механізму забезпечення фазового переходу до адитивної економіки можуть бути використані вітчизняними підприємствами для прискорення трансформаційних процесів до цифровізації та дематеріалізації виробництва, а також для відтворення та зміни системи мотивації людського капіталу. Також окремі теоретичні положення можуть бути використані державними органами влади для удосконалення концепції цифрової трансформації країни.

Результати НДР частково використані при виконанні господарчих договорів на замовлення:

– № 53.14-2021.СП/02 «Дослідження економічних ефектів цифрової трансформації бізнесу»;

– № 53.14-01.17.СП/1 «Еколого-економічний аналіз венчурних проєктів у сфері альтернативної енергетики».

За напрямом теми НДР студентами підготовлено 8 наукових робіт, які стали переможцями I турів Всеукраїнських конкурсів студентських наукових робіт та 3 роботи, які стали переможцями у II турах Міжнародних конкурсів студентських наукових робіт, захищені 2 магістерські роботи та видано 3 навчальних посібники «Кращі практики ЄС для сестейнового розвитку», «Трансформації економічних систем: досвід ЄС в реалізації Industries 3.0, 4.0, 5.0» та «Соціальна та солідарна економіка». Одержані результати дослідження впроваджені у навчальний процес, зокрема, при викладанні дисциплін «Економіка розвитку», «Сучасні тренди в бізнесі: досвід ЄС» та «Соціальна та солідарна економіка» (АКТ від 13 грудня 2022 р.).

# 1 КОНЦЕПТУАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ВІДТВОРЕННЯ ЕКОНОМІКИ НА ОСНОВІ СИНЕРГЕТИЧНОЇ ТЕОРІЇ РОЗВИТКУ

## 1.1 Тріалектика процесу формування систем

Наразі людство переживає фазовий перехід (ФП) до нової соціально-економічної формації, основу якої становитиме економічна система, яку умовно можна назвати цифровою, або адитивною економікою.

Як і будь-який фізичний процес, ФП потребує певних витрат енергії. Вона необхідна для переведення системи з одного гомеостатичного рівня на інший. Енергія витрачається навіть тоді, коли система переходить на нижчий за рівнем новий гомеостатичний статус.

Необхідно, втім, зазначити, що під час фазового переходу частина енергії, яка витрачається може бути компенсована за рахунок її вивільнення при демонтажі старої структури і зв'язків системи. Це нагадує ситуацію, коли під час перебудови будинку частина коштів може бути заощаджена у разі використання чи продажу демонтованих будівельних матеріалів із попереднього будівництва.

Однак енерговитрати – не єдине, що потрібно для здійснення ФП. Це стає зрозумілим, якщо глибше зануритися в поняття змісту системи.

Будь-яка система має триалектичну природу свого формування. Це означає, що вона є не лише матеріально-енергетичним об'єктом, а й також інформаційною сутністю, визначаючи собою певний інформаційний алгоритм взаємної побудови частин системи в просторі, а також програму їх розвитку в часі. Третім природним началом є синергетичний феномен, що забезпечує реалізацію зв'язків взаємодії між собою окремих частин системи, а також зв'язків самої системи із зовнішнім середовищем.

У процесах функціонування системи згадані природні начала виконують різні функції. *Матеріально-енергетичне* начало виконує силову функцію, забезпечуючи реалізацію будь-яких видів руху (а отже, і змін) всередині системи і при її взаємодії із зовнішнім середовищем. *Інформаційне* начало

направляє дію енергетичних імпульсів, а отже, забезпечує цілеспрямованість і ефективність здійснення процесів, що відбуваються. *Синергетичне* начало об'єднує дії окремих частин системи в єдине ціле, забезпечуючи взаємну узгодженість підсистемних дій і функцій. Воно також забезпечує вбудовування даної системи як підсистемної частини в зовнішнє середовище.

Таким чином, ФП системи на новий її рівень може відбутися лише в тому випадку, якщо будуть перебудовані всі три начала, що формують зміст системи. Наприклад, якщо виникає бажання збільшити потужність автомобіля, мало встановити в нього більш потужний двигун. Повинне бути змінено все компонування технічної частини машини (зокрема, система подання палива). Крім того, необхідно змінити систему взаємодії окремих вузлів автомобіля, що здійснюють перехід з одного режиму роботи на інший і багато іншого.

Якщо мова йде про ФП у соціально-економічних системах, то доречно зазначити, що зміна будь-яких ключових компонентів їх функціонування тією чи іншою мірою зумовлює зміну всіх сфер діяльності суспільства, пов'язаних із цим.

Зокрема, перехід із гужового на автомобільний транспорт зумовив розвиток автомобільної промисловості та її дослідно-конструкторських підрозділів. А це дало поштовх у розвитку металургійної та хімічної промисловості для створення необхідних матеріалів. Здійснено будівництво доріг, створені правила руху, виникла специфічна кредитно-банківська система, сформована нафтопереробна промисловість, створена система заправок, побудовані танкерний флот і відповідна інфраструктура, здійснено багато інших перетворень. Але найголовніше те, що це зумовило внутрішню перебудову самої людини. Необхідно було, щоб люди істотно підвищили рівень своєї технічної грамотності, змінили ритм і стиль життя, забезпечили самодисципліну під час експлуатації технічного засобу та рух на дорогах.

Як бачимо, ФП в даній транспортній сфері обумовив трансформацію всіх трьох природних начал у системах, які його забезпечували. Були змінені:

*матеріально-енергетичні* фактори (створені нові технологічні засоби і енергоносії до них);

*інформаційна* система, що забезпечує їх функціональний розвиток (налагоджені науково-дослідні і дослідно-конструкторські роботи, навчання спецперсоналу і водіїв та ін.);

*синергетичні* фактори (створена обов'язкова для всіх система правил руху, комунікаційні артерії, засоби взаємного сповіщення тощо).

Без усіх цих трансформацій людство не змогло б здійснити даний ФП і подолати відповідний фазовий бар'єр.

## **1.2 Закономірності реалізації тріалектичного механізму системоутворення в ході промислових революцій**

Для якісних перетворень економічної системи має бути готовий стан компонентів тріади системоутворювальних груп факторів. Це означає, що кожна з названих груп (матеріально-енергетичних, інформаційних та синергетичних) повинна відповідати цілям і завданням трансформаційного стрибка й узгоджуватися відповідно з двома іншими групами. Таким чином, у новому стані всі три групи факторів повинні відповідати одна одній. При цьому на різних етапах соціально-економічного розвитку провідну роль своєрідного «локомотива» перетворень зазвичай відіграє одна з трьох названих груп факторів.

**Перша промислова революція і зародження індустріальної формації.** У ході Першої промислової революції (що також називають Великою індустріальною), перебіг якої зазвичай датується орієнтовно 1770-1860 рр., лідируючу роль у трансформаційних процесах займала *матеріально-енергетична* група факторів. Основним можна вважати те, що було започатковано перехід від ручної праці до машинної.

Серед ключових явищ Першої промислової революції можна виділити (Промышленная, 2016):

– впровадження *прядильних машин* Р. Аркрайта (Richard Arkwright) (1769), які полегшили ручну працю в процесах прядіння нитки з бавовни;

– використання *парового двигуна* Дж. Ватта (James Wätt) (1775) в машинах для відкачування води в шахтах, а також на тих виробництвах (напр., млинах), де недоступним було використання гідравлічної енергії;

– впровадження в металургії винайденого Г. Кортон (Henry Cort) *процесу пудлінгування* (1783-1784), що дозволив замінити деревне вугілля на кам'яновугільний кокс, який почав використовуватися як енергоносіє у чорній металургії під час виробництва переробного та ковкого чавуну.

Як бачимо, ключові «прориви» Першої промислової революції, прямо або опосередковано були пов'язані з вирішенням саме енергетичних проблем. Один із них вирішував проблему дефіциту робочої сили (фізичної праці), що виникла внаслідок депопуляції в Європі через кілька хвиль епідемій (Щедровицкий, 2014). Інший був безпосередньо пов'язаний з необхідністю посилення потужності знарядь праці, що досягалося за рахунок впровадження у виробництво винайдені парової машини і її «накачування» енергоносіями (деревиною, вугіллям). Третій вирішував проблему дефіциту енергоносіїв, що виникла через вирубування лісів у Європі. Зазначена промислова революція вирішувала також і інші проблеми модернізації саме матеріальної основи. На зміну деревині як основного будівельного і конструкційного матеріалу прийшов метал, який давав можливість різко підвищити міцність виробів, а отже, і підняти межі силових навантажень, які вони могли витримати. Завдяки цьому значно розширювалися функціональні можливості промислового виробництва, будівництва, сфери споживання.

Існувала ще одна причина, яка обумовила виникнення достатніх передумов для початку промислової революції. До другої половини XVIII століття в Європі (насамперед в Англії завдяки потенціалу її колоній) відбулося накопичення критичної маси капіталу. Саме він відіграв роль

квізіенергетичного ресурсу для забезпечення техніко-економічних трансформацій необхідним фінансовим «паливом».

Таким чином, можна констатувати, що і *передумови необхідності* (зміни ресурсної парадигми), викликані дефіцитом робочої сили і енергоресурсів (деревини), і *передумови достатності*, обумовлені формуванням економічних можливостей, мали матеріально-енергетичний характер. Саме матеріальні чинники створювали імпульси до трансформації (приведення у відповідність) двох інших груп чинників – інформаційних та синергетичних.

Зокрема, розпочало рух компоненти, що формують склад *інформаційних факторів*. Стали значущими наука і технічні винаходи окремих умільців, які до того гальмувалися невідповідністю суспільства.

Досить згадати, що історичному винаходу Джеймса Ватта передували десятиліття праці і десятки аналогічних винаходів інших умільців (найбільш відомими є запатентовані двигуни Томаса Севері (Thomas Savery), 1698, і Томаса Ньюкомена (Thomas Newcomen), 1712, а, крім того, експерименти різних дослідників, які вивчали пов'язані з цим термодинамічні процеси (зокрема, Дені Папена (Denis Papin), початок 1700 років) (Промышленная, 2016).

Також було дано поштовх розвитку *синергетичних факторів*. Виробничий потенціал фабрик зріс і вимагав розвитку транспортних комунікацій (залізничних доріг, каналів), з одного боку, для поставок вихідних ресурсів, з іншого – для торгівлі готовою продукцією. Це стимулювало також розвиток більш швидких засобів зв'язку (зокрема, телеграфа).

**Друга промислова революція і розвиток індустріального суспільства.** «Розкочегарений» паровою машиною експрес Першої промислової революції поступово набирал оберті, «в'їжджаючи» в ХІХ століття. І тут з'ясувалося, що для його подальшого просування вперед потрібні не лише достатня кількість енергоносіїв, а й «паливо» іншого виду. Індустріально-фабричний монстр, який збільшився в розмірах, набув



енергетичної могутності, але був незграбним у своїй координації, почав «задихатися» без нових інформаційних ідей. Вони стали життєво необхідними для удосконалення виробничого обладнання, підвищення точності його роботи, поліпшення якості продукції, що випускалася, об'єднання в єдине системне ціле виробничих потужностей, що розповзалися на великі відстані від джерел сировини і споживчих мереж. Матеріально-енергетичні фактори почали поступатися у лідерстві *факторам інформаційної групи*.

У Другій промисловій революції (яка стартувала з 1860 років) рушійною силою трансформацій стає саме інформація. Розвиток економіки починає базуватися переважно на наукових досягненнях, а не просто на вдах винаходах. Удосконалюються процеси отримання металів і металообробки, розвивається машинобудування. Виробничі процеси починають формуватися на основі рукотворних хімічних та фізичних явищ (синтез новостворених речовин і тих, що вже використовуються у виробництві, нові технології виробництва виробів, нові принципи двигунів і видів транспорту, електрифікація виробничих процесів та ін.) (Вторая промышленная, 2016).

Безумовно, розвиток інформаційної основи впливав на матеріально-енергетичну і синергетичну групи факторів. Створювалися нові способи отримання і використання енергії, нові матеріали, двигуни, транспортні засоби. Удосконалювалися комунікації (створювалися мережі транспортних магістралей, лінії зв'язку тощо).

Ініціюючи розвиток двох інших груп факторів (матеріальних та синергетичних), потужний поштовх отримали і самі *інформаційні фактори*. Зазнали підйому фундаментальна і прикладна науки. Держава і окремі корпорації почали вкладати у це значні кошти. Виникли нові засоби фіксації, обробки, передачі і відтворення інформації (поліграфія, телефон, радіо, фотографія, кіно, відео, телебачення, комп'ютер (електронно-обчислювальна машина), факс, ксерокс, принтер).

Але найголовніше – нові умови виробництва почали вимагати нових знань, світогляду, інтелектуальних навичок роботи, причому для більшості

виконавців. Професія під умовною назвою «білий комірець» (а це – інженерно-технічні працівники, службовці, секретарі, менеджери тощо) перетворилася на масову. Виникла потреба в забезпеченні загальної грамотності, використанні нових методів управління, застосування специфічних прийомів впливу на робітників, їх організації і мотивації праці.

Таким чином, можна стверджувати, що Друга промислова революція створила не тільки металорізальні верстати, потокове виробництво, електрику, телефон, радіо, комп'ютер, автомобіль та авіацію. Її творінням стала також нова «людина-трудо» – учасник виробничого процесу, масовий працівник, в діяльності якого навички розумової праці були пріоритетними.

Лише такий виконавець здатний орієнтуватися в інформаційних умовах промислового виробництва, які значно ускладнилися. Лише такий виконавець може розробляти стандарти і досягати їх дотримання, без чого неможливо створення виробів, які складаються із сотень деталей, виготовлених тисячами робітників у різних куточках Землі.

Лише такий працівник здатний контролювати десятки параметрів виробничих процесів, що відбуваються у надвисоких (поза межних) фізико-хімічних режимах (температур, тисків, електромагнітних характеристик, радіації, хімічної агресивності або біологічної активності).

Лише такий виконавець може керувати колективами працівників, у руках яких сконцентрована подібна енергетична могутність. Лише такий виконавець може справлятися із завданнями самоорганізації, самонавчання та саморозвитку, необхідність яких диктується колосальною швидкістю змін в умовах соціально-економічного середовища.

Одночасно відбувалися якісні структурні зміни суспільства. У промислово розвинених країнах критична більшість населення стала належати до інтелектуалізованих виконавців, які в більшості своїй залишалися найманими працівниками. Але саме вони зі своїми потребами і фінансовими можливостями перетворилися на масових споживачів (а отже, і замовників) виробленої продукції, визначаючи попит на неї.

Під впливом процесу інтелектуалізації споживачів вигляд цієї продукції постійно змінюється. Зростає складова інформаційних факторів, зростають наукоємність та інформаційна ємність. Сучасні побутові прилади, засоби зв'язку, житло, індивідуальний транспорт стають все «розумнішими», вбираючи в себе керуючі електронні засоби і навіть елементи комп'ютерної техніки. Те саме можна сказати і про ще одну частину товарів, що надходять на ринок, – *засоби виробництва*. Не менше інформатизується і *сфера послуг*. Це стосується як самих послуг (освіти, літератури, мистецтва, шоу, туризму), так і засобів їх виробництва.

Є ще одна важлива особливість функціонування економіки в індустріальному суспільстві. В умовах стихійного формування попиту на різні потреби людини (фізіологічні, особистісні, трудові) і безсистемності участі ринку в особистісному розвитку людини *масовий* інтелектуалізований покупець почав формувати такі самі масові моделі споживання і стилю життя, до яких повинні прагнути («підтягуватися») інші представники суспільства (за винятком нечисленної частини населення з надприбутками). Таким чином, на цьому етапі розвитку суспільства дані ринкові механізми формують потужні стимули розвитку економіки (зокрема і шляхом її інтенсивної інформатизації). Разом із тим не можна не визнати, що подібні механізми створюють значні можливості і для недобросовісних маніпуляцій попитом на різні види товарів. Унаслідок цього у значної частини населення формується попит на задоволення потреб у виробках та послугах (косметиці, харчових добавках, ліках, одязі, захопленнях тощо), які не лише не сприяють особистісному розвитку людини, але часто і перешкоджають йому або навіть шкодять здоров'ю людини.

Підбиваючи підсумки зазначеного, можна констатувати, що *передумови необхідності* в ході трансформаційних процесів Другої промислової революції почали обумовлюватися потребами інтелектуалізованої «людини-трудо», яка в той самий час перетворилася на масового покупця на ринку. Стрімко зростаючі доходи останнього стали виконувати функції

капіталу (своєрідної квазіенергії економічної системи), чим фінансово забезпечили попит на масово вироблену продукцію. Це і створило *передумови достатності* у розвитку індустріального суспільства.

До другої половини ХХ століття можливості індустріального суспільства стали вичерпуватися, стикаючись із жорсткими обмеженнями впливу на природне середовище. Колосальна матеріаломісткість та енергоємність економічних систем, глобальні масштаби виробничого комплексу на тлі прогресуючого зростання населення планети виявилися несумісними з реальними можливостями відтворення локальних екосистем та біосфери в цілому.

При цьому головною проблемою стає, на відміну від Першої промислової революції, не дефіцит природних ресурсів – з цим індустріальна технологічна основа навчилася справлятися, зокрема шляхом заміщення одних вихідних матеріальних ресурсів на інші. Значно складніше виявилось вирішити проблеми деградації локальних екосистем і біосфери в цілому, тобто природних систем, які забезпечують формування асиміляційного потенціалу планети, а також утримують енергетичну систему Землі від руйнування внаслідок перевиробництва енергії людиною.

**Цілі і завдання Третьої промислової революції (Т.п.р.).** Вже зазначені та інші протиріччя (детально про них не дозволяє говорити обмежений обсяг розділу), які неможливо було вирішити в межах індустріального суспільства ХХ століття, була покликана вирішити Третя промислова революція. Основні її компоненти (цифрові технології, масова комп'ютеризація і мережизація населення) зароджувалися в ході завершальної хвилі промислових трансформацій Д.п.р.

Основні завдання, які повинна вирішити (Т.п.р.), принципово відрізняються від завдань двох її попередниць – Першої та Другої промреволюцій. У ході П.п.р., а особливо Д.п.р. людство намагалось наростити свою матеріально-енергетичну міць, змагаючись у цьому з

природною стихією. Досить зазначити, що в 1950 роках у багатьох країнах девізом було: «все, що велике, – красиво!»

Для Т.п.р. історично була задана інша мета: на новій хвилі соціально-енергетичного розвитку повернутися до гармонії з природою через трансформацію виробничих систем, екологізацію суспільного устрою, стилю життя і екологічно спрямоване перетворення самої людини. За таких умов необхідно прагнути не до збільшення масштабів, потужностей і форм суспільного виробництва, а швидше до їх мініатюризації, що, як правило, супроводжується зростанням продуктивності, збільшенням функціональних можливостей, підвищенням ефективності економічних систем.

Як і в двох попередніх промислових революціях, у Третій – трансформаційним зрушенням піддаються всі три групи системоутворювальних факторів економічних систем: матеріально-енергетичні, інформаційні і синергетичні. Однак на сучасному етапі естафета лідерства переходить до *синергетичних* факторів. Саме вони покликані інтегрувати окремі компоненти локальних економічних систем в єдине системне ціле – глобальну економіку «космічного корабля» Земля. Саме такі інтеграційні процеси відбуваються у природі, де окремі локальні екосистеми, об'єднуючись, формують єдину біосферу планети.

Те, що в ході Третьої промислової революції основою трансформаційних процесів, які відбуваються, стають синергетичні (комунікаційні) фактори, пояснюється об'єктивними причинами.

По-перше, у виробничому секторі «центр ваги» переноситься з великих господарських форм (потужних регіональних електростанцій, виробничих гігантів, величезних переробних і таких, що збагачують сировиною, комплексів) на мережі, що складаються з тисяч і навіть мільйонів маленьких виробничих одиниць (ІТ-підприємств, міні-енергетичних установок, що використовують 3D-принтери виробництв). Вони можуть стати реальною продуктивною силою, лише будучи об'єднаними в цілісні системи.

По-друге, сьогодні реальністю стає діяльність транскордонних віртуальних виробництв, які можуть функціонувати лише на основі досконалих синергетичних зв'язків.

По-третє, функціонування комп'ютерних (інформаційних) керуючих систем за принципом: «розумний» завод, «розумний» будинок, «розумне» місто, «розумна» транспортна магістраль, «розумна» країна – також нездійсненне без аналітичного й інтегруючого впливу інформаційних мереж (передусім Інтернету).

По-четверте, сам Інтернет як базовий фактор всепланетної пам'яті людства став продуктом синергетичної інтеграції локальних інформаційних систем.

На середину 2017 року кількість споживачів, які регулярно використовують Інтернет, становила понад 4 млрд осіб, тобто практично перевищила половину населення Землі. З 2000 року частка користувачів Інтернету збільшилась в 8 разів – з 6,5 до 54% (Гоголадзе, 2018). В Європі проникнення Інтернету досягло 75%, в Північній і Південній Америці – 66 %. А в таких країнах, як Норвегія, Великобританія, Катар, Японія і ОАЕ, перевищило 90% (Пользователи, 2017). Кількість підключень мобільного зв'язку у 2016 р. досягла 8 млрд (тобто перевищила кількість населення Землі) (Мобильная, 2017). Наразі дві третини мешканців Землі користуються мобільними телефонами, в більшості – смартфонами. Значна кількість має їх по два і більше. Хоча у Африці лише половина населення має мобільні пристрої. Обсяг електронної торгівлі наближається до 20% всесвітнього обсягу продажів, досягнувши на кінець 2017 р. обсягу у 1,5 трлн доларів США (Гоголадзе, 2018).

Фактично межу XX і XXI століть і слід вважати часом початку Третьої промислової революції. Саме в цей період повною мірою з'єдналися в єдине ціле – Всесвітню павутину (www – World Wide Web) – три головних винаходи людства, які формують ключові інструменти всепланетної пам'яті: персональний комп'ютер, Інтернет та цифрові технології. Вони і забезпечили

колосальну швидкість (швидкодію) реалізації на глобальному рівні трьох ключових функцій пам'яті, а саме: фіксації, зберігання та відтворення інформації в будь-яких її формах (друкованих, аудіо-, відео-). Це і стало в кінцевому підсумку причиною вибухового лавиноподібного прогресу суспільних відносин і технологій, зокрема через трансфер останніх, оскільки швидкість розвитку будь-яких систем (зокрема соціально-економічних) обумовлена саме характеристиками швидкодії їх пам'яті.

Одним із найважливіших завдань трансформації матеріально-енергетичної основи економіки в ході Т.п.р. є її гармонізація з природним середовищем. Це передбачає передусім дематеріалізацію систем виробництва і споживання продукції, інакше кажучи, їх значне «полегшення», тобто зниження матеріаломісткості та енергоємності на одиницю виробленої продукції (виконаної роботи) і на одного мешканця Землі, життєдіяльність якого потрібно забезпечити всім необхідним. Крім того, завдання екологічної гармонізації матеріально-енергетичної основи обумовлює необхідність переходу на органічно прийнятні для екосистемного метаболізму речовини і замкнені цикли використання ресурсів. Не випадково в англійській мові щодо екологічних виробів використовуються терміни: «environment friendly» та «natural sound», що означає *дружні* щодо природного середовища, або *співзвучний* з природою.

Як бачимо, причину виникнення Т.п.р. необхідно шукати в протиріччях екологічного характеру. А приводом стала одна з найбільших у сучасній історії радіаційна аварія (максимального 7-го рівня за Міжнародною шкалою ядерних подій) на АЕС Фукусіма-1 (Японія). Саме вона змусила переглянути стратегічні плани розвитку ЄС. У багатьох країнах Євросоюзу частка електроенергії, що вироблялася на атомних електростанціях, становила в середньому від 30 до 40% (Болгарія, Угорщина, Німеччина, Італія, Словенія, Фінляндія, Швеція). А в Словаччині (54%) та у Франції (78%) більше половини національної електроенергії вироблялося на АЕС (Бобылёв, 2016; Одессер, 2016). Шок від японської катастрофи був настільки значним, що

змусив шукати заміну енергетичному атому. У відносно бідній на енергоресурсні копалини Європі проблема могла бути вирішена лише через інтенсифікацію використання відновлюваних джерел енергії. Потягнувши за одну ланку, Європі вдалося привести в рух і прискорити процеси у цілому ланцюзі цілісного системного явища під назвою «Третя промислова революція».

Не можна не згадати ще про одне завдання, яке покликана вирішити Т.п.р. Вона повинна змінити імператив формування сутнісних начал людини. Зокрема, економіка повинна перейти від обслуговування переважно матеріальних потреб фізіологічної та економічної природи людини (тобто «людини-біо» та трудової сутності «людини-трудо») до забезпечення системного особистісного розвитку соціальної сутності людини («людини-соціо»).

### **1.3 Системні передумови реалізації сучасного фазового переходу**

Говорячи про передумови до сучасного *фазового* переходу, необхідно виділити ряд ключових подій (рис. 1.1). У групі *матеріально-енергетичних* факторів вирішальну роль починають відігравати: по-перше, створення конкурентоспроможної альтернативної енергетики з масовим акумулюванням енергії; по-друге, формування принципово нової виробничої основи на базі адитивних технологій і 3D-принтерів.

У групі *інформаційних* факторів нарівні з масовою комп'ютеризацією найважливішу роль відіграють: по-перше, створення єдиної («цифрової») основи фіксації і передавання інформації, що забезпечує комунікації: людини з людиною, людини з машиною і машини з машиною; по-друге, формування «хмари», тобто глобальної системи пам'яті, яка починає все більше виконувати функції своєрідного керівного центру; по-третє, застосування штучного інтелекту і «розумних» кіберфізичних систем («Інтернету речей»). У групі *синергетичних* факторів вирішальний вплив здійснюють: тотальна мережевізація економічних систем і суспільного життя на основі Інтернету;



формування горизонтальних виробничо-споживчих структур; виникнення міжконтинентальних віртуальних підприємств.

Про те, що фазовий перехід уже розпочався, переконливо свідчать численні факти. Наведемо лише деякі з них.

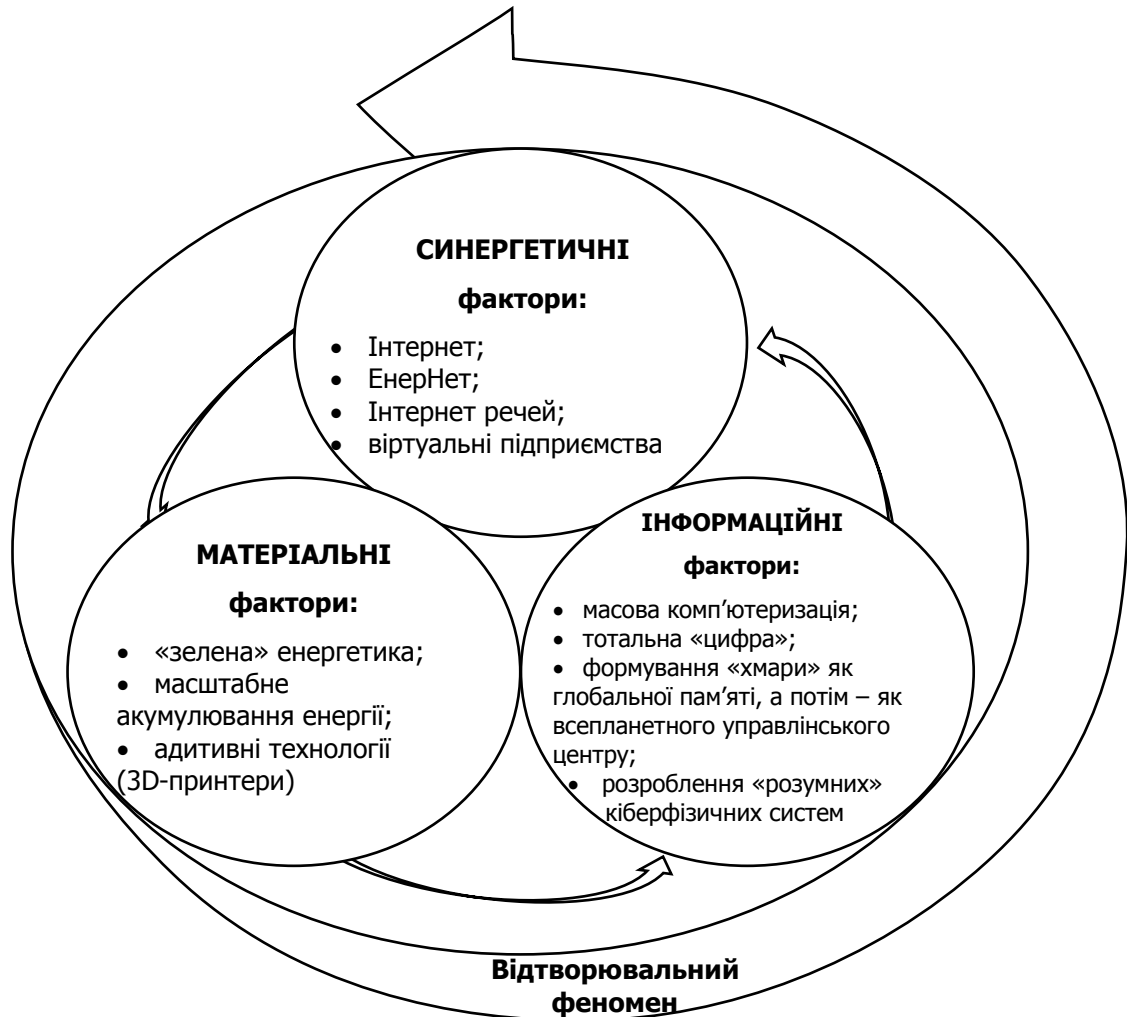


Рисунок 1.1 – Формування передумов і відповідних проривних технологій для реалізації сучасного фазового переходу (складено автором)

До кінця 80-х років ХХ ст. лише близько 1 % світової інформації фіксувалося і зберігалось в цифровий (digital) формі. У 2007 році частка цифрової інформації досягла вже 94 %, а в 2014 р. стала переважною – 99 % (Digital Revolution, 2019). У 1990 році послугами Інтернету користувалося лише 0,05 % жителів Землі. У 2016 році це число перевищило половину жителів планети (Digital Revolution, 2019).

На початку 2000-х років частка альтернативної енергії в світі становила кілька відсотків. На початку 2020-х років у світі частка енергії, виробленої з відновлюваних джерел, наблизилася до 30% (Hill, 2016). А в деяких країнах і окремих регіонах (Данія, Німеччина, Португалія, Шотландія, Чилі, Швеція) в різні періоди часу ця частка вже перевищувала 100% (Турлікьян, 2016; Федосенко, 2016; Bolton, 2016; Coren, 2016; Denmark, 2015; Johnston, 2016; Scotland, 2016).

Зважаючи на закономірний характер виникнення ФП в соціально-економічних системах, необхідно зазначити і те, що в кожній із них існує своя специфіка. Основним відмітним моментом є провідна роль людини в розвитку систем і виникненні передумов до фазових переходів.

#### **1.4 Розвиток синергетичних основ економіки в ході сучасних промислових революцій**

Фактично кордон ХХ і ХХІ століття і слід вважати часом початку Т.п.р. Саме в цей період повною мірою з'єдналися в єдине ціле – *Всесвітню павутину* (www – World Wide Web) – три головні винаходи людства, які формують ключові інструменти всепланетної пам'яті: *персональний комп'ютер, Інтернет та цифрові технології*. Вони і забезпечили колосальну швидкість (швидкодію) реалізації на глобальному рівні трьох ключових функцій пам'яті, а саме: *фіксації, зберігання та відтворення* інформації в будь-яких її формах (друкованих, аудіо-, відео-). Це і послужило в кінцевому підсумку причиною вибухового лавиноподібного прогресу суспільних відносин і технологій, у т.ч. через трансфер останніх, оскільки швидкість розвитку будь-яких систем (зокрема, соціально-економічних) обумовлена саме характеристиками швидкодії їх пам'яті.

**Мережизація виробництва.** У сучасних умовах реальністю стає створення «розумних» (smart) керуючих систем, які не тільки беруть на себе функцію оптимізації в просторі і часі виробничих процесів, а й служать інтегруючим началом, що об'єднує діяльність багатьох (найчастіше, сотень,

тисяч або, як у випадку з енергетичною системою *ЕнерНет*, – мільйонів) господарських ланок. Зокрема, «розумні» Інтернет-системи успішно вирішують проблеми логістики виробничих підприємств, включаючи завдання пошуку оптимальних постачальників ресурсів, оптимізації маршрутів їх доставки тощо.

**Примітка:** Подібні системи вже доступні користувачам у багатьох країнах, включаючи Україну. Наприклад, існуюча система управління транспортними перевезеннями (Google-transport) здатна не тільки розрахувати найбільш ефективний маршрут доставки вантажів до певного пункту проходження, а й підібрати вантаж на зворотний шлях – щоб не повертатися «порожняком».

Як уже зазначалося, сьогодні створюються керуючі мережі різних рівнів: «розумний» завод, «розумний» будинок, «розумне» місто, «розумна» транспортна магістраль. Але всі вони формуються і функціонують на основі постійного зв'язку з Інтернетом.

**ЕнерНет (EnerNet).** Сама специфіка «зеленої» економіки і «зеленої» енергетики, яка функціонує в її рамках, потребує докорінної трансформації синергетичної (комунікаційної) основи. Більш того, можна впевнено стверджувати, що без подібних перетворень ані «зелена» економіка, ані, тим більше, «зелена» енергетика реалізуватися не зможуть. Основні аргументи зводяться до такого.

Рівень інформаційної складності завдань, що вирішуються при створенні ЕнерНет, незрівнянно вище складності завдань, які існували при функціонуванні колись в об'єднаних енергосистемах. Якщо колишні енергосистеми повинні були головним чином займатися перерозподілом енергії, то комплекс завдань енергосистем нового покоління значно ширше і складніше за змістом. Вони повинні будуть забезпечити збір (купівлю) електроенергії від мільйонів економічних суб'єктів, що використовують сотні мільйонів різних генераторів різних видів і типів, її кондиціонування (доведення до стандартних параметрів), передачу, зберігання,

*перетворення і використання енергії в найбільш ефективних режимах, а також забезпечення стійкості енергосистем. Крім того, вирішуються найскладніші економічні завдання купівлі і продажу енергії з її багатофакторною тарифікацією.*

***Віртуальні підприємства.*** Формування віртуальних підприємств дозволяє реалізувати принцип концентрації в часі процесів, деконцентрованих у просторі. Завдяки створенню виробничих мереж, підприємства, що знаходяться в різних просторових умовах – у тому числі в різних куточках земної кулі – можуть інтегрувати свою діяльність в єдині виробничі цикли.

### ***Подробиці***

Подібні приклади демонструють багато відомих компаній світу, зокрема, транснаціональні корпорації «Боїнг» та «Аеробус». Ще один приклад – компанія CISCO-system, яка контролює виробництво близько половини комп'ютерного обладнання в світі. У діяльності компанії беруть участь 38 найбільших світових підприємств у різних країнах. Але тільки два підприємства належать безпосередньо зазначеній компанії (Возможна, 2015).

Сьогодні на світовому ринку можна вибрати собі в партнери будь-яке підприємство, яке вам комплементарне (тобто доповнює ваші можливості) з будь-якого сегмента своєї діяльності. Це підприємство буде самостійно забезпечувати свою логістику, кадрову і технічну політику, а також вирішувати всі виробничі і маркетингові питання з всіх інших сегментів своєї діяльності.

***Горизонтально розподілені мережі.*** Однією з особливостей сучасного розвитку продуктивних сил є формування горизонтальних зв'язків, що з'єднують безпосередньо (тобто без посередницьких структур) виробників і споживачів виробів та послуг. Цьому сприяє ряд передумов: по-перше, перенесення «центру ваги» з матеріальних на інформаційні засоби виробництва (програми, алгоритми, бази даних) й усупільнення останніх; по-друге, деконцентрація джерел енергії, при якій з'являються мільйони власників недорогих одиничних потужностей; по-третє, поява дешевих

виробничих засобів у вигляді 3D-принтерів, доступних більшості членів суспільства. В остаточному підсумку ми стаємо свідками формування нового типу економічних відносин. У результаті закладаються основи *солідарної економіки*, при якій виробники і (що важливо) вони ж в більшості – власники засобів виробництва – об'єднуються в єдиний виробничо-споживчий ланцюжок, де отримують можливість активно впливати на процеси управління виробництвом і розподілом доходів.

**«Хмарні» технології (Cloud technologies).** Такий вид технологій дозволяє використовувати мережі для реалізації різних виробничих процесів, пов'язаних з обробкою інформації, за межами потужностей конкретного підприємства (у тому числі конкретного комп'ютера або ІТ-системи).

### **Подробиці**

Подібним чином можуть виконуватися операції: обробки і зберігання інформації (включаючи електронні листи), пошуку, систематизації та актуалізації (тобто оновлення) даних, реалізації обчислень, використання комп'ютерних програм, баз даних, систем безпеки, інтеграційних пакетів тощо (Облачные, 2016).

Усі ці функції виконуються на віддаленому від користувача сервері через Інтернет, начебто у своєрідній «хмарі» (звідси і назва технологій). Але фактично кожен окремий житель Землі починає користуватися послугами всепланетної системи пам'яті. Це колосально підвищує ефективність економічних процесів, багаторазово прискорює процеси накопичення, фіксації (закріплення) і відтворення інформації, що закладає передумови для безпрецедентного збільшення темпів розвитку людської цивілізації.

## 2 РОЗРОБКА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ ВІДТВОРЕННЯ В УМОВАХ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДУ

### 2.1 Концептуальні завдання відтворення економічних систем

Ключовим завданням процесів відтворення в умовах фазового переходу є формування динамічних основ сестейнової економіки, яка умовно може бути названою «зеленою».

Успіх в управлінні процесами формування «зеленої» економіки залежить від того, наскільки людина навчиться ефективно трансформувати свої економічні системи в напрямку їх постійного вдосконалення і зниження природоємності виробництва умовного продукту, необхідного для життєзабезпечення однієї людини. Далі цей процес трансформації економіки в інтересах сестейнового розвитку ми будемо називати *сестейнізацією*.

*Сестейнізація* – це процес формування цілісної системи, яка б обумовлювала постійне відтворення процесів трансформації економічної системи з метою сестейнового розвитку основних виробничих факторів (зокрема матеріальної основи, технічних засобів та людей), а також методів управління ними.

Доцільно підкреслити глибинний зміст терміна «сестейнізація». Процеси переходу до *сестейнового розвитку* значно ширші, власне, екологічного вдосконалення, що розуміють як зниження технократичного навантаження на природні системи. Вони охоплюють широкий спектр явищ зміни якості соціально-економічних систем, включаючи їх гуманізацію, дематеріалізацію, етизацію та ін. Усі вони і повинні включатися в згадані трансформаційні процеси.

В англійській мові використовується широкий спектр близьких за змістом термінів: «greening» («зеленення»), «sustainable transforming» «sustainable sound transforming». Усі вони можуть бути адекватно виражені україномовним терміном *сестейнізація*.

У зв'язку із зазначеним доречно прокоментувати застосовану термінологію англomовного поняття «sustainable»; воно означає: те, що має відношення до сестейнового розвитку. Це важливо для адекватного перекладу значної кількості відповідних термінів (особливо з урахуванням тієї україномовної термінології, яка використовується наразі). Зокрема, не будемо ж ми перекладати сполучення «sustainable transport» або «sustainable goods» як «стійкий транспорт» та «стійкі товари» (адже це означатиме насамперед те, що ці речі не перекидаються – а вони і не повинні бути іншими за рідкими винятками). Не виникає сумнівів, що більш вдалим для використання є термін, утворений як калька з англomовного терміна «sustainable», а саме: «сестейновий» (напр., транспорт, стиль життя, ін.), «сестейнове» (напр., поселення), або «сестейнові» (товари). Термін незвичний, проте точний, що однозначно передає значення оригіналу.

Ланцюжок послідовних процесів руйнування природи, накопичуючись, веде до споживача. Споживач є єдиною ланкою у виробничо-споживчому циклі, на виході якого існують лише відходи. Дуже важко точно дати інтегральну оцінку екодеструктивним процесам усього ланцюжка виробництва і споживання продукції.

## **2.2 Складові відтворювального механізму**

Процес екологізації виробництва повинен становити собою систему (рис. 2.1), що постійно відтворює основні взаємозв'язані і взаємообумовлені системні елементи. До основних компонентів відтворювального механізму екологізації народногосподарського комплексу можуть бути віднесені:

- відтворення екологічного попиту;
- відтворення екологічно орієнтованої виробничої основи;
- відтворення екологічно орієнтованих людських факторів;
- відтворення мотивів екологізації.

Зазначений відтворювальний механізм може реалізовуватися лише під впливом постійної дії організаційних, економічних та соціальних інструментів (важелів), які сприятимуть екологічно спрямованій трансформації складових економічної системи та процесів, що в ній відбуваються. Зупинимося детальніше на компонентах зазначеної системи.

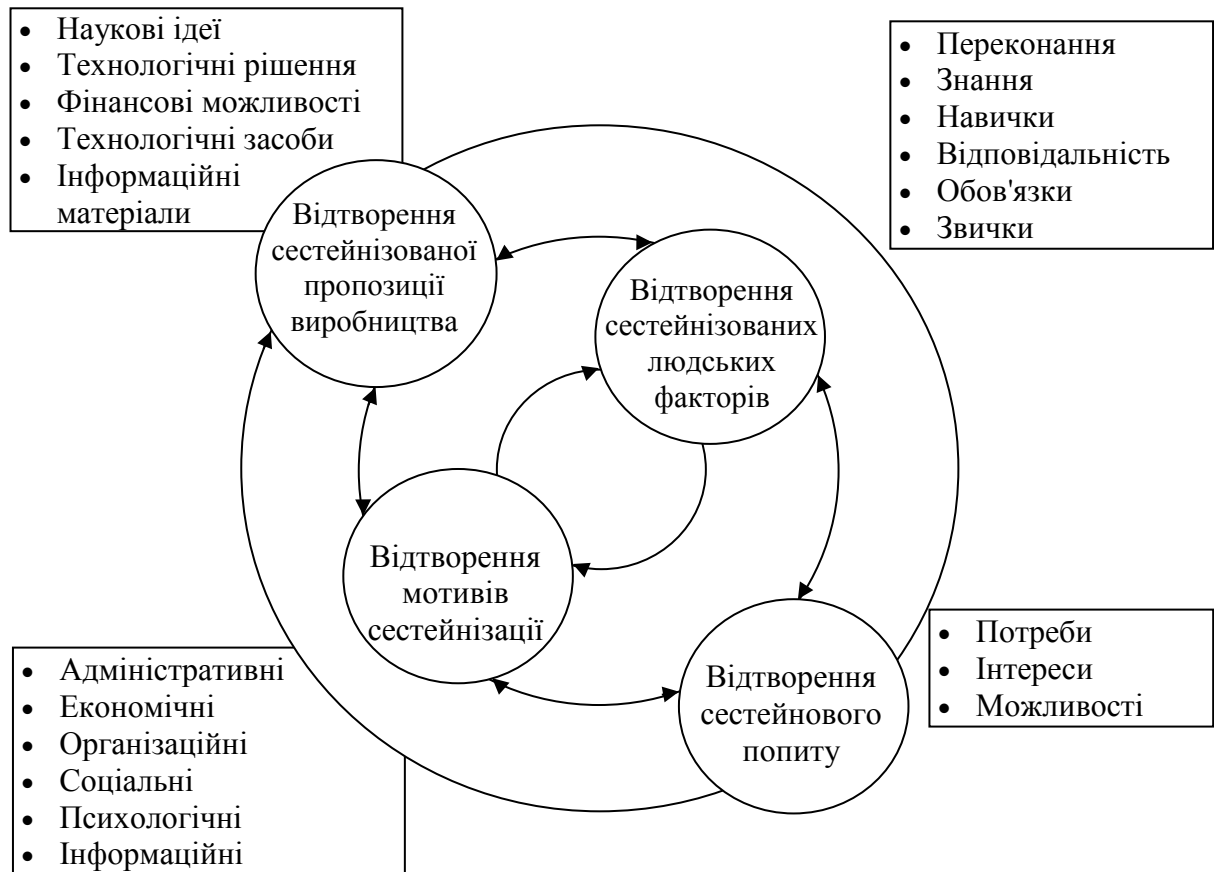


Рисунок 2.1 – Схема відтворювального механізму сестейнізації економіки

Управління процесами сестейнізації економіки передбачає формування основних компонентів керованої системи, тобто тих об'єктів або суб'єктів економічної системи, на які спрямовано управлінський вплив, а також мотиваційних механізмів, за допомогою яких воно здійснюється.

У кожному конкретному випадку механізм реалізації завдань сестейнізації передбачає формування чотирьох взаємозв'язаних компонентів системи, які, умовно кажучи, утворюють «квадрат» управлінського механізму, зокрема, екологізації (див. рис. 2.2): цільових установок; об'єктів екологізації;



суб'єктів екологізації; інструментів екологізації (переходу до сестейнового розвитку).

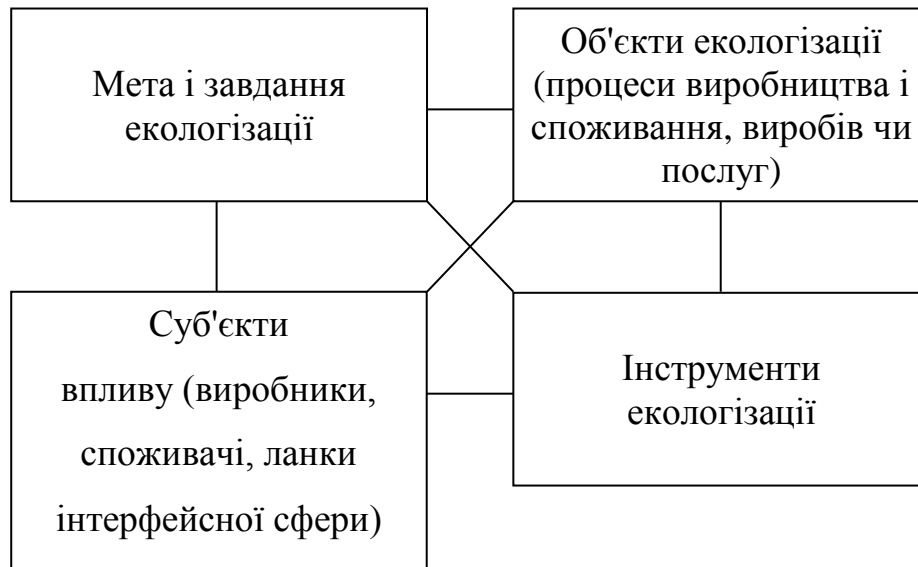


Рисунок 2.2 – Схема механізму реалізації завдань сестейнізації

Мета екологізації може бути сформульована як усунення або зниження дії одного або кількох екодеструктивних факторів. Це може бути: запобігання потрапляння в компоненти навколишнього природного середовища або продуктові ланцюги тієї чи іншої шкідливої речовини, зменшення процесів, що призводять до порушення ландшафтів, ін.

Конкретизація цілей сестейнізації дозволяє сформулювати окремі завдання трансформації народногосподарського комплексу, до яких можуть бути віднесені:

- реструктуризація економіки, галузей та регіонів;
- перепрофілювання підприємств;
- усунення (зниження) потреби в екологічно несприятливих видах продукції або послуг;
- заміна екологічно несприятливих технологічних процесів на їх більш досконалі аналоги;

- зниження ресурсоємності продукції.

### 2.3 Напрями сестейнізації

Аналіз найбільш гострих вузлів екодеструктивного впливу у виробничо-споживчому циклі дозволяє сформулювати основні напрямки формування завдань екологізації, що є складовою загального процесу сестейнізації національної економіки (рис. 2.3) (Oosterhuis et al, 1996).



Рисунок 2.3 – Схема концептуальних напрямів формування завдань сестейнізації

### 2.4 Об'єкти сестейнізації

Під об'єктами сестейнізації розуміються компоненти економічної системи (вироби, послуги), виробництво або споживання яких пов'язане з факторами екодеструктивного впливу і які можливо (необхідно) трансформувати для досягнення цілей екологізації. У свою чергу, під факторами екодеструктивного впливу необхідно розуміти процеси виробництва і споживання продукції або самі продукти (вироби, послуги, виконувана робота), застосування (використання) яких створює причини порушення природного середовища.

## 2.5 Стратегії сестейнізації

На основі відібраних напрямків можуть бути запропоновані три базові і три проміжні стратегії для визначення об'єктів екологізації (рис. 2.4).

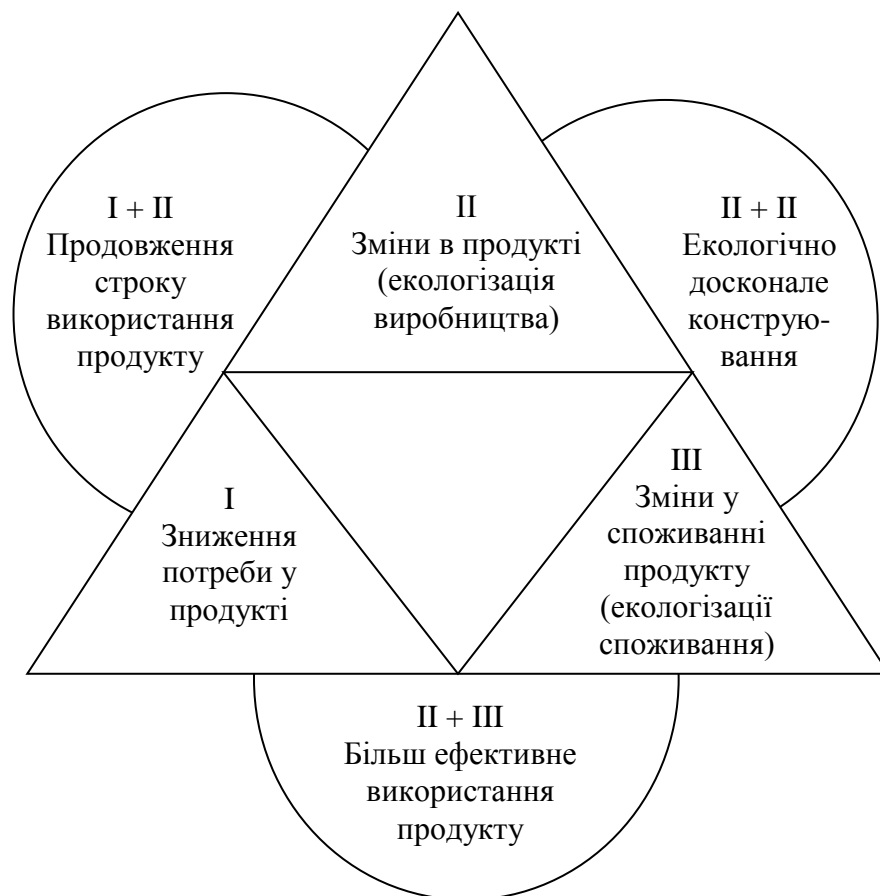


Рисунок 2.4 – Інноваційні стратегії впливу на об'єкти сестейнізації

*Стратегії впливу на сфери господарювання.* Як відомо, в ринкових умовах механізми регулювання економічних відносин між господарськими суб'єктами реалізуються через взаємодію попиту та пропозиції. Вплив на ці дві компоненти ринку і сферу, яка б пов'язала їх, є вихідною передумовою формування ключових стратегічних схем управління процесами екологізації. У літературі з проблем екологізації (Oosterhuis et al, 1996) називаються, як правило, три ключові стратегії впливу на економічних суб'єктів з метою реалізації екологізації (сестейнізації) економіки: *вплив на пропозицію (виробництво); вплив на попит (споживання); вплив на інтерфейсну сферу*, тобто взаємозв'язки між виробниками і споживачами. Схематично це показано на рис. 2.5.

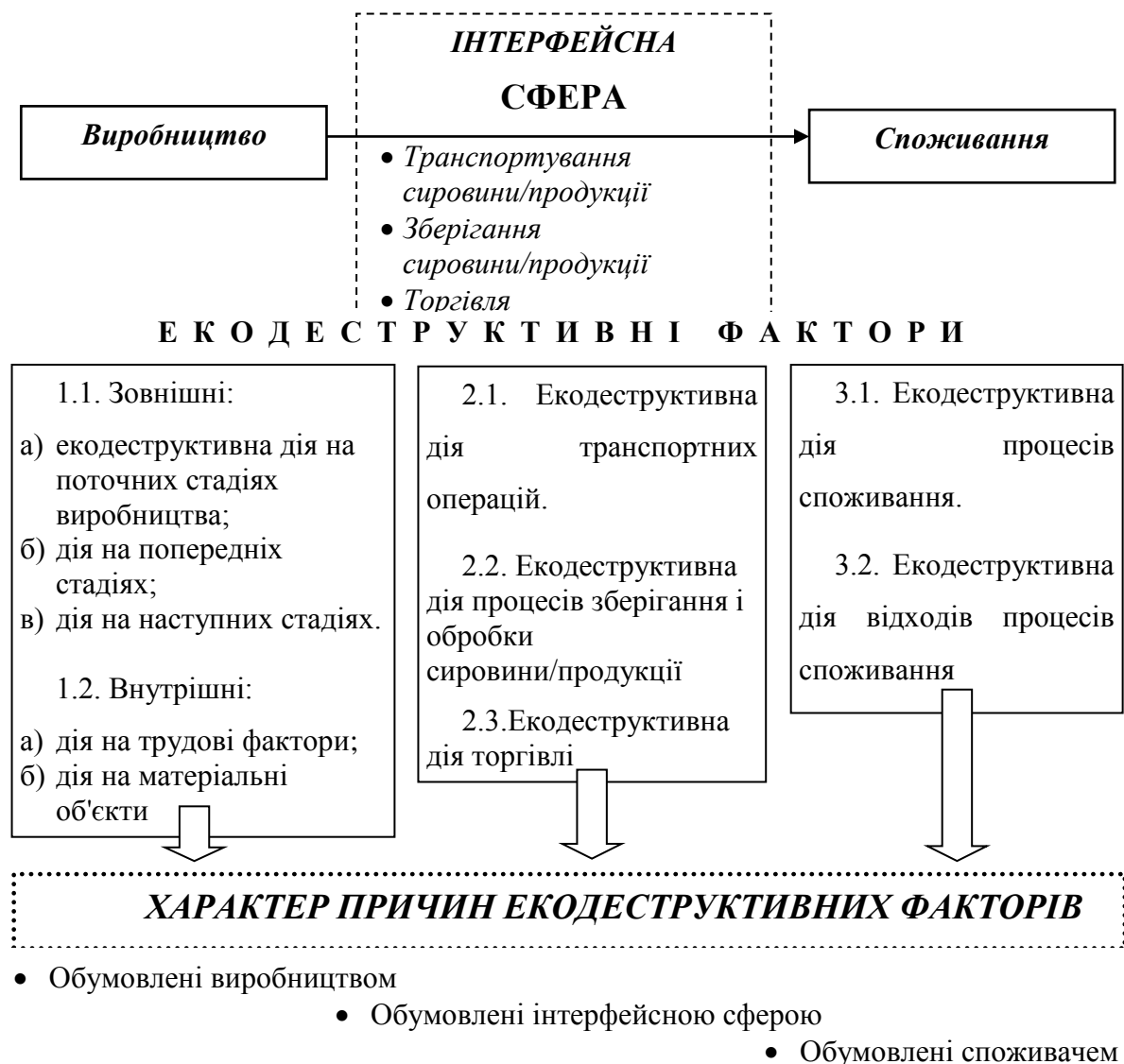


Рисунок 2.5 – Схема реалізації стратегій впливу на сфери діяльності з метою сестейнізації економіки

Як бачимо, явище сестейнізації господарської системи має ряд відмінних ознак. По-перше, воно дуже динамічне і в разі успішної реалізації повинне представляти собою не разову міру і навіть не комплекс заходів, а постійний процес відтворення трансформацій економіки. По-друге, ці зміни повинні стосуватися не окремих ланок, а цілісної системи господарського механізму. По-третє, рушійною силою згаданих процесів повинні бути не тільки стимулювальні сигнали, що надходять з верхніх ешелонів влади, а й мотиваційні імпульси сестейнового самовдосконалення, внутрішньо властиві економічним суб'єктам різних управлінських рівнів.

### 3 ФОРМУВАННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНОГО МЕХАНІЗМУ ТА ІНСТРУМЕНТАРІЮ ФУНКЦІОНУВАННЯ АДИТИВНОЇ ЕКОНОМІКИ

#### 3.1 Теоретико-методологічні основи трансформаційно-стабілізаційних механізмів соціально-економічних систем

Одним із основних законів природи, в рамках якого відбувається розвиток будь-якої відкритої стаціонарної системи, є *закон збереження енергії*. В одному з класичних визначень він викладений так: *при всіх макроскопічних процесах енергія не створюється і не зникає, а лише переходить із однієї форми в іншу* (Реймерс, 1994).

Для цілей аналізу енергетичного стану системи *закон збереження енергії* може бути сформульований наступним чином: будь-яка матеріальна система може функціонувати та розвиватися лише в рамках споживання тієї вільної енергії ( $E_e$ ), якою вона володіє (накопиченою чи залученою ззовні); при цьому енергія витрачається: на зміну внутрішньої енергії системи ( $\Delta U$ ), на розсіювання (дисипацію) енергії в зовнішнє середовище ( $E_d$ ) і на здійснення роботи ( $W$ ):

$$E_e = \Delta U + E_d + W. \quad (3.1)$$

Слід зазначити, що цей закон та відповідна йому формула енергетичного балансу (3.1) повною мірою відображають також квазіенергетичну діяльність економічних систем. Тільки місце енергії у квазіенергетичному балансі займає аналог енергії – капітал. Тоді цю формулу можна прочитати наступним чином: засоби, що надходять у систему, витрачаються за такими напрямками: на зміну внутрішнього капіталу системи (капіталізацію) ( $\Delta U$ ); дисипативні (тобто ті, що не приносять вигоди) витрати ( $E_d$ ), пов'язані з виникненням збитків, податковими та корупційними платежами, ін.; здійснення корисної роботи ( $W$ ), пов'язаної з виробництвом та реалізацією продукції.

Корисна робота ( $W$ ), яку здійснює система, реалізується за такими напрямками:

- здійснення функції *метаболізму* (переміщення потоків речовини, енергії та інформації), кінцевою метою чого є вилучення із зовнішнього середовища *вільної енергії* ( $E_e$ ) (умовно – *метаболічна* складова);
- *підтримання рівня гомеостазу* (здійснення механізмів негативного зворотного зв'язку), без чого неможлива реалізація функції метаболізму (*гомеостазна* складова);
- *трансформація рівня гомеостазу* (здійснення механізмів позитивного зворотного зв'язку) (*трансформаційна* складова).

Для виконання роботи з перерахованих напрямків система змушена витратити енергію. Це веде до того, що в балансі системи з'являється відповідно три енергетичні (квазіенергетичні) компоненти –  $E_m$ ,  $E_z$  та  $E_t$ .

Таким чином, в остаточному вигляді формулу енергетичного (квазіенергетичного) балансу відкритої стаціонарної системи можна виразити так:

$$E_e = \Delta U + E_d + E_m + E_z + E_t, \quad (3.2)$$

де  $\Delta U$  – зміна внутрішньої енергії системи.

Чи може система витратити енергії більше чи менше тієї кількості, яку вона отримує за рахунок процесів метаболізму із зовнішнього середовища? Ці дві ситуації можуть бути виражені нерівностями:

$$1) E_e < E_d + E_m + E_z + E_t; \quad (3.3)$$

$$2) E_e > E_d + E_m + E_z + E_t. \quad (3.4)$$

Подібні ситуації можливі і часто відбуваються у житті на будь-яких рівнях її прояву. Демпферним (компенсаційним) моментом в обох випадках є зміна внутрішньої енергії системи ( $\Delta U$ ).

Для перебудови системи (трансформації гомеостазу) включається механізм позитивного зворотного зв'язку. Його реалізація здійснюється за рахунок трансформаційної складової  $E_m$ .

Зміна кількості внутрішньої *вільної енергії* у системі ( $\Delta U$ ) є своєрідним індикатором енергетичного стану системи та характеризує передумови зміни рівня її гомеостазу. При цьому можна виокремити три важливі ситуації.

1.  $\Delta U = 0$ : система функціонує у стабільному режимі, при якому надходження вільної енергії до системи повністю витрачається на підтримку порядку в системі (*запобігання наростанню ентропії*).

2.  $\Delta U > 0$  (зміна внутрішньої енергії має позитивне значення): в системі починає накопичуватися надлишок вільної енергії; він може бути реалізований при трансформації рівня гомеостазу у напрямі його підвищення (*прогресивна трансформація системи*).

3.  $\Delta U < 0$  (негативне значення): система починає використовувати внутрішні резерви (тобто функціонувати за рахунок саморуйнування); усунути таку ситуацію система може лише знизивши рівень гомеостазу; при цьому знизяться й енергетичні потреби системи (*регресивна трансформація системи*).

Відповідно в соціально-економічних системах діють подібні механізми негативного та позитивного зворотного зв'язку. Проаналізуємо тепер зміст складових базового рівняння енергетичного балансу системи.

Перша складова, що характеризує *обсяг виробленої вільної енергії за одиницю часу* ( $E_e$ ), відображає своєрідну потужність системи. Для різних видів структур приблизне уявлення про цей життєво важливий показник якоюсь мірою дають оцінки, що характеризують їх продуктивність. Для живих організмів – це кількість генерованої життєвої енергії; для екосистеми – її несуча здатність (carrying capacity) або загальна кількість енергії, що



надходить у трофічний (харчовий) ланцюг; для фірми – дохід, чи виторг підприємства; для національної економіки країни – валовий внутрішній продукт (ВВП).

### **3.2 Біфуркаційні (трансформаційні) та адаптаційні (стабілізаційні) механізми соціально-економічних систем**

Зовнішні умови функціонування системи, що постійно змінюються, вимагають наявності у неї ефективних механізмів управління своїм станом. Адаптуватися під умови середовища середовища система повинна, змінюючи параметри своїх внутрішньосистемних елементів (підсистем) і перебудовуючи по ходу зв'язку між ними. Цю проблему природа вирішила з властивою їй геніальністю, створивши механізми зворотнього зв'язку (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Зміст механізмів зворотнього зв'язку для підприємства у відповідь на зменшення попиту його продукцію та зниження обсягів її продажів

Вид (напрямок) механізму зворотнього зв'язку	Зміст дії	Вид витрат вільної енергії (кваліенергії)
Негативний	Дії, спрямовані на збереження обсягу реалізації продукції через: а) додатковий маркетинг та рекламу; б) підвищення якості продукції та збереження обсягу продажів за збереження цінового рівня або вимушене зменшення обсягу продажів при підвищенні ціни продукції; в) зменшення ціни реалізованої продукції з перспективами збільшення обсягу продажів та збереження загального обсягу реалізації	а) додаткові витрати на маркетинг та рекламу; б) збільшення собівартості продукції, що, як правило, веде до зменшення обсягу отриманого прибутку;  в) зменшення обсягу прибутку, який можна отримати від реалізації продукції
Позитивний	Відмова від продукції, що випускалася раніше, і перехід до	Витрати на модернізацію виробництва, втрачена вигода від зупинки

	випуску та реалізації нової продукції	виробництва і не реалізації продукції, що випускалася раніше
--	---------------------------------------	--

Ціною дії механізмів зворотнього зв'язку є *витрати вільної енергії (квазіенергії)* системи. У разі реалізації механізмів *негативного* зворотного зв'язку енергія витрачається (або недоотримується), щоб підтримати стан системи на незмінному рівні. У випадку *позитивного* зворотного зв'язку система змушена нести додаткові витрати на трансформацію (перебудову) свого стану (у цьому можна переконатися, ознайомившись із змістом табл. 3.1).

Обидві групи механізмів зворотного зв'язку – негативних та позитивних – забезпечують стійкість системи.

Механізм *негативного зворотного зв'язку* забезпечує підтримку *існуючого гомеостазу*.

Механізми *негативного зворотного зв'язку* діють у природі (згадаємо хоча б регулювання відносин у системах типу «хижак-жертва») та в суспільстві (підтримка ринкової рівноваги «попит-пропозиція»). На використанні цього механізму засновано більшість регулюючих приладів у техніці. Дія негативного зворотного зв'язку науково узагальнена фізиками Ле Шательє (1884) та К. Брауном (1887) на прикладі знов-таки термодинамічних систем. Принцип Ле Шательє-Брауна у сучасному викладі означає, що *стаціонарна система, виведена зовнішнім впливом зі стану з мінімальним виробництвом ентропії, стимулює розвиток процесів, спрямованих на ослаблення зовнішнього впливу* (Физический, 1995).

Можна виділити кілька видів та напрямів дії механізмів негативного зворотного зв'язку.

За видом компенсаційної реакції системи умовно можна виділити два види механізмів: *що підвищують (інтенсифікаційні)* та *знижують (що демпферують)*.

*Підвищувальні* механізми пов'язані з необхідністю діяльності системи, спрямованої «підвищення» певних параметрів гомеостазу при зниженні

відповідних параметрів довкілля. У цьому випадку діяльність системи найчастіше пов'язана з додатковою активністю (інтенсифікацією).

*Знижувальні* механізми спрямовані на зниження певних властивостей системи через відповідне підвищення значень параметрів зовнішнього середовища.

Наприклад, у разі зниження температури середовища організм за рахунок інтенсифікації кровообігу змушений стабілізувати температуру «розігрівом». Дещо схоже відбувається при зниженні попиту на продукцію підприємства. За рахунок додаткової активності (реклама, акції) підприємство намагається його стимулювати («розігріти»). І навпаки, у разі підвищення температури середовища організм «скидає» додаткове тепло завдяки підвищеному потовиділенню, а економічні системи починають «пригальмовувати» свою активність, знижуючи темпи розвитку.

В економічній науці існує спеціальний термін «*перегрів економіки*». Він означає надмірне фінансування економічного зростання, «перекредитування», надмірне вкладення державних коштів в економіку, що загрожує надмірним дефіцитом державного бюджету та інфляцією (Райзберг та ін., 2010). При такому стані мікроекономічної системи включаються механізми негативного зворотного зв'язку, покликані здійснити стримування «розкручування» економічних процесів («зв'язування» частини грошової маси, підвищення «цін» (ставок) на кошти та кредити тощо).

Безумовно, обидва види механізмів пов'язані із витратами енергії. За *напрямом дії* механізми, що розглядаються, умовно можна об'єднати в дві групи: *ендогенну* та *екзогенну*. *Ендогенна* група механізмів має внутрішньосистемну спрямованість і пов'язана із зміною у самій системі. *Екзогенна* група спрямована на зміну параметрів зовнішнього середовища. Це може бути пов'язано з кондиціонуванням умов середовища, обробкою (фільтрацією) вхідних та вихідних метаболічних потоків,

кооперуванням з іншими системами, міграцією даної системи у просторі та часі.

Стаціонарна система здатна підтримувати стан динамічної рівноваги тільки за рахунок використання одержуваної нею ж вільної енергії. Однак, що станеться, якщо динамічна рівновага все ж таки буде незворотно порушена, тобто параметри системи вийдуть за межі «точки неповернення» до рівня гомеостазу, що існував? Причин може бути дві:

- а) зміни у самій системі (система слабшає/стає сильнішою);
- б) зміни в зовнішньому середовищі (вона стає менш сприятливою/більш сприятливою для підтримки гомеостазу).

Для самої системи ці чинники важко помітні, оскільки ведуть до однакового наслідку, який можна формалізувати як «невідповідність ресурсів системи умовам середовища». Іншими словами, система не може підтримувати стан динамічної рівноваги (гомеостазу) за існуючих умов середовища. При цьому можуть виникнути дві різні ситуації.

1. *Вільної енергії виявляється недостатньо*, щоб «погасити» вплив зовнішнього середовища (середовище «сприймається» системою як «надмірно жорстке»).

2. *У системі накопичується надлишок енергії*, яку вона «не встигає» витратити на свої потреби або розсіювати у зовнішнє середовище (середовище «сприймається» як «надто сприятливе»).

У випадку дії механізму *позитивного зворотнього зв'язку* система перебудовує свою організаційну структуру, змінюючи при цьому й рівень гомеостазу.

За *видами зміни* рівня гомеостазу трансформації систем умовно можна класифікувати на три групи:

- 1) ті, що підвищують рівень гомеостазу;
- 2) ті, що знижують рівень гомеостазу;
- 3) ті, що імітують зміну рівня гомеостазу.

Останні пов'язані не стільки з реальною зміною реального рівня гомеостазу, як із забезпеченням зовнішніх його проявів. Зазвичай це пов'язано з реалізацією будь-яких захисних функцій системи.

**По характеру оборотності** происходящих изменений трансформации гомеостаза можно дифференцировать на две группы: *обратимые* и *необратимые*.

**За характером оборотності** змін, що відбуваються, трансформації гомеостазу можна диференціювати на дві групи: *зворотні* і *незворотні*.

*Зворотні* трансформації передбачають можливість повернення до колишнього рівня гомеостазу без якісних змін у системі.

Подібним чином багато тварин, впадаючи в сплячку і істотно знижуючи параметри гомеостазу взимку, спокійно повертаються до колишнього рівня метаболізму навесні.

В економіці подібну стратегію тимчасової зворотної зміни гомеостазу практикують багато секторів економіки та підприємства, пов'язані із сезонними видами робіт.

*Незворотні* трансформації пов'язані з неможливістю повернутися до колишнього якісного стану системи, коли навіть теоретично виключається можливість повернення до колишнього рівня гомеостазу. Так, трансформації гусениці в лялечку, а потім лялечки в метелика є незворотними.

В економіці подібні трансформації пов'язані з реструктуризацією підприємств та галузей. Повернення до старого стану виявляється вже не можливе через втрату багатьох зв'язків, що існували як усередині самої системи, так і поза нею.

**За характером післятрансформаційних змін** системи трансформаційні механізми можна диференціювати на дві групи:

(1) механізми, що *не змінюють* характерних ознак системи (*адаптаційні* механізми);

(2) механізми, що *змінюють* характерні ознаки системи, після чого колишня система припиняє існувати, перетворюючись на свою наступницю (або наступників) за допомогою *біфуркаційних* механізмів.

Позитивні зворотні зв'язки мають властивість *самопосилення*. Чим сильніше вони діють, тим більший імпульс з боку системи отримують до підсилення.

**Контроль позитивного зворотного зв'язку.** Контрольовані *позитивні зворотні зв'язки* (тобто врівноважені механізмами *негативного* зворотного зв'язку) є джерелами розвитку (зростання). Неконтрольовані позитивні зворотні зв'язки можуть послужити як імпульс, що ініціює вибух, руйнування, колапс системи. Ось чому спостерігати подібні явища доводиться не так часто. Зазвичай рано чи пізно система змушена «вмикати» механізми негативного зворотного зв'язку.

Більш *доцільним* для системи є зниження інтенсивності використання механізмів позитивного зворотного зв'язку. Це означає, зокрема, уповільнення темпів зростання системи і зазвичай є для неї більш сприятливим, ніж спроби за рахунок посилення негативних зворотних зв'язків стримувати одночасно неконтрольовані механізми позитивних зворотних зв'язків, що реалізуються. Іншими словами, краще свідомо знижувати стимулюючий вплив позитивного зворотного зв'язку, ніж паралельно використовувати механізми негативного зворотного зв'язку для «гасіння» можливого наростання негативних наслідків. Якщо проводити паралель з керуванням автомобіля: перед перешкодою краще заздалегідь прибрати ногу з педалі газу, ніж одночасно натискати і на неї, і на педаль гальма.

Поряд з *інформаційним аспектом* цієї проблеми велику роль відіграє і *енергетичний (квазіенергетичний)* аспект. Одночасне нескоординоване застосування механізмів *позитивного* і *негативного* зворотного зв'язку не лише значно ускладнює інформаційний алгоритм управління системою, а й істотно знижує ефективність функціонування системи. Адже обидва згадані види зворотного зв'язку потребують витрат енергії (коштів). Такі витрати

істотно збільшуватимуться, якщо *неконтрольована* дія механізмів позитивного зворотного зв'язку відтворюватиме необхідність паралельного застосування механізмів негативного зворотного зв'язку, що також потребують витрат енергії.

*Контрольоване* використання механізмів позитивного зворотний зв'язок зазвичай щедро винагороджує тих, хто вмів цим користуватися. Формами такої нагороди бувають: економічні успіхи, визнання суспільства, впевненість у власних силах. Все це стимулює повторення успіху вже у більшому масштабі. В економічній літературі це отримало назву «петлі: від успіху до успішності».

Фактично основним засобом забезпечення сталості системи є підтримка її динамічного рівноважного стану. При цьому система може перебувати в одному із двох можливих її режимів:

- а) *підтримки стану стаціонарності* (певного рівня гомеостазу);
- б) *зміни даного стаціонарного стану* та переходу на новий стаціонарний рівень (новий рівень гомеостазу).

Останній режим функціонування системи пов'язаний із суттєвою перебудовою метаболічних потоків у системі та зміною характеру її внутрішніх та зовнішніх зв'язків. Подібні зміни у системі забезпечуються відповідними трансформаційними механізмами.

Під *трансформаційним механізмом* відкритих стаціонарних систем слід розуміти сукупність логічних зв'язків та процедур, що забезпечують *зміну стану* системи (рівня гомеостазу), включаючи сукупність її внутрішніх та зовнішніх зв'язків.

**Класи трансформаційних механізмів.** Академік Н. Н. Моїсєєв (Моисеев, 1990) виділив два основні класи трансформаційних механізмів: які умовно можуть бути названі *адаптаційним* та *біфуркаційним*.

Термін «біфуркаційний» походить від латинського «біфуркація», що означає «роздвоєння, розгалуження» (bis – двічі, furca – вила). Чому використовується саме цей термін, спробуємо розібратися нижче.

**Адаптаційні механізми** припускають такий характер змін у системі, що дозволяє їй пристосовуватися до впливів зовнішнього середовища без втрати своїх принципових відмінних ознак. При адаптаційному механізмі, попри всі зміни, система продовжує зберігати свою цілісність, тобто залишатися сама собою: біологічний організм – тим самим біологічним організмом, сім'я – сім'єю, фірма – фірмою, військовий підрозділ – військовим підрозділом, держава – державою.

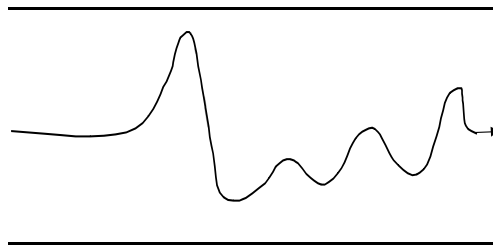
**Біфуркаційні механізми** припускають такий характер змін у системі, при якому система *втрачає її принципові відмінні ознаки, переходячи в нову якість*, хоча і зберігаючи при цьому спадковий зв'язок із колишнім станом.

При біфуркаційному механізмі система втрачає свою цілісність, придбаваючи нові якісні ознаки:

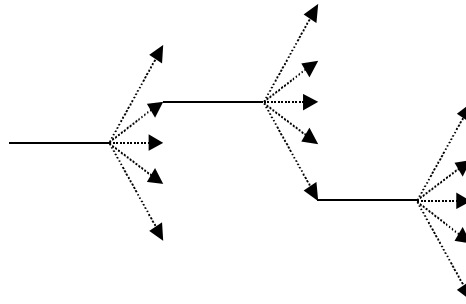
- *біологічний вид* продовжує своє існування через послідовну зміну поколінь;
- *сім'я* може роз'єднатися або з'єднатися з іншою сім'єю, зберігаючи ключові традиції колишньої сім'ї (колишніх сімей);
- *фірма* може бути реорганізована (укрупнена, розукрупнена, змінити свою назву, вид діяльності), при цьому співробітники, що залишилися, будуть носіями традицій старого підприємства;
- на території колишньої *країни* (у колишніх кордонах чи нових) може виникнути нове державне утворення (з новим політичним устроєм, новим адміністративним поділом, новим назвам), яке формально чи неформально (через своїх громадян) залишиться правонаступником чи носієм певних (етнічних, культурних, соціальних) рис колишньої структури.

Схематично шляхи реалізації *адаптаційного* та *біфуркаційного* класів механізмів показані на рис. 3.1.





а) адаптаційний механізм



б) біфуркаційний механізм

Рисунок 3.1 – Схеми реалізації адаптаційного (а) та біфуркаційного (б) класів трансформаційних механізмів

Наведені вище характеристики зазначених класів механізмів дозволяють дати порівняльний аналіз можливого впливу цих механізмів на інтенсивність еволюційних процесів.

Адаптаційні механізми мають ту відмінну властивість, що ні зовнішні, ні внутрішні обурення за допомогою цих механізмів не здатні вивести систему за межі того, за словами М. М. Моїсеєва, «оглядового каналу еволюції», того коридору, який заготовила природа для розвитку даної системи. Кордони цього коридору обумовлені фізичними можливостями системи пристосовуватися до змін довкілля. Отже, параметри потенційних змін стану системи що неспроможні істотно відрізнятися друг від друга. Таким чином, можливі стани системи досить доступні для перспективи, а шляхи її розвитку передбачувані з достатньою точністю.

Зазначені трансформаційні механізми діалектично взаємопов'язані між собою. Адаптаційний механізм реалізує функцію адаптації системи до змін середовища через добір станів самої системи. Відбувається мікроеволюція системи, що йде на системному рівні, згідно з принципом І. Пригожина: мінімум виробництва ентропії за максимуму ентропії системи (Хазен, 2000).

Після того, як можливості системи до адаптації вичерпуються (за словами І. Моросанова, «заходять у глухий кут») настає «виродження» («моральне старіння») системи і починається макроеволюція цього виду систем (біологічної популяції, ринку). Адаптація до умов середовища на макрорівні, тобто. через відбір систем надсистемному рівні. У цьому випадку включається біфуркаційний механізм, що забезпечує максимальну швидкість тиражування «нового» (нових видів біології, нових технологій економіки). У умовах реалізується принцип А. М. Хазена: максимум виробництва ентропії при мінімумі ентропії системи (Хазен, 2000). Це є початком до відбору на надсистемному (метасистемному) рівні.

Біфуркаційні зміни мають дуже важливу, з точки зору прискорення процесів розвитку, властивість: вони стрибкоподібно збільшують характеристики змінності системи. Це двома дуже важливими передумовами:

по-перше, після біфуркації (тобто розгалуження) система розпадається на безліч можливих структур (станів), у рамках яких надалі вона може розвиватися (звідси походить і назва даного класу механізмів);

по-друге, різко збільшується стохастичність та невизначеність кожного з цих станів; передбачити заздалегідь, яка з цих структур реалізується (пройде відбір), не можна в принципі, бо це залежить від неминуче присутніх випадкових змін - флуктуацій системи.

Біфуркаційний механізм у порівнянні з адаптаційним має цілу низку відмінних властивостей, що дозволяють колосально прискорити процеси розвитку. До таких властивостей можна віднести:

- колосальне збільшення варіабельності станів (тобто можливих варіантів змін) та розкидання можливих значень параметрів системи;

- невизначеність майбутнього, що пояснюється високим ступенем випадковості та ймовірності флуктуацій (спонтанних змін) системи;
- незворотність розвитку; в силу стрибкоподібного характеру змін, що відбуваються, ймовірність повернення у зворотний стан практично дорівнює нулю (!); розвиток, набуває спрямованості та незворотності.

У світлі цього біфуркаційний механізм створює майже ідеальні умови для розвитку.

Біфуркаційний механізм сприяє максимальному прискоренню темпів розвитку. Стан «катастрофи», в якому іноді виявляється система, дозволяє як би «забувати» (або майже «забувати») своє минуле. Після переходу через біфуркаційний стан (який називається фазовим переходом) відбувається розгалуження шляхів еволюції. Кожен з них (залежно від рівня ефективності) Природа може вибрати як оптимальний напрямок для реалізації подальшого розвитку. При цьому нова якість чітко закріплюється незворотністю, захищаючи систему від повернення до старого стану.

Трансформаційні процеси у системі пов'язані із зміною рівня її гомеостазу. Це відбувається як за адаптаційних, і при біфуркаційних трансформаціях системи.

При біфуркаціях система проходить три можливі стани: стійко-стаціонарний (з якого вона виходить); збуджено-турбулентне (через яке вона проходить); рефракторне, тобто. стан заспокоєння (до якого вона входить, знаходячи новий рівень гомеостазу).

Особливості збуджено-турбулентного стану. Описаний вище збуджено-турбулентний стан системи характеризується тим, що система виходить із стаціонарного стану та стрибкоподібно змінює значення своїх параметрів. Цей стан має низку особливостей. Серед основних можна виділити такі:

- криза; система зазнає різкого «перелому» своїх параметрів, катастрофічного порушення зв'язків між елементами системи; переживає тяжкий стан, обумовлений порушенням звичних причинно-наслідкових

зв'язків та лінійних алгоритмів поведінки (наприклад, «чим більше/менше, тим краще»);

- багатоваріантність; виникає багатоваріантність продовження станів самої системи або систем-наступниць (народження нового покоління у біологічних особин; заміна продукції, що випускається на виробничому підприємстві; вибори нового парламенту або заміна кабінету міністрів у країні; зміна проектів, що виконуються на конкурсній основі в науковій установі; заміна поколінь у спортивній команді, ін.); нестійкість кризового стану системи у поєднанні з множинністю потенційно можливих (віртуальних) варіантів продовження зумовлює можливість різкої стрибкоподібної зміни траєкторії розвитку системи;

- незворотність; створюються причини незворотності розвитку системи; система не в змозі повною мірою повернутися в старий стан (нове покоління біологічного виду, що з'явилося, не може зникнути безслідно, воно займає простір і вимагає їжі; підприємство демонтувало стару технологічну лінію, так як попит на стару продукцію впав; новий склад парламенту починає докорінні перетворення на економіці, демонтуючи колишні інститути (витрачені на нові проекти гроші вже не можуть бути повернені для виконання старих; колишнім гравцям команди важко повернутися до нового колективу).

Фазовий перехід (фазове перетворення, фазова трансформація) у широкому значенні – перехід системи від стаціонарного стану з одним гомеостазом до стаціонарного стану з іншим гомеостазом (іншими гомеостазами – при біфуркаційних трансформаціях); у вузькому значенні – стрибкоподібна зміна властивостей системи при безперервній зміні зовнішніх факторів.

Критичний стан – граничний стан рівноваги системи, у якому суміжні фази стають тотожними за своїми властивостями. Після переходу системою критичного стану настає фазовий перехід.

Критична точка – значення параметра (або параметрів) системи після досягнення якого настає критичний стан системи.

Точка біфуркації – це така критична точка, після якої починаються біфуркаційні трансформації системи. З математичної точки зору, точкою біфуркації можна вважати таку точку (значення параметра), якою проходять дві або більше гілок рішення рівняння, що описує можливі стани системи.

Причини лінійного поведінки системи. Збереження стаціонарного стану системи (стійкого рівня гомеостазу), який зазвичай спостерігається при адаптаційних змінах, створює умови для лінійного характеру залежностей параметрів системи від зміни факторів зовнішнього середовища. У цьому поведінка системи характеризується оборотністю стану, безперервністю найважливіших параметрів, передбачуваністю змін у системі, незмінністю у часі причинно-наслідкових зв'язків. Відповідно, всі ці властивості закладаються в принципи поведінки системи, що умовно можна назвати лінійним.

Основний принцип управління, побудованого на лінійному мисленні та пріоритеті використання механізмів негативного зворотного зв'язку, полягає в ослабленні (нейтралізації) дії несприятливих (для існуючого рівня гомеостазу) факторів («що менше, тим краще...») та посилення дії сприятливих факторів («що більше, тим краще...").

Причини нелінійної поведінки системи. При трансформаційних процесах біфуркаційного типу вичерпуються передумови лінійної поведінки системи, спрямованої на активізацію прояву сприятливих факторів та протидію впливу несприятливих. Власне, за таких умов, мабуть, взагалі розмиваються підстави для подібної диференціації факторів середовища (тобто на сприятливі та несприятливі).

Якщо зникає колишній рівень гомеостазу, немає потреби його підтримувати. Завдання застосування механізмів зворотного зв'язку докорінно змінюється. Виникає необхідність (і можна сказати, з'являється можливість) впливати не на фактори довкілля (підсилюючи або послаблюючи їх дію), а на сам стан системи, перебудовуючи його таким чином, щоб воно найкраще відповідало значенням довкілля.

Таким чином, нелінійна поведінка є необхідною умовою трансформації будь-якої соціально-економічної системи у напрямку нового рівня гомеостазу.

Принципова відмінність лінійної та нелінійної логіки полягає в тому, що перша зорієнтована на утримання існуючого рівня гомеостазу (при пріоритетному використанні механізмів негативного зворотного зв'язку). Нелінійна ж логіка і відповідна їй нелінійна поведінка переслідує іншу мету - пошук нового рівня гомеостазу, що найбільше відповідає умовам зовнішнього середовища (при пріоритеті механізмів позитивного зворотного зв'язку).

Нелінійна логіка є основою проектування майбутнього стану системи за умов біфуркаційних трансформацій. При цьому проєктований стан системи (проєкт інноваційного змісту або форми) повинен містити компоненти:

а) нинішнього стану – переважно визначають форму, і навіть ключові (найважливіші) елементи, які є носіями пам'яті системи;

б) майбутнього стану – переважно визначальні мета (основну функцію), що має забезпечити цей стан.

Проєктований стан має містити фрагменти старого та майбутнього (бажаного) станів системи. У цьому майбутнє стан має бути представлено переважно метою (змістом) розвитку, а старий стан – формою.

Зокрема, успіх у сучасній швидкій електрифікації автомобільного транспорту пояснюється саме тим, що витриманий згаданий принцип: новий зміст вдалося вкласти у старі звичні масовому споживачеві форми, включаючи як сам автомобіль, так і використовувану ним інфраструктуру (наближену до звичних мереж автозаправок). Подібним шляхом йде і переведення автомобілів на водневе паливо.

У громадській системі людина є головним конструктором її нового стану. Базовим інструментом у своїй виступає нелінійне мислення. Саме воно покликане збудувати своєрідний міст між сьогоденням та майбутнім станами системи. Основна функція нелінійного мислення покликана сприяти формуванню такого напрямку зміни системи, яке максимально сприяло б

підвищенню її ефективності. Щоб це було реалізовано, необхідно насамперед найбільше використовувати «енергію тенденції» розвитку системи – вона завчасно починає накопичувати особливості та риси того стану, що відповідає критерію мінімуму ентропії (мінімуму розсіювання енергії).

Мистецтво керівника будь-якого рівня у тому, щоб, по-перше, розглянути зазначену тенденцію, по-друге, перебудувати старий гомеостаз системи в такий спосіб, щоб цей процес сприяв прояву найефективніших трансформаційних змін. Схематично новий гомеостаз системи має бути комбінацією рис існуючого стану системи з особливостями і властивостями, які диктує системі тенденція її розвитку.

Хвильові властивості змін. Будь-яка система може існувати, самоорганізовуватися і розвиватися лише тому випадку, якщо вона може бути стаціонарною, тобто. підтримувати відносно постійні значення параметрів. Ця сталість, тим щонайменше, будь-коли абсолютним, оскільки стану будь-якої системи схильні до коливань. Коливальні зміни стану системи здебільшого носять упорядкований характер, завдяки якому вони набувають форми хвильового (ритмічного) руху. Хвильовими якостями обов'язково мають і всі середовища, в яких знаходяться системи.

Хвильові властивості середовища та системи відіграють надзвичайно важливу роль у забезпеченні процесів метаболізму, самоорганізації та розвитку систем. Насамперед слід зазначити процеси зародження систем, що починаються з явищ флуктуації, тобто. виникнення неоднорідності окремих елементів, у тому числі складається середовище. Подібні явища можуть виникати і значно посилюватись завдяки резонансним ефектам, що виникають у хвильовому середовищі.

Так само важливу роль грають хвилі й у реалізації явищ синергетизму, тобто узгодженості окремих елементів, що об'єднуються у систему. Хвилі стають своєрідним засобом, з якого окремі елементи «узгоджують» свою поведінку. Інструментом такого «узгодження» стає синхронізація коливань або хвильового руху окремих елементів.

### **3.3 Наукові підходи до формування моделі організаційно-економічного механізму адитивної економіки на основі інструментів Industry 3.0, 4.0 та 5.0**

В адитивній економіці людський капітал є одним з визначальних чинників розвитку. Його якість і кількість визначаються не лише економічною цінністю знань, навичок, умінь, а й якістю навколишнього середовища і ефективністю економічних інститутів - правилами, нормативами, обмеженнями, стимуляторами. Конкуренція між країнами, регіонами, місцевими громадами, компаніями відбувається не за фінансові або природні ресурси, а за знання або людський капітал - актив, який здатний генерувати додаткову вартість.

Для рівня підприємства на сьогоднішній день необхідний новий інструмент для вимірювання його креативного людського капіталу.

В умовах адитивної економіки підприємству важливо розуміти, що його конкурентоспроможність, більш того, навіть життєздатність залежить від створеного середовища для людського капіталу. Успішні підприємства самостійно створюють необхідні умови для підготовки людського капіталу. Сьогодні підготовка людського капіталу відбувається не лише у фізичному вимірі, але і віртуальному просторі, враховуючи зростаючу актуальність онлайн-освіти, курсів, семінарів, тренінгів та ін. Все це дозволяє розвивати промисловість, яка може трансформуватися та об'єднуватися в кластери з провідними в їх сферах діяльності університетами і, таким чином, повернути собі провідну роль по залученню, формуванню та розвитку людського капіталу.

З іншого боку, підприємства можуть знизити якість людського капіталу за допомогою деструктивної діяльності, наносячи збитки навколишньому середовищу, а отже і людському капіталу. Для людського капіталу підприємства є одночасно і джерелом доходу, необхідним для життя та відтворення, та джерелом забруднення його навколишнього середовища. Тобто людський капітал формується завдяки засобам, які люди отримують від



підприємств, але при цьому частина людського капіталу втрачається через забруднення води, повітря, землі та інших елементів навколишнього середовища. Тут виникає завдання оптимізації: яким чином мінімізувати вплив на навколишнє середовище, зберігши та примноживши при цьому людський капітал.

На наш погляд, людський капітал, його інтелект, креативність (креативність) є головним генератором ідей та джерелом створення вартості в основі конкурентоспроможності підприємств. Конкурентоспроможність промислових підсистем в умовах цифрової економіки є взаємозалежною (рис. 3.2). Наприклад, конкурентоспроможність креативного людського капіталу залежить як від умов, що створюються підприємствами, так і від інноваційної екосистеми, і навпаки. Необхідно запуснути розроблення платформ з можливістю спілкування новаторів, представників бізнесу, влади, інвесторів.

Сьогодні точки створення вартості лежать на стику інженерної та креативної галузей (ІТ, дизайн, цифрові технології, реклама, маркетинг) - галузей, що виробляють продукцію з найбільшою доданою вартістю (рис. 3.2).

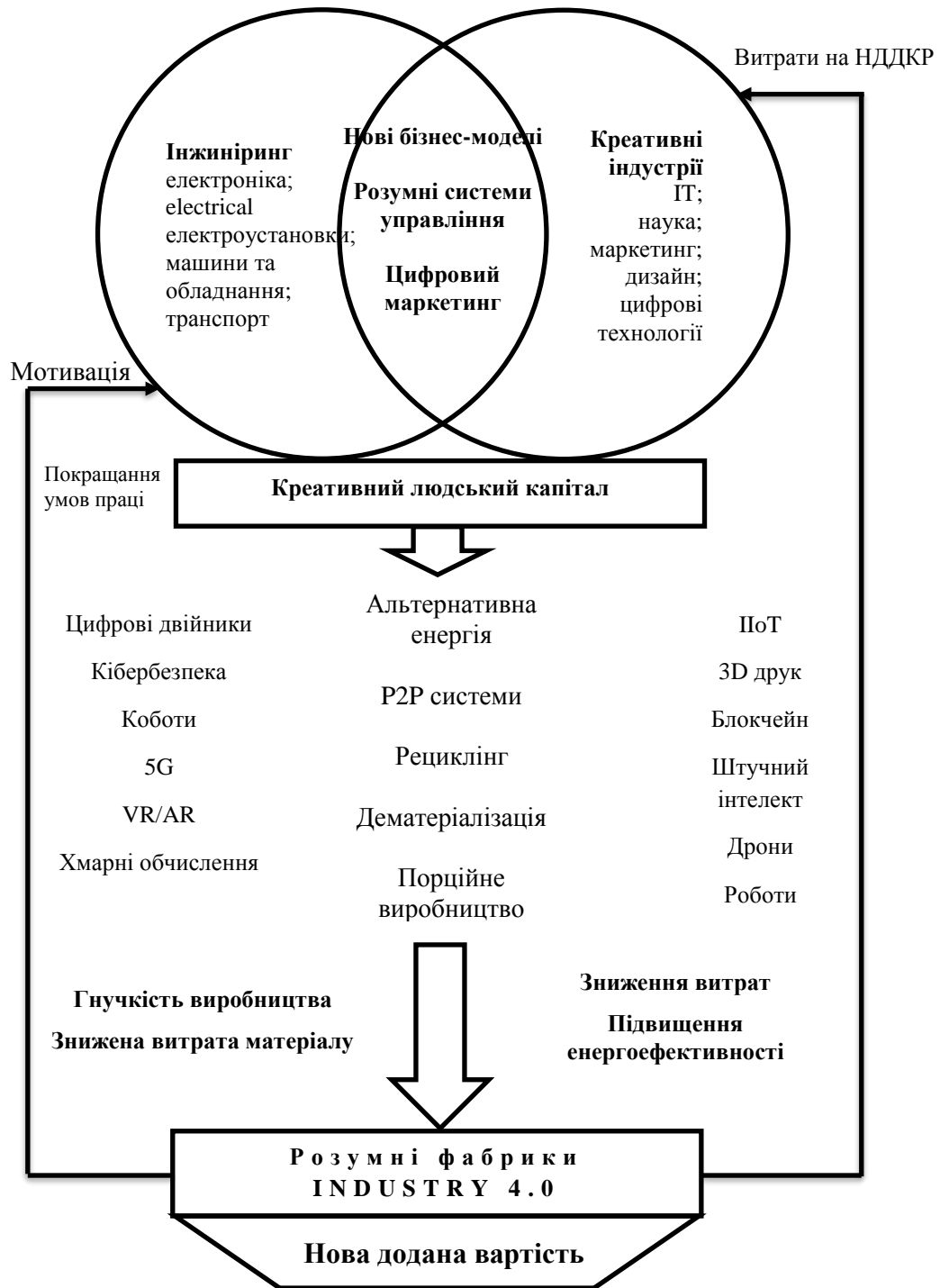


Рисунок 3.2 – Модель організаційно-економічного механізму трансформації підприємств до умов адитивної економіки

Синергія цих передових галузей може привести Україну до якісно нового витка розвитку.

Технічні та технологічні проривні інновації Industry 3.0, 4.0 та 5.0 мають стати основою для адитивізації сучасних підприємств. При цьому поєднання

інжинірингу та креативних індустрій дозволить формувати та реалізовувати нові бізнес-стратегії та бізнес-моделі. При їх поєднанні з smart-системами управління, штучним інтелектом та цифровим маркетингом можна досягти значних результатів у цифровій трансформації сучасних підприємств.

На наш погляд, основними креативними індустріями, які прямо чи опосередковано сприятимуть підвищенню конкурентоспроможності цифрових підприємств є інформаційні технології, наука, маркетинг, дизайн та цифрові технології (рис. 3.2).

Наявність сьогодні нових векторів розвитку, в основі яких знаходяться проривні інновації потребує перебудови (трансформації) і системи підготовки (перепідготовки) людського капіталу. В умовах сучасних промислових революцій він стає креативним або когнітивно-креативним. Саме цей капітал стає основою адитивної економіки.

## 4 СИСТЕМА ПОКАЗНИКІВ ТА КРИТЕРІЇВ ЇХ КІЛЬКІСНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ДЛЯ ОЦІНКИ ДИНАМІКИ СТАНУ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ ТА ЕКОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ

### 4.1 Особливості динамічного розвитку соціально-економічних систем

Основною особливістю розвитку соціально-економічних систем є ключова роль в ньому чинника людини. Саме людина задає вектор розвитку в таких системах, визначаючи основні цілі, яких повинна прагнути у своєму розвитку система. Людина ж виступає у ролі основного реалізатора, забезпечуючи своєю діяльністю основні засоби для досягнення поставлених соціальних та/або економічних цілей (наприклад, задоволення певних матеріальних чи духовних потреб, отримання прибутку тощо).

Будь-які соціально-економічні системи тією чи іншою мірою пов'язані з природою, яка є джерелом ресурсів, середовищем життєдіяльності, фактором самовідтворення кількісних та якісних параметрів компонентів природного середовища. Це дозволяє ширше підійти до визначення соціально-економічної системи.

*Соціально-економічна система* у широкому сенсі – сукупність людей, що функціонує як єдине ціле (включаючи відносини між ними), природних чинників, антропогенних матеріально-інформаційних активів, об'єднаних єдністю функцій, що виконуються і природно-індустріального метаболізму (матеріально-інформаційних потоків).

З урахуванням визначення розвитку систем (*необоротне, спрямоване, закономірна зміна*) та необхідних ознак, що зумовлюють процеси розвитку (*самоорганізація через випадкові, невизначені зміни*) можна сформулювати основні вектори реалізації передумов прогресивного розвитку соціально-економічних систем (рис. 4.1).



Рисунок 4.1 – Схема формування передумов розвитку соціально-економічних систем

Дана конструкція у схематичній формі є змістовною основою феномена *соціально-економічного розвитку*. При, можливо, зайвої складності, що здається, вона не може бути спрощена без втрати ключових її смислових вузлів. Кожен із блоків цієї конструкції є суттєвим, тобто несе інформацію про зміст, без якого характеристика феномена розвитку як такого виявляється неповною.

Критерієм *прогресивності* розвитку будь-якої системи є підвищення ступеня впорядкованості систем, що зрештою зумовлює зниження рівня

виробництва ентропії системою. Ступінь упорядкованості будь-якої із систем визначається трьома групами факторів (матеріально-енергетичних, інформаційних, синергетичних). Для соціально-економічних систем у критеріальній основі, що характеризує ступінь прогресивності розвитку, актуалізується ще один фактор – *цілепокладання*.

У загальному вигляді *ступінь прогресивності (П)* соціально-економічної системи може бути виражений функцією від чотирьох основних груп факторів:

$$P = f(C, M, I, S), \quad (4.1)$$

де  $C$  – показник, що характеризує ступінь наближення системи до запланованої мети (групи цілей, виконуваних функцій) або – до специфіки організації самої системи (тим завданням, на які вона «заточена»);

$M$  – матеріальний (квазіенергетичний) потенціал, що характеризує стан умовно матеріальних складових системи, що визначають її здатність виконувати роботу; на підприємстві цей показник у першому наближенні може бути кількісно оцінений вартістю основних та оборотних засобів виробництва, а також витратами на утримання персоналу;

$I$  – інформаційна основа системи, основне призначення якої забезпечити ефективність реалізації матеріального (квазіенергетичного) потенціалу системи; на рівні підприємства показниками її оцінки може бути: фондвіддача, коефіцієнт оборотності оборотних засобів, продуктивність праці, ін.

$S$  – синергетична основа, що характеризує стан зв'язків як у внутрішньосистемному, і на зовнішньосистемному рівнях; у формалізованому вигляді синергетична основа може оцінюватися кількістю зв'язків, а також витратами коштів або часу на реалізацію цих зв'язків.

## 4.2 Підходи до формування системи показників оцінки стану соціально-економічних систем

Будь-яка відкрита стаціонарна система є дуже складним динамічним організмом, стан якого має постійно відтворюватися у просторі та часі. Зокрема системи як цілісні комплекси складаються: по-перше (у просторі), з матеріально-інформаційних елементів; по-друге (у часі), із процесів відтворення системи. Обидві сутнісні грані системи відповідають формулі: *ціле, більше суми частин* (у першому випадку – елементів, у другому – процесів).

Насправді характер формування системи як цілісного явища є ще більш складнішим. Триалектична природа системи зумовлює участь у процесі її формування цілий ряд матеріально-інформаційних, інформаційних та синергетичних (комунікаційних) груп факторів (цілей та функцій, синергетичних зв'язків, параметрів метаболічних потоків тощо). Кожна з них по суті теж є системою, так як до неї може бути застосована та сама формула: «ціле, більше суми частин». Таким чином, будь-яка система насправді сама собою складається з комплексу підсистем. Їх зміст може бути охарактеризовано так:

- система *матеріально-інформаційних елементів* (підсистем), що утворюють просторове тіло системи;
- система *цілей та функцій*, що виконуються системою та її окремими елементами;
- система *процесів відтворення станів системи, що протікають у часі*, її елементів та зв'язків;
- система *еволюції* (передісторії) системи, включаючи історію систем, попередниць цієї системи;
- система *метаболічних потоків* та їх перетворень (конвертацій);
- система *інформаційних систем*, що формують окремі компоненти системи, та їх систем пам'яті (тобто матеріально-інформаційних компонентів, що забезпечують накопичення, закріплення та відтворення інформації);

- система *внутрішньосистемних та зовнішньосистемних зв'язків*;
- система *обмежень* (просторових, тимчасових, ресурсних, ін.), у межах яких має існувати та розвиватися система;
- система *факторів зовнішньої середовища* (природних екосистем, соціальних систем, техногенної інфраструктури, клімату, космічних факторів, пр.);
- система *факторів зовнішнього середовища* (природних екосистем, соціальних систем, техногенної інфраструктури, клімату, космічних факторів, ін.);
- система *рушійних сил* (потреб, протиріч, мотивацій), що забезпечують спрямованість системи (і її окремих елементів) до функціонування та розвитку;
- система *механізмів*, що забезпечують стійкість стану системи та її змінність (механізми зворотного зв'язку, механізми трансформації, еволюційні механізми);
- система *організаційних принципів* функціонування системи та її самоорганізації.

Перелічені системні комплекси ще не вичерпують всього того різноманіття сутнісних граней, які формують процес відтворення стану системи. Зокрема, для соціально-економічних систем надзвичайно важливими є інші системні комплекси, в рамках яких функціонує система: система *прав та обов'язків*; система *громадських інститутів*; система *факторів соціального середовища* та ін.

### **4.3 Система показників, що характеризують динаміку соціально-економічних структур**

Будь-яка відкрита стаціонарна система – це не тільки просторовий *об'єкт* (що складається з окремих компонентів), але й *процес*, що безперервно триває в часі (що складається з паралельних і послідовно окремих підпроцесів, тобто його підперіодів, або фаз). Тому визначення системи (як цілої, більшої



суми частин), очевидно, має повною мірою враховувати не лише просторові, але й *часові* аспекти відтворення системи.

Коли говорять про те, що система формується під час взаємодії різних її елементів (частин), найчастіше передбачається, що це елементи є різними частинами простору, які здійснюють узгоджені дії у єдиному часовому континуумі. Це означає, що у кожен із моментів часу аналізованого періоду елементи одночасно здійснюють спільну діяльність (кожен – свою).

Однак, це лише частина істини, яка набагато складніша і повніша за сказане. Адже може йтися про *систему різних станів* однієї й тієї ж системи чи її елемента, фіксованих у різні моменти часу.

Таким чином, будь-який *процес відтворення стану системи* також слід розглядати як *ціле, більше суми окремих підпроцесів*, з яких він складається. Це, у свою чергу, означає, що будь-який з підпроцесів, вирваний з ритму загального процесу відтворення системи, повністю або частково втрачає свою функціональну спрямованість, а значить, і зміст своєї реалізації. Те ж саме стосується і результатів, отриманих у ході такого підпроцесу.

**Параметри часу** – це показники, що характеризують кількісні та якісні сторони реалізації окремих процесів (підпроцесів) відтворення системи. Серед основних з них можна назвати:

- *послідовність* (порядок чергування підпроцесів зміни стану системи);
- *тривалість* (період часу від початку до закінчення певного процесу);
- *темп* (ступінь швидкості зміни стану системи – час, протягом якого відбувається умовна одиниця змін стану системи);
- *швидкість* (кількість змін стану системи за одиницю часу);
- *рівень синхронності процесів* (ступінь одночасності перебігу процесів відносно один одного);
- *час перемикання* (період часу, який потрібний системі на перехід від одного процесу до іншого).

Для одних відтворювальних процесів однаково суттєвими є всі перераховані фактори. Для інших – лише деякі.

Крім зазначених показників може бути запропонований ще один, який пов'язує параметри часу з результатами змін стану системи – «щільність» часу.

**«Щільність» часу** – показник, що характеризує результат зміни стану системи за питомий інтервал (одиницю) загального періоду часу, включаючи як час цілеспрямованої (продуктивної) діяльності системи, так і час, який потрібний системі на перерви в роботі, перемикання між окремими операціями, трансформації рівня її гомеостазу.

*Стратегічні* прагнення системи до підвищення рівня своєї ефективності і пов'язані з цим спроби неухильної інтенсифікації параметрів часу повинні гармонійно пов'язуватися з *тактичними* задачами щодо підтримки її *стаціонарного* стану, яке фактично «годує» систему, будучи джерелом надходження до неї *вільної енергії* (квазенергії). Реальність така, що постійно існує необхідність вибору між:

- майбутньою вигодою та поточними потребами;
- стратегічними та тактичними цілями;
- ефективністю та стабільністю;
- ризиком та надійністю;
- «журавлем у небі» та «синицею в руках».

Управління параметрами часу неминуче пов'язане з пошуком компромісу між стратегічними цілями та тактичними завданнями, спробами знайти баланс між двома групами факторів: «ущільнення» часу та забезпечення стаціонарності, що схематично показано на схемі (рис. 4.2). При цьому неминуче має враховуватися третя група факторів, що обумовлюють період та швидкість зносу окремих підсистем та системи в цілому.

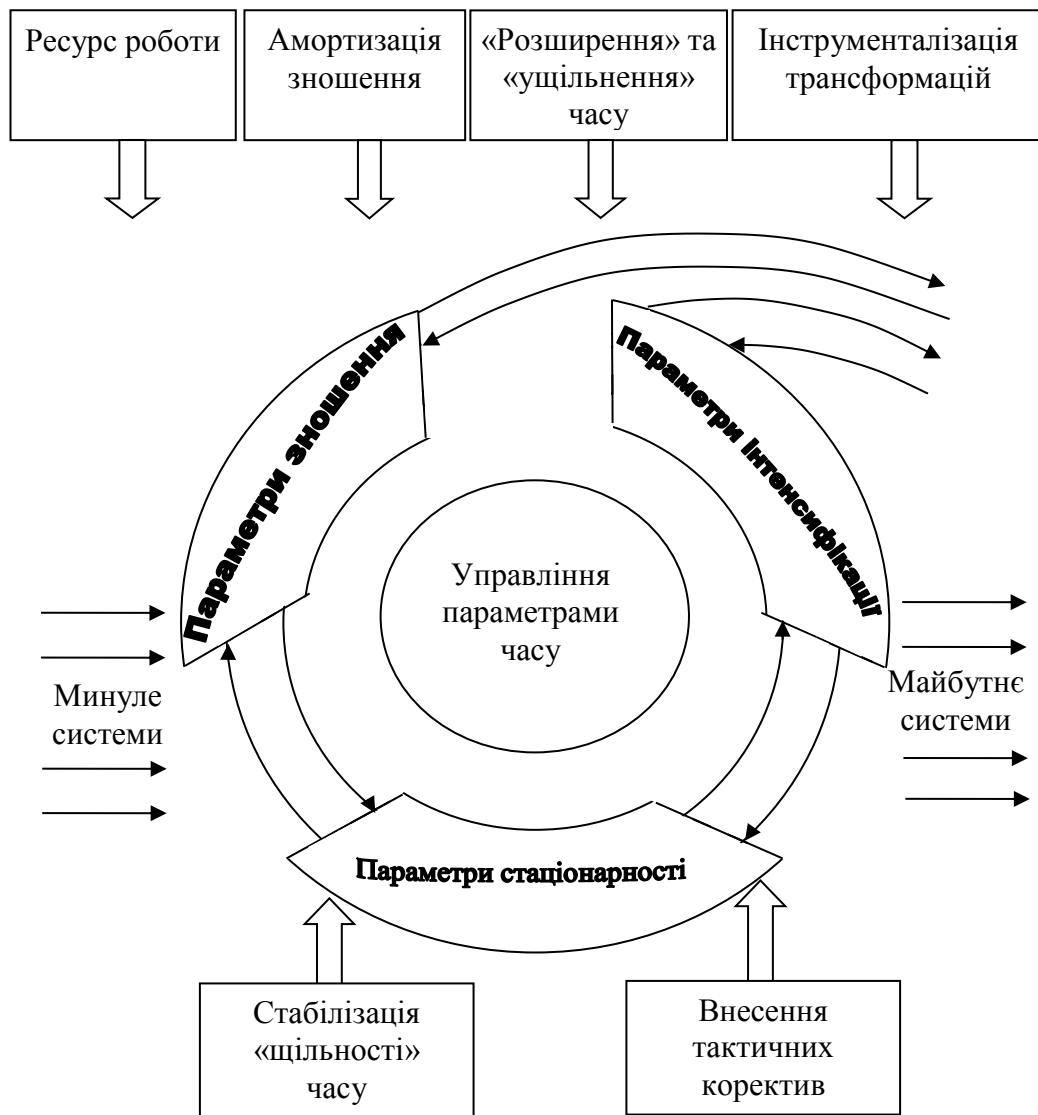


Рисунок 4.2 – Схема управління параметрами часу в рамках економічної системи

Існують значні можливості «уцілювання» часу здійснення модернізаційних трансформацій. Тут найперспективніші напрями пов'язані з максимальною *віртуалізацією* та *інструменталізацією* трансформаційних процесів. Перше пов'язане з максимальним перенесенням робіт, що пов'язані з обґрунтуванням, підготовкою і трансформацією системи, на віртуальний, тобто комп'ютерний рівень. Другий напрям передбачає максимальну уніфікацію (за «принципом трансформера») трансформаційних технологій.

Виконаний аналіз дозволяє зробити висновок, що розвиток будь-якої соціально-економічної системи є складним процесом, де постійно відбувається взаємна конвертація різних груп факторів.

Зокрема можна навести приклади ключових конвертацій в економічних системах:

- ✓ *цілі* конвертуються в *засоби*, а *засоби* – у *досягнення цілей*;
- ✓ *товар* конвертується у *гроші* (при його реалізації);
- ✓ *гроші* – у *товар* (наприклад, при придбанні необхідної сировини);
- ✓ *ціна* – в *обсяг продажів* (чим нижча ціна, тим більший обсяг товарів вдається продати);
- ✓ *обсяг продажів* – у *ціну* (збільшення обсягу продажів дозволяє знизити собівартість одиниці продукції та відпускну ціну);
- ✓ *час* – у *ціну* (чим триваліший період реалізації послуг, то дешевше він дозволяє реалізовувати послугу);
- ✓ *ціна* – у *час* (чим дешевше продається товар, тим швидше його можна продати, або: тим триваліше можна залишатися на ринку, реалізуючи свої вироби та послуги, створюючи передумови для збільшення обсягу продажів);
- ✓ *технологія* – у *товар* (чим досконаліша технологія, тим вища якість товару та/або дешевша собівартість його одиниці);
- ✓ *якість* – у *ціну/обсяг продажів* (чим вище якість товару, тим за більш високою ціною та/або більшу кількість його можна продати);
- ✓ *гроші* – в *інформацію* (чим вищі витрати на технологію, тим вищі шанси на її високий інформаційний рівень);
- ✓ *інформація* – в *людський капітал* (чим якісніша і повніша підготовка фахівця, тим вищий його професійний рівень);
- ✓ *людський капітал* – в *інформацію* (чим вища кваліфікація персоналу – тим досконаліші технології, які він здатний створювати та/або обслуговувати, а також більш якісніша продукція, яку він може виробляти);

✓ *інформація* – у зв'язки (чим досконаліший інформаційний алгоритм функціонування фірми, тим повніше та якісніше внутрішньогосподарські та зовнішньогосподарські зв'язки);

✓ *зв'язки* – в *інформацію* (чим повніше і якісніше зв'язки, тим більш узгоджена робота підсистем підприємства, і тим більшим обсягом більш ціннішої інформації про ринки вихідної сировини та збуту продукції воно має в своєму розпорядженні);

✓ *зв'язки* – у *час* (чим згодніша робота виконавців, тим менше втрачається часу під час виготовлення продукції; чим надійніші та якісніші зовнішні зв'язки, тим швидше вирішуються питання постачання та збуту продукції);

✓ *одні види капіталу* – в *інші* (наприклад, гроші у виробничі активи та навпаки).

Таким чином, в економічних процесах постійно відбувається взаємна конвертація (перетворення) різних факторів: *грошей, матеріалів, енергії, часу, інформації, праці, зв'язків*. Це складний, багатоетапний процес, який протікає у просторі та часі постійно, поки функціонує економічна система.

Окрім показників, що характеризують зміну *якості стану* системи, ще одним важливим показником є її *стійкість* у часі. Стійкість соціально-економічного розвитку обумовлена характером процесів відтворення стану трьох базових систем: *економічної, соціальної та екологічної*. Кожен із цих процесів обумовлений власними параметрами часу: швидкістю, темпом, циклом (Хвесик та ін., 2012; Веклич, 2012).

*Економічна стійкість* передбачає стабільність економічних показників системи. Зовні це проявляється *темпами зростання показників, що не знижуються*, що відображають квазіенергетичний стан системи (дохід, прибуток) у часі: з року в рік, від покоління до покоління. Цьому перешкоджає низка обставин: фізичний і моральний знос основного капіталу, кризи перевиробництва, моральне старіння продукції, зростання диссипативних витрат у разі частого здійснення трансформацій (біфуркацій), деградація

людського та соціального капіталу (що зумовлює зниження продуктивності праці, збільшення корупційних витрат, ін.).

*Соціальна стійкість* передбачає відносну стабільність та безпеку життя населення, наступність поколінь, високу якість життя, умови для існування стабільних сімей, гарантії щасливого проживання людей у будь-якому з періодів життєвого циклу, ін.

*Екологічна стійкість* передбачає можливість відтворення кількісних і якісних характеристик локальних екосистем та біосфери загалом за рахунок їх відтворювального потенціалу.

Екосистеми як гігантські реактори виробляють відновні природні ресурси і відтворюють порушену людиною якість компонентів природного середовища: атмосфери, води, ґрунту. Працюючи в такому режимі, природні системи мають певні відтворювальні характеристики: необхідний набір своїх компонентів, *несуча здатність* (тобто питома потужність або кількість роботи, яку вони здатні здійснювати в одиницю часу). Ці характеристики відображають оптимальний режим роботи «природного реактора», зокрема, необхідний період часу, за який може бути виконана одиниця роботи (вироблена одиниця природних ресурсів або очищений питомий обсяг природного компонента). Посилення екологічного навантаження на екосистеми веде до двох негативних наслідків: по-перше, забруднення, що потрапляють у природу, залишатимуться неочищеними; а по-друге, руйнуватимуться самі екосистеми.

## ВИСНОВКИ

Принципове значення має фундаментальне обґрунтування необхідності переходу від одновекторної моделі обумовленості економічних процесів, орієнтованої на лінійну максимізацію квазіенергетичних критеріїв (витрати, дохід, ВВП тощо), до триалектичного механізму впорядкування відкритих стаціонарних систем за допомогою подолання виробництва ентропії та запуску негентропійних процесів. У цьому плані робота віддзеркалює нагальні потреби теорії та практики.

Запропонований підхід відкриває перспективи вивчення матеріально-енергетичних, інформаційних та синергетичних факторів як рівноцінних (рівних – у різному) та самоцінних компонентів економічних систем.

Розвиток запропонованого методологічного підходу дозволяє повному поглянути на рішення багатьох господарських завдань. Колосальна неефективність сучасних економічних систем багато в чому обумовлена недосконалістю інформаційної та синергетичної основ технічних та організаційних систем. Нагромаджений людством величезний енергетичний потенціал виявляється надмірним і непродуктивно розсіюється внаслідок надзвичайно низької ефективності технічних систем, недосконалості інформаційних алгоритмів їх організації, колосальних трансакційних витрат. Сучасна інформаційна та мережева революція надає людству унікальний шанс ефективної коеволюції з природою, подолання ресурсного «прокляття» та запобігання екологічній катастрофі.

Еволюція будь-якої системи (в тому числі й економічної) являє собою цілісну (системну) єдність системовідтворювальних процесів і явищ. Управління всім еволюційним циклом економічних систем (а не окремими його процесами) дає змогу досягти значної ефективності відтворювальних процесів і прискорити темпи розвитку систем. У зв'язку з цим необхідний перехід від проектування виробів до проектування їх життєвих циклів у всій

складності та різноманітні їх системних зв'язків, включаючи фази завершення періодів експлуатації виробів і технологій.

Врахування закономірностей функціонування та розвитку економічних систем закладає методологічну основу науково обґрунтованого управління. Це відкриває можливості для значного підвищення ефективності бізнес-процесів і формує передумови для переходу до інформаційного суспільства та сталого розвитку відповідно на основі цифрової трансформації та адитивізації виробництва.

Цифрова трансформація – безпрецедентне явище в історії людства. Він означає перехід людської цивілізації від виробництва та споживання переважно матеріальних продуктів до виробництва та споживання переважно інформації. Цифрова трансформація створює передумови для сталого розвитку людства. Результатом є вирішення глобальних екологічних проблем, дематеріалізація виробництва і споживання (швидке зниження енерго- і матеріаломісткості продукції), значне підвищення ефективності економічних систем, мережевість, солідарність суспільства. Для самої людини цифрова трансформація означатиме перехід до пріоритетного розвитку особистості.



## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Бабенко В.О., Маценко О.М., Чорна Я.В., Тройникова В.А. Проривні інновації при реалізації концепції «Smart Cities»: досвід ЄС та можливості України. *Вісник Хмельницького національного університету. Економічні науки*. 2022. 1. С. 269-277. DOI: 10.31891/2307-5740-2022-302-1-45.
2. Бобылёв Б. И. Атомная энергетика Европы // Russika.ru. 2016. URL: <http://www.russika.ru/sa.php?s=2> (дата обращения: 01.03.2022).
3. Возможна ли новая научно-техническая революция? 2015. URL: <https://polymus.ru/ru/pop-science/video/vozmozhna-li-novaya-nauchno-tehnicheskaya-revolyuetsiya/> (дата обращения: 20.12.2022).
4. Вторая промышленная революция. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Вторая\\_промышленная\\_революция](https://ru.wikipedia.org/wiki/Вторая_промышленная_революция) (дата обращения: 1.03.2022).
5. Гоголадзе О. Число интернет-пользователей превысило 4 млрд // Хайтэк. 30.01.2018. URL: <https://hightech.fm/2018/01/30/4-billion-internet-users> (дата обращения: 20.01.2022).
6. Кириленко М.В. Напрями підвищення інтернальної та екстернальної ефективності пасічного господарства в Україні. *Механізм регулювання економіки*. 2022. 3-4. С. 13-17. DOI: 10.32782/mer.2022.97-98.02.
7. Любчак В.О., Барченко Н.Л., Карінцева О.І., Ковальов Б.Л., Пономаренко І.О. Моделі опису індикаторів прогресу цифрової трансформації економіки. *Вісник СумДУ. Серія «Економіка»*. 2022. 3. С. 42-50. DOI: 10.21272/1817-9215.2022.3-4.
8. Маценко О.М., Репіна І. М., Пронович А.Р., Чорна Я.В. Інновації сфери транспортного підприємництва при реалізації концепції смарт-міст. *Вчені записки: зб. наук. пр.* 2022. 26. С. 103-118. DOI: DOI 10.33111/vz\_kneu.26.22.01.09.061.067.
9. Мельник Л. Г., Маценко О. М., Харченко М. О., Ковальов Б. Л., Чорток Ю. В., Гончаренко О. С., Бурлакова І. М. Сучасні тренди економічного

розвитку. Книга 2: Кращі практики ЄС для сестейного розвитку: посібник / підручник / за ред. Л. Г. Мельника, Ю. М. Завдов'євої. Суми: Університетська книга, 2022. 608 с.

10. Мельник Л.Г., Маценко О.М., Сахненко Т.І., Цинка М.Є. Економічне обґрунтування використання інноваційних технологій на транспорті. *Вісник СумДУ. Серія «Економіка»*. 2022. 1. С. 95-105. DOI: 10.21272/1817-9215.2022.1-9.

11. Мобильная связь (мировой рынок) // Tadviser. Государство. Бизнес. ИТ. 02.08.2017. URL: [http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Мобильная\\_связь\\_\(мировой\\_рынок\)](http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Мобильная_связь_(мировой_рынок)) (дата обращения: 20.12.2022).

12. Моисеев Н. Н. Человек и ноосфера / Н. Н. Моисеев. – М.: Молодая гвардия, 1990. – 351 с.

13. Облачные технологии для земных пользователей. 2016. URL: <http://www.tatcenter.ru/online/88/> (дата обращения: 01.03.2022).

14. Одессер С. Атомная энергетика европейских стран // Экономика и финансы, 2016. С. 20–21.

15. Пользователи Интернета в мире // Интернет в России и мире. 6.12.2017. URL: [http://www.bizhit.ru/index/polzovateli\\_interneta\\_v\\_mire/0-404](http://www.bizhit.ru/index/polzovateli_interneta_v_mire/0-404) (дата обращения: 20.12.2022 ).

16. Промышленная революция. URL: [https://ru.m.wikipedia.org/wiki/Промышленная\\_революция](https://ru.m.wikipedia.org/wiki/Промышленная_революция) (дата обращения: 1.12.2022).

17. Райзберг Б. А. Современный экономический словарь / Б. А. Райзберг, Л. Ш. Лозовский, Е. Б. Стародубцева. – М.: ИНФРА-М, 2010. – 512 с.

18. Реймерс Н. Ф. Экология (теории, законы, правила, принципы и гипотезы) / Н. Ф. Реймерс. – М.: Газета «Россия молодая». – 1994. – 367 с.

19. Скрипка Є.О. Еколого-економічні аспекти трансформації енергетичного забезпечення житлового сектору України. *Механізм регулювання економіки*. 2022. 3-4 (97-98). С. 43-49. DOI: 10.32782/mer.2022.97-98.07.

20. Сотник І.М. Соціальна та солідарна економіка: електронний навчальний посібник: посібник / підручник. Суми: СумДУ, 2022. 247 с.
21. Трансформації економічних систем: досвід ЄС в реалізації Industries 3.0, 4.0, 5.0. Навчальний посібник / за ред. Л. Г. Мельника, О. М. Маценко. Суми: ПФ «Видавництво “Університетська книга”», 2022. 608 с.
22. Турлікьян Т. (б) У 2015 році 42% всіх енергопотреб Данії були забезпечені енергією вітру // Ecotown. 17.01.2016. URL: <http://ecotown.com.ua/news/U-2015-rotsi-42-vsikh-enerhopotreb-Daniyi-buly-zabezpecheni-enerhiyeyu-vitru/> (дата звернення: 15.05.2022).
23. Федосенко Н. (г) У США працює інноваційна цілодобова сонячна електростанція. Ecotown. 29.02.2016. URL: <http://ecotown.com.ua/news/U-SSHA-pratsyuye-innovatsiyna-tsilodobova-sonyachna-elektrostantsiya/> (дата звернення: 1.03.2022).
24. Физический энциклопедический словарь / [гл. ред. А. М. Прохоров]. – М.: Сов. Энциклопедия, 1995. – 928 с.
25. Хазен А. М. Разум природы и разум человека / А. М. Хазен. – М.: Университетский, 2000. – 604 с.
26. Шатов С.В., Маценко О.М., Скрипка Є.О., Більговський Д.В. Підвищення ефективності виробництва траншей в складних природно-кліматичних умовах на основі технічних інновацій. *Український журнал будівництва та архітектури*. 2022. 1. С. 71-79. DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.220222.71.835.
27. Щедровицкий П. Г. Третья промышленная революция. Выступление на XIX межрегиональной тьюторской конференции // Youtube. 28.10.2014. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=4a4qwUPJTik> (дата обращения: 1.03.2022).
28. Bolton D. People in Germany are now being paid to consume electricity: The price of power in Germany briefly dropped to -€130 per MWh on 8 May // INDEPENDENT. 11.05.2016. URL: <http://www.independent.co.uk/environment/>

renewable-energy-germany-negative-prices-electricity-wind-solar-a7024716.html (accessed on 1.10.2022).

29. Coren M. J. Germany had so much renewable energy on Sunday that it had to pay people to use electricity // Quartz. 10.05.2016. URL: <http://qz.com/680661/germany-had-so-much-renewable-energy-on-sunday-that-it-had-to-pay-people-to-use-electricity/> (accessed on 1.10.2022).

30. Denmark Just Produced 140% of its Electricity Needs with Renewable Wind Power // EARTH. WE ARE ONE / History & Exopolitics. 2015. URL: <http://www.ewao.com/a/1-denmark-just-produced-140-of-its-electricity-needs-with-renewable-wind-power/> (accessed on 1.10.2022).

31. Digital Revolution. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Digital\\_Revolution](https://en.wikipedia.org/wiki/Digital_Revolution) (accessed on 10.03.2022).

32. Hill J. Renewable Energy Now Accounts For 30% Of Global Power Generation Capacity // CleanTechnica. 20.09.2016. URL: <https://cleantechnica.com/2016/09/20/renewable-energy-now-accounts-30-global-power-generation-capacity/> (accessed on 1.10.2022).

33. Johnston A. Portugal runs on 100% renewables for 4 days // Clean Technica. 21.05.2016. URL: <https://cleantechnica.com/2016/05/21/100-renewable-electricity-portugal-4-days/> (accessed on 1.10.2022).

34. Karintseva O., Melnyk L., Matsenko O. Management of digital transformations at enterprises and territories for sustainable development (chapter in a monograph) // *Security management of the XXI century: national and geopolitical aspects*. Issue 4 / ed. D. Diachkov. – Prague (Czech Republic): Nemoros s.r.o., 2022. 316 p. pp. 240-246. ISBN 978-611-01-2365-5

35. Kubatko, O., Roubík, H., Kubatko, V., Odewole, O., Stepanenko, Y., Kovalov, B., & Kozmenko, S. (2022). Life satisfaction and digital transformation of society evidence from european economies. *International Journal of Global Environmental Issues*, 21(2-4), 245-258. doi:10.1504/ijgenvi.2022.126203

36. Li, R., Kubatko, O., Baranchenko, Y., Benetyte, R., Melnyk, L., Dehtyarova, I., & Matsenko, O. (2022). Environmental and economic analysis of

technological innovations in the energy sector. *International Journal of Global Environmental Issues*, 21(2-4), 182-197. doi:10.1504/ijgenvi.2022.126204

37. Melnyk L. Hr., Karintseva O. I., Kubatko O. V., Derev'yanko Yu. M., Matsenko O. M. Restructuring of socio-economic systems as a component of the formation of the digital economy in Ukraine. *Mechanism of Economic Regulation*. 2022. 1-2 (95-96). C. 7-13. DOI: 10.32782/mer.2022.95-96.01.

38. Melnyk L. Hr., Kovalov O. L., Mykhailov O. O., Mykhailov S. O., Skrypka Ye. O., Starodub I. A. (2022). Dynamics of Reproduction of Economic Systems in the Transition to Digital Economy – in the Light of Synergetic Theory of Development. *Mechanism of an Economic Regulation*, 3-4. C. 5-12. DOI: 10.32782/mer.2022.97-98.01.

39. Melnyk L., Dehtyarova I., Kharchenko M Socio-economic effects related to improving quality of life in a digital economy: enterprise and society levels // *Improving living standards in a globalized world: opportunities and challenges*. Monograph. Editors: Tetyana Nestorenko, Tadeusz Pokusa. Opole: The Academy of Management and Administration in Opole, 2021. P. 546-555.

40. Melnyk L., Derev'yanko Yu., Kubatko O., Kovalov B., Dehtyarova I., Matsenko O. Dynamics of economic processes in transition to the digital economy. *Digitalization and information society. Selected issues*. [Editors](#): Aleksander Ostenda and Tetyana Nestorenko. Katowice: Publishing House of University of Technology, 2022. C. P. 295-301.

41. Melnyk L., Kubatko O., Dehtyarova I., Lepeyko T., Kovalov B. New educational methods of shaping human capital for the conditions of digital transformations and postwar recovery. *Modern foundations of economics, management and tourism*; [Editors](#): Lazaryshyn A., Lazaryshyna I. Boston: International Science Groupю Primedia eLaunch, 2022. C. 394-402.

42. Melnyk L., Kubatko O., Dehtyarova I., Sabadash V., Matsenko O. Economic security in an innovative economy. *Scientific Foundations in Economics and Management*. [Editors](#): Kovalenko V., Lyutyty I., Zatonatska T. Boston: International Science Group. Primedia eLaunch, 2022. C. 307-313.

43. Melnyk L., Matsenko O., Kovalov B., Kubatko O., Karintseva O. (2022). A system of criteria and indicators for assessing the dynamics of the state of socio-economic and environmental systems // *Theoretical Foundations in Economics and Management*. Editors: Toporkova O., Lytovchenk O. Бостон: Primedia eLaunch. C. 492-502.
44. Melnyk L., Simanovska A., Matsenko O., Dehtyarova I., Psarov O. The formation of the creative economy as a key vector of the digital transformation of enterprises. *Modern foundations of economics, management and tourism*. Editors: Lazaryshyn A., Lazaryshyna I. Boston: Primedia eLaunch, 2022. C. 200-209.
45. Melnyk, L. Kubatko, O. Piven, V. Klymenko, K. Rybina, L. Digital and economic transformations for sustainable development promotion: A case of OECD countries. *Environmental Economics*. 2022. 12. C. 140-148. DOI: 10.21511/EE.12(1).2021.12.
46. Melnyk, L., Karintseva, O., Kubatko, O., Derev'yanko, Y., & Matsenko, O. (2022). Restructuring of socio-economic systems as a component of the formation of the digital economy in Ukraine. *Mechanism of an Economic Regulation*, 1-2(95-96), 7-13. <https://doi.org/10.32782/mer.2022.95-96.01>  
<https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/89627>
47. Melnyk, L., Matsenko, O., Kubatko, O., Korneyev, M., & Tulyakov, O. (2022). Additive economy and new horizons of innovative business development. *Problems and Perspectives in Management*, 20(2), 175-185. doi:10.21511/ppm.20(2).2022.15
48. Oosterhuis F., Rubik F., Scholl G. Dordrech. Product Policy in Europe: New Environmental Perspectives. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1996. 306 p.
49. Scotland Just Generated More Power Than It Needs From Wind Turbines Alone) // Science alert. 12.08.2016. URL: <http://www.sciencealert.com/scotland-just-generated-more-power-than-it-needs-from-wind-turbines-alone> (accessed on 1.10.2022).

50. Sotnyk I., Kurbatova T., Romaniuk Y., Prokopenko O., Gonchar V., Sayenko Y., Prause G., Sapiński A. Determining the Optimal Directions of Investment in Regional Renewable Energy Development. *Energies*. 2022. 15. DOI: 10.3390/en15103646.

51. Tereshchenko V.S., Matsenko O.M. World Economic Development under the Influence of Environmental Factors. *Економіка: реалії часу*. 2022. 4. С. 25-35.

52. Yevdokimov, Y. Melnyk, V. Melnyk, L. Dehtyarova, I. (2022). Socio-economic innovations in systems analysis: environmental and economic aspects. *International Journal of Environmental Technology and Management*, 25. С. 134-153. DOI: 10.1504/IJETM.2022.120713.