

УДК 338.22.021.4, 330.341:316.4
УКПП
№ держреєстрації 0121U109557
Інв. №

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет (СумДУ)
40007, м. Суми, вул. Римського-Корсакова, 2, М-303, тел. (0542) 332223

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

_____ А.М. Черноус
24.12.2021

ЗВІТ
ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ

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

**РОЗРОБКА КОНЦЕПЦІЇ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДУ
ДО АДИТИВНОЇ ЕКОНОМІКИ
(проміжний)**

Керівник НДР,
д-р екон. наук, проф.

Л.Г. Мельник

2021

Рукопис закінчено 21 грудня 2021 р.

Результати роботи розглянуто науковою радою, протокол від 23 грудня 2021 р. № 7

СПИСОК АВТОРІВ

Керівник НДР, професор кафедри економіки, підприємництва та бізнес- адміністрування, д-р екон. наук, професор	09.12.2021	Л. Г. Мельник (вступ; розділи 1, 2, 3, висновки)
Доцент кафедри економіки, підприємництва та бізнес- адміністрування, канд. екон. наук, доцент	18.12.2021	О. М. Маценко (вступ; розділи 1, 2, 3, висновки)
Професор кафедри економіки, підприємництва та бізнес- адміністрування, д-р екон. наук, професор	30.06.2021	Л. Генс (підрозділи 2.5, 3.2)
Завідувачка кафедри економіки, підприємництва та бізнес- адміністрування, д-р екон. наук, професор	30.09.2021	О. І. Карінцева (підрозділи 2.5, 3.1)
Доцент кафедри економіки, підприємництва та бізнес- адміністрування, д-р екон. наук, професор	18.12.2021	О. В. Кубатко (підрозділи 2.2, 2.5, 2.6)
Професор кафедри економіки, підприємництва та бізнес- адміністрування, д-р екон. наук, професор	18.12.2021	І. М. Сотник (розділ 2)
Доцент кафедри економіки, підприємництва та бізнес- адміністрування, канд. екон. наук, доцент	26.10.2021	І. Б. Дегтярьова (підрозділи 2.3, 2.6)

Доцент кафедри економіки, підприємництва та бізнес- адміністрування, канд. екон. наук, доцент	26.09.2021	Ю. М. Дерев'янка (підрозділ 2.5)
Старший викладач кафедри економіки, підприємництва та бізнес-адміністрування, канд. екон. наук, доцент	18.12.2021	О. С. Гончаренко (підрозділ 2.3)
Старший викладач кафедри економіки, підприємництва та бізнес-адміністрування, канд. екон. наук, доцент	26.09.2021	О. А. Лукаш (підрозділ 2.5)
Асистент кафедри економіки, підприємництва та бізнес- адміністрування	26.07.2021	П. А. Денисенко (підрозділ 3.1)
Молодший науковий співробітник НДЧ кафедри економіки, підприємництва та бізнес-адміністрування	26.07.2021	А. О. Дериколенко (підрозділ 2.6)
Асистент кафедри економіки, підприємництва та бізнес- адміністрування, канд. екон. наук, доцент	26.10.2021	П. В. Гриценко (підрозділ 2.6)
Лаборант кафедри економіки, підприємництва та бізнес- адміністрування	18.12.2021	Ю. М. Завдов'єва (підрозділ 3.1)
Молодший науковий співробітник НДЧ кафедри економіки, підприємництва та бізнес-адміністрування	18.12.2021	О. І. Маценко (розділ 2)
Здобувач кафедри економіки, підприємництва та бізнес- адміністрування	27.12.2021	Д. В. Козлов (підрозділ 2.3)

Аспірант кафедри економіки, підприємництва та бізнес- адміністрування	24.06.2021	В. С. Терещенко (підрозділ 2.2, 2.5)
Аспірант кафедри економіки, підприємництва та бізнес- адміністрування	24.06.2021	Є. В. Хілько (підрозділ 2.4, 2.5)
Аспірант кафедри економіки, підприємництва та бізнес- адміністрування	24.06.2021	Є. А. Переход (підрозділ 3.2)
Аспірант кафедри економіки, підприємництва та бізнес- адміністрування	24.06.2021	І. А. Стародуб (підрозділ 2.4)
Аспірант кафедри економіки, підприємництва та бізнес- адміністрування	24.06.2021	А. А. Панченко (підрозділ 2.6)
Молодший науковий співробітник НДЧ кафедри економіки, підприємництва та бізнес-адміністрування	18.12.2021	С. М. Литвиненко (підрозділ 2.5)
Здобувач кафедри економіки, підприємництва та бізнес- адміністрування	26.07.2021	Д. С. Кобизський (підрозділ 2.7)
Студент Сумського державного університету	24.06.2021	С. О. Ніколаєв (підрозділ 2.4)
Студент Сумського державного університету	27.12.2021	В. С. Попов (підрозділ 2.7)
Студент Сумського державного університету	24.06.2021	М. П. Нікуліна (підрозділ 2.5)

РЕФЕРАТ

Звіт про НДР: 78 с., 11 рис., 4 табл., 92 джерела.

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

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:

- розробити концепції (теоретико-методологічні підходи, базові гіпотези, принципи, методи, інструменти) обґрунтування проривного фазового переходу до моделі адитивної (цифрової) економіки;
- 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.

Методи дослідження – методи порівняльного, багатофакторного, економіко-статистичного, формально-логічного та системно-структурного аналізу.

Вирішення поставлених завдань було здійснено на основі закордонного досвіду, зокрема країн ЄС.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО РОЗРОБКИ КОНЦЕПЦІЇ ПРОРИВНОГО ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДУ ДО МОДЕЛІ АДИТИВНОЇ (ЦИФРОВОЇ) ЕКОНОМІКИ	10
1.1 Концепція адитивної економіки	10
1.2 Складові адитивної економіки.....	11
1.3 Концептуальні засади розвитку адитивної економіки	13
2 АНАЛІЗ ПРОБЛЕМНИХ ВУЗЛІВ ТА УСПІШНИХ ПРАКТИК ПЕРЕХОДУ ДО МОДЕЛІ АДИТИВНОЇ ЕКОНОМІКИ.....	18
2.1 Адитивізація виробництва	18
2.2 Конвергенція та мініатюризація.....	23
2.3 Дематеріалізація.....	26
2.4 Смартизація матеріалів.....	27
2.5 Циркуляризація ресурсокористування	29
2.6 Інформатизація економіки	30
2.7 Інтелектуалізація (кібергізація) виробництва.....	32
3 ІНСТИТУЦІЙНА СОЦІОЛОГІЗАЦІЯ ТРАНСФОРМАЦІЙНИХ РІШЕНЬ ТА АКТИВІЗАЦІЯ ПОТЕНЦІАЛУ САМООРГАНІЗАЦІЇ НАСЕЛЕННЯ ТА БІЗНЕС-СТРУКТУР «АДИТИВНОЇ» ЦИФРОВОЇ ЕКОНОМІКИ.....	34
3.1 Підходи до формування людського капіталу в умовах адитивної економіки	34
3.2 Наукові засади відтворення та самоорганізації людського капіталу в умовах промислових революцій	46
3.3 Потенціал розвитку та самоорганізації бузнес-структур в умовах цифрової економіки	53
ВИСНОВКИ.....	66
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	69

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.

Нова соціально-економічна формація, до якої наразі відбувається проривний фазовий перехід, базується на нових технологічних принципах (адитивних методах виробництва) та відповідних інституційних засадах. Лише наукове обґрунтування забезпечує прийняття точних у просторі та вивірених у часі господарських рішень і гарантує адекватні вибори по низці біфуркаційних розгалужень. Це закладає фундамент для успішного проходження фазового бар'єру до нової моделі організації продуктивних сил та інституційних засад. Непроходження зазначеного фазового бар'єру неминуче відкидає країну на периферію суспільного розвитку і веде до загострення соціальної, економічної і екологічної криз у країні.

Провідна робоча ідея полягає в необхідності і можливості проривного переходу України до нової соціально-економічної моделі продуктивних сил і суспільних інститутів, що має забезпечити розв'язання актуальних соціальних, економічних та екологічних проблем на основі застосування альтернативної енергетики, адитивних технологій, розподілених мереж, Інтернету речей та інших проривних технологій.

Адитивна економіка показана як суспільне явище, що формується на нових принципах взаємодії людини та природи, які значно сестейнізують вплив людської цивілізації на біосферу планети. Адитивна економіка – це соціально-економічна формація, побудована на масовому застосуванню адитивного принципу виготовлення продукції (3D-принтингу) та спрямована

на радикальну мінімізацію використання первинних природних ресурсів і дематеріалізацію суспільного виробництва. Адитивна економіка є антиподом субтрактивної економіки, яка сьогодні панує у світі і побудована на використанні корисно лише незначної частки вилучених з надр природних ресурсів. Перехід до адитивної економіки є системним явищем, трансформаційними складовими якого повинні стати: адитивізація виробництва, мережевізація організаційних структур, інформатизація економіки, конвергенція і мініатюризація продукції, інформатизація матеріалів, кібергізація виробничих систем, циркуляризація ресурсовикористання.

За результатами роботи отримано результати, які полягають у визначенні ключових проблемних вузлів фазового переходу до адитивної економіки та методологічних засад формування відтворювального механізму сестейнового розвитку, а саме:

- розроблено механізми управління процесами фазового переходу для забезпечення сестейнового соціально-економічного розвитку та формування інформаційного суспільства, які, на відміну від існуючих, побудовані на принципах циркулярної економіки та включають низку інструментів (стимули для альтернативної енергетики, відтворення людського капіталу, формування цифрових двійників тощо);

- встановлено проблемні вузли та визначено успішні практики (у т.ч., зарубіжні) переходу до моделі адитивної економіки, зокрема при переході до циркуляційної економіки у напрямках впровадження альтернативної енергетики, підвищення продуктивності праці, ефективному енергозбереженні та сприянні створенню нових робочих місць у руслі Четвертої промислової революції;

- розроблено рекомендації щодо інституційної соціологізації трансформаційних рішень та активізації потенціалу самоорганізації населення та бізнес-структур «адитивної» цифрової економіки. Зокрема, серед ключових рекомендацій слід виділити: моніторинг і застосування інновацій для різних

сфер бізнесу з метою нівелювання ризиків та підвищення стійкості; розвиток у працівників толерантності до змін та пошуку нових напрямів розвитку; розвиток самоуправління колективу з метою посилення синергетичних взаємозв'язків та ефективності колективного пошуку рішень; уникнення надмірного ризику для нівелювання значних збитків; накопичення запасу ресурсів задля перенесення кризових періодів на кшталт епідемії COVID-19.

Одержані у роботі: механізми управління переходом до сестейного розвитку можуть бути використані у подальших прикладних дослідженнях для розвитку теорії зеленої економіки та формування відповідних принципів трансформації людського капіталу; визначені вузли та рекомендації переходу до адитивної економіки можуть бути використані у діяльності підприємств для їх трансформації до «цифрового» підприємства та переходу на моделі циркуляційної економіки.

Результати НДР частково використані при виконанні господарчих договорів на замовлення:

- № 53.14-2021.СП/02 «Дослідження економічних ефектів цифрової трансформації бізнесу»;
- № 53.14-2020.СП/01 «Підвищення конкурентоздатності підприємства на основі оптимального використання діджитал-платформ для просування промислової продукції»;
- № 53.14-01.17.СП/1 «Еколого-економічний аналіз венчурних проектів у сфері альтернативної енергетики».

Одержані результати частково впроваджені у навчальний, зокрема при викладанні дисциплін «Сучасні тренди в бізнесі: досвід ЄС» та «Сучасні тренди економічного розвитку».

1 ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО РОЗРОБКИ КОНЦЕПЦІЇ ПРОРИВНОГО ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДУ ДО МОДЕЛІ АДИТИВНОЇ (ЦИФРОВОЇ) ЕКОНОМІКИ

1.1 Концепція адитивної економіки

Поняття «адитивний» як правило пов'язують із поняттям «технологія». *Адитивні технології* можна вважати певним антиподом традиційним технологіям виробництва, які сьогодні повсюди застосовуються у сфері виробництва. Останні можна було назвати ще «субтрактивними» технологіями (від англ. subtract – віднімати). Вони засновані на тому, щоб із вилучених у природи ресурсів використовувати корисно лише незначну їх частку, повертаючи решту в природні екосистеми як відходи. При цьому вони перебувають вже в значно токсичнішому і шкідливому вигляді. За оцінками вчених, частка речовини, яка корисно використовується у виробництві, не перевищує сьогодні в середньому 10%. Це значить, що решта 90% сировини повертається в природу, забруднюючи і руйнуючи її екосистеми.

На відміну від субтрактивної технології адитивні методи виробництва (від англ. add - додавати) не відсікають зайве, а додають необхідне. Саме так працюють 3D-принтери, які шар за шаром наносять речовину, матеріалізуючи таким чином інформаційні образи товарів, що виробляються.

Втім, на наш погляд, поняття «адитивний» слід розуміти значно ширше, ніж просто метод виробництва. Мова повинна йти про перехід економічної системи в цілому на нові принципи реалізації продуктивних сил суспільства, відмінні від субтрактивних методів. За субтрактивними методами виробництва стоїть цілісна система адекватних їм процесів – від отримання первинної сировини до споживання кінцевих продуктів і утилізації відходів, що залишаються. Наведену вище пропорцію часток ресурсів, що корисно використовуються, і отриманих відходів слід розглядати як коефіцієнт корисної дії функціонування систем життєзабезпечення суспільства, який, як ми бачимо, не перевищує 10%.

Саме так працює енергетика, яка забруднює своїми відходами усі три природні сфери: повітря, води й природні ландшафти. При цьому майже половина основних фондів в тепловій енергетиці (за деякими оцінками, 30-40%) витрачається лише на очисне устаткування, яке взагалі не виробляє корисної роботи. Подібним чином працює транспорт, який для переміщення вантажів потребує вилучення із екосистем величезної кількості природних ландшафтів на дороги, трубопроводи, різні види комунікацій. При цьому значне навантаження екосистеми створюють процеси видобутку і переробки паливних ресурсів, необхідних для роботи транспорту. Надзвичайно низькою є ефективність власне виробничих систем, інтерналіями і екстерналіями яких є величезна кількість відходів і руйнування екосистем.

Так що, перехід до адитивних методів означатиме і фазовий перехід до нової соціально-економічної формації, яка може бути названа *адитивною економікою*. Вона має означати стрибок суспільства до нового рівня ефективності суспільного виробництва.

Зусилля людської цивілізації, які сьогодні витрачаються на видобування і переробку ресурсів, а також утилізацію відходів виробництва і споживання можуть бути спрямовані на особистісний розвиток людства і досягнення тієї генеральної мети, яка фактично зафіксована в концепції сестейнового розвитку суспільства. На основі сказаного можна дати визначення адитивної економіки (АЕ).

АЕ – це соціально-економічна формація, побудована на масовому застосуванні адитивного принципу виготовлення продукції (3D-принтингу) та спрямована на радикальну мінімізацію використання первинних природних ресурсів і дематеріалізацію суспільного виробництва.

1.2 Складові адитивної економіки

Як бачимо, те, що включає в себе адитивна економіка, ніяк не обмежується лише сферою застосування засобів виробництва. Фазовий

перехід до адитивної економіки насправді означає системне явище, трансформаційними складовими якого повинні стати: адитивізація виробництва, мережевізація економіки, конвергенція і мініатюризація продукції, інформатизація економіки, інформатизація матеріалів, інтелектуалізація (кібергізація) виробництва, колективізація споживання, циркуляризація ресурсовикористання (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Складові трансформацій процесів фазового переходу (ФП) до адитивної економіки (складено авторами)

Як бачимо, формування адитивної економіки – це складний суспільний процес, системними складовими якого виступають багато сфер соціально-економічної системи. Трансформаційні процеси формування основних із них показані на рис. 1.1. Кожен із цих трансформаційних процесів є біфуркаційною зміною, яка допускає багато можливих шляхів свого розвитку. Біфуркаційність зазначених змін обумовлює дискусійний характер їх інтерпретації та аналізу. Пам’ятаючи про це, спробуємо дати визначення зазначених процесів і звернути увагу на їх основні особливості.

1.3 Концептуальні засади розвитку адитивної економіки

В наукових працях сьогодні прогнозуються зміни, які чекають економічні системи у зв'язку з переходом до адитивної економіки (табл. 1.1).

Увага експертів до еволюції соціально-економічних систем і прогнозних оцінок стану їх складових дає можливість скласти уяву про контури тих ключових змін, яке несе людству розвиток адитивної економіки.

Знайомство з майбутнім завжди передбачає погляд за горизонт – спробу передбачити явища життя, які ще не здатні розгледіти звичайні мешканці планети. Адитивна економіка – це реальність, яка очікує нас вже в недалекому майбутньому. Проведені дослідження дають можливість спрогнозувати ті явища суспільного життя, які поки що перебувають за горизонтом розвитку людства і відкриваються нам вже завтра.

Немає сумніву, що формування адитивної економіки означає стрибок людства на новий якісний рівень його розвитку. Він обіцяє багаторазове підвищення ефективності суспільної праці, суттєву дематеріалізацію економічних процесів, вирішення значної частини екологічних проблем, формування передумов прогресивного особистісного розвитку людства.

Разом з тим, наївно припускати, що зазначені досягнення людства, як і будь-які складні явища, несуть з собою лише позитивні ефекти, які не затьмарені негативними наслідками. Системний аналіз лише тоді є цінним, якщо дає змогу прослідити нарівні з позитивними складовими ефектів будь-якого явища також його негативну сторону. Системний погляд на розвиток адитивної економіки представлений на рис. 1.2.

Таблиця 1.1 – Projected effects of additive economy development until 2025
(складено авторами на основі: Schwab, 2017; Schwab et al., 2018; Disruptive, 2019; Skinner, 2018)

Технологія	Оцінка потенційного ефекту
3D-друк	<p>Це дозволяє заощадити від 35 до 60% експлуатаційних витрат на одиницю виробленої продукції та досягти дуже високого рівня налаштування (тобто виготовлення відповідно до індивідуальних вимог замовника).</p> <p>5% споживчих товарів надруковано на 3D-принтері.</p> <p>Перша трансплантація печінки, створена за допомогою технології 3D-друку</p>
Мобільний Інтернет	<p>Зниження на 10–20% витрат на лікування хронічних захворювань завдяки дистанційному моніторингу стану здоров'я</p>
Інтернет речей	<p>Це знизить експлуатаційні витрати до 36 трильйонів доларів США завдяки підвищенню ефективності переробки, охорони здоров'я та видобутку корисних копалин.</p> <p>1,2 – 3,7 трлн дол. США економічного ефекту.</p> <p>Економічний ефект 0,4 – 1,2 трлн доларів США за рахунок самообслуговування, розумного контакту виробника зі споживачем</p>
Блокчейн	<p>Завдяки блокчейну заощаджується 10% світового ВВП</p>
Шерінгова економіка	<p>Більше 50% від кількості поїздок каршерінгом</p>
“Хмара”	<p>Підвищення продуктивності на 15–20% за рахунок створення ІТ-інфраструктури, розробки необхідних додатків і програм.</p> <p>Економічний ефект від 1 до 6 трлн доларів на рік за рахунок використання хмарних технологій</p>
Просунута робототехніка	<p>Потенціал покращання життя 50 мільйонів людей з ампутованими кінцівками та людей з обмеженою рухливістю</p>
Енергозбереження	<p>Очікується, що від 40 до 100% автомобілів будуть електричними або гібридними</p>
Передові матеріали	<p>Використання нових наномедичних препаратів може успішно вилікувати до 20 мільйонів вперше діагностованих випадків раку</p>
Відновлювані джерела енергії	<p>До 2025 року можна запобігти від 1 до 2 млн т викидів CO₂</p>



Рисунок 1.2 – Горизонти адитивної економіки (складено авторами)

Оцінювання можливих наслідків впровадження проривних технологій має велике значення. Це дозволяє порівнювати витрати на їхнє розроблення та освоєння з тими ефектами, які вони можуть принести. Обґрунтування найбільш ефективних вкладень у інноваційні проєкти відіграє надзвичайно важливу роль на тлі тих витрат, які вкладаються в реалізацію проривних технологій (Проривні, 2020).

Основні напрямки реалізації позитивних ефектів показані нами вище. Узагальнюючи, можна сказати, що позитивні ефекти розвитку адитивної економіки зводяться до sustainization of технологій виробництва енергії та переробки матеріалів значної дематеріалізації економічних процесів, створення умов для прогресивного соціального (особистісного) розвитку

людини. Значно менш наочні і важчі в прогнозуванні негативні ефекти. Сьогодні ми можемо мати уявлення лише про контури зазначених ефектів.

Вразливість інформаційних систем. Збільшення інформаційної складності та кіборгізація технологічних систем дає можливість значно підвищити ефективність їх функціонування. Разом з тим суттєво збільшується їх вразливість до технічних збоїв (аварії, відключення електроенергії, пошкодження комунікацій тощо) та несанкціонованих інформаційних впливів (комп'ютерні віруси, хакерські атаки). В разі виникнення наяву зазначені негативні ситуації можуть звести нанівець («обнулити») багато із можливих позитивних ефектів.

Ризик втрати контролю за кіберсистемами. Колосальна складність кіберсистем, які здійснюють управління технологічними процесами, залишають людині все менше можливості контролю за їх діяльністю. Зазначений ризик посилюється постійним збільшенням здатності кіберфізичних систем до самопроекування та самоорганізації.

Іще одним фактором, що може збільшити ризик, є зростання ролі «Хмари» в управлінні економічними процесами. Наразі зазначена інформаційна суперсистема діє в режимі глобальної пам'яті. Але вона дуже швидко еволюціонує в бік формування системи всепланетного метарозуму, здатного контролювати процеси існування цивілізації.

Інформаційна залежність людини. Постійна концентрація людини на сприйнятті інформації у поєднанні зі зниженням фізичної активності може викликати певні форми залежності, схожі з впливом наркотичних речовин. Наслідками можуть бути психічні проблеми зі здоров'ям людини та неадекватність її поведінки у суспільстві.

Надмірне психологічне навантаження. Інформаційний контроль за технологічними системами надвисокої складності вимагає величезного психологічного напруження людини, яке не кожен здатний витримувати. Ситуація ускладнюється тим, що подібні інформаційні навантаження генетично не закладені в людині, і їй доводиться засвоювати цифрові навички

заново. Психологічне навантаження підсилюється прискоренням трансформаційних процесів і необхідністю постійно змінювати умови роботи.

Зниження конфіденційності. Цифрові технології роблять людину практично прозорою перед суспільством (Проривні, 2020). З одного боку, це сприяє попередженню різних неправових дій, а з іншого боку, робить людину незахищеною від негативного соціального впливу та злочинних дій інформаційного характеру.

Збільшення соціальної уніфікації. Мережевізація виробничої діяльності і соціального існування людини посилює роль різних стандартів в житті особистостей і колективів. Це збільшує ризик масової уніфікації і зменшення ступеня інклюзивності.

Ризик зниження творчого потенціалу людини. Звільнення людини від багатьох рутинних виробничих функцій означає необхідність переключення на розумову творчу діяльність, що є проблематичною для значної кількості людей. Виникає ризик поступової особистісної деградації людини.

2 АНАЛІЗ ПРОБЛЕМНИХ ВУЗЛІВ ТА УСПІШНИХ ПРАКТИК ПЕРЕХОДУ ДО МОДЕЛІ АДИТИВНОЇ ЕКОНОМІКИ

2.1 Адитивізація виробництва

Адитивізацією виробництва слід вважати масовий перехід на застосування адитивних технологій (АТ) в процесах виробництва продукції (матеріальних виробів та енергії). АТ побудована на принципі адитивності, тобто використанні при виробництві продукції лише необхідних компонентів (енергії та речовини), які вилучаються з природи. Так, альтернативна енергетика виробляє необхідну людям енергію, а 3D-принтинг – виготовляє матеріальні речі з мінімумом використання природних ресурсів. АТ є антиподом субтрактивної технології, яка заснована на відокремленні (субтракції) від вилучених з надр природних ресурсів зайвих компонентів. Так, традиційна енергетика вилучає з паливних ресурсів і спалює лише їх енергоємну компоненту (вуглець), залишаючи решту у вигляді відходів, а матеріальне виробництво вдається до багатоетапної переробки первинних ресурсів, використовуючи корисно лише незначну їх частину. Кінцевою метою зазначеного переходу є *адитивне виробництво*.

Адитивне виробництво (АВ) (англ. additive manufacturing – AM; також як синоніми використовують інші терміни: адитивні технології - additive technologies, фабер технології - faber technologies, 3D-друк - 3D -printing; пряме цифрове виробництво - direct digital manufacturing). Згідно з визначенням, що використовується в англійській літературі, **АВ** – це термін, що позначає технології, які створюють 3D-об'єкти з комп'ютерної 3D-моделі нанесенням (adding) шар за шаром матеріалів: або пластику, металу, бетону або в один із днів... людської тканини» (Additive, 2017; What, 2016).

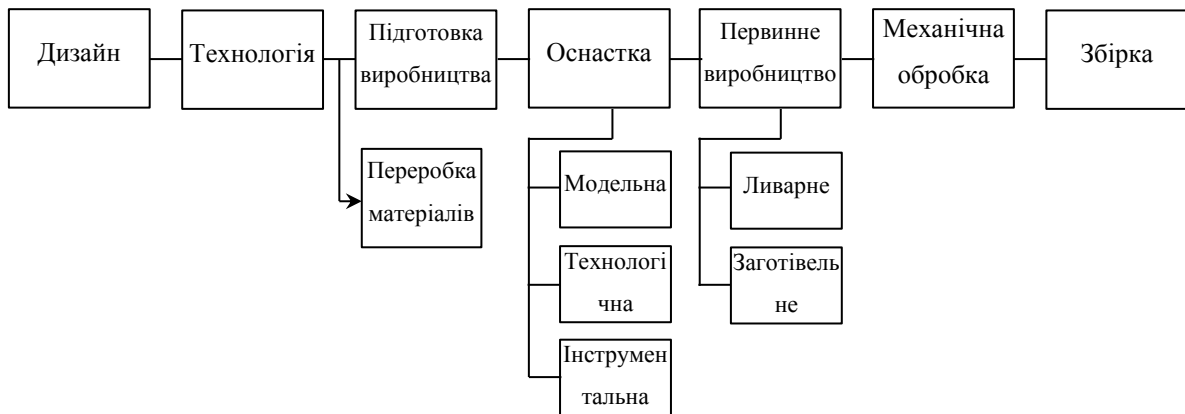
АВ об'єднує в собі групу методів виготовлення продукції, що побудовані на поетапному формуванні виробів шляхом додавання матеріалу на основу (платформу або заготовку) за тривимірною комп'ютерною моделлю.

Використовуються методи: селективного лазерного плавлення, лазерної стереолітографії, селективного лазерного спікання, електронно-променевої плавки, моделювання методів багатострумінєвого моделювання, використання ефектів ламінування, комп'ютерної осьової літографії (Проривні, 2020).

Сферами застосування АВ є практично всі сектори економіки, зокрема: будівництво, агровиробництво, машинобудування, суднобудування, авіабудування, космонавтика, медицина і фармакологія.

Крім колосальної економії витрат на сировину, в АВ значно знижуються технологічні витрати на підготовку виробничих процесів (витрати праці, енергії, матеріалів) (рис. 2.1) (Проривні, 2020). Про сам процес виготовлення, включаючи за необхідності внесення змін і диверсифікацію форм продукції, що випускається, «дбає» керуючий виробничим процесом комп'ютер із 3D-принтером за мінімальних витрат (Мельник, 2018).

Субтрактивне виробництво



Адитивне виробництво

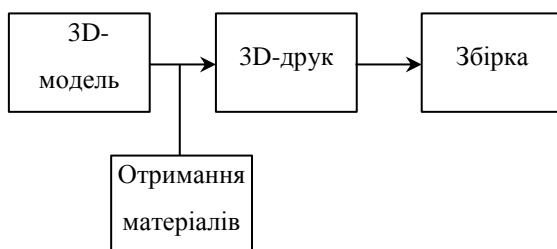


Рисунок 2.1 – Порівняльна схема реалізації субтрактивного і адитивного виробництва (складено авторами)

АВ дозволяє реалізувати значні переваги (Определение, 2015; Самойлов, 2014), зокрема:

- необмежені можливості конструювання;
- *безкоштовність* забезпечення складності;
- *безкоштовність* забезпечення варіативності;
- мінімальну *відходність*;
- виготовлення під *вимоги індивідуального замовника* з мінімальною зміною вартості виробництва;
- можливість внесення змін *в останній момент*;
- виключення етапу *збирання*;
- пряма *матеріалізація* інформаційних образів (останні можуть задаватися, зокрема, безпосередньо голосом людини, а в перспективі – і думкою) (Мельник, 2018).

У сучасній промисловості використовуються такі основні процеси пошарового створення 3D-об'єктів (Аддитивные, 2019):

- UV-опромінення (англ. UV-mapping) – процес в 3D-моделюванні, який полягає в накладанні двовимірного зображення на тривимірну модель (U і V позначають відповідність між координатами на площині тривимірного об'єкта – X, Y, Z і координатами на текстурі – U, V) (UV mapping, 2019);
- екструзія (E.) (extrusion) – матеріал під час E. видавлюється через екструзійну головку або філ'єру (спеціальний отвір);
- струменеве напилення (spray spraying) – нанесення порошка на попередньо нагріту деталь із пневматичного розпилювача;
- сплавлення (fusion, melting) – отримання сплавів шляхом спільного розплавлення їх складових;
- ламінування (lamination) – процес з'єднання двох або більше шарів різних матеріалів за допомогою в'язучої речовини.

В адитивних технологіях використовуються такі матеріали: *віск, гіпсовий порошок, рідкі фотополімери, металеві порошки, різні поліаміди, полістирол.*

Сьогодні випускаються чотири основні класи 3D-принтерів (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Характеристика основних класів 3D-принтерів (3D-принтеры, 2021)

Клас 3D-принтера	Інтервал цін, тисяч дол. США
Промислові	від 100
Дизайнерські	20 – 100
Професійні	2,5 – 20
Персональні / настільні / домашні	менше 2,5

Промислові принтери використовуються на крупних промислових об'єктах і відзначаються високою точністю. Вони можуть працювати з різними промисловими матеріалами (зокрема, надміцними і термостійкими).

Дизайнерські установки використовуються в конструкторській діяльності, зокрема для візуалізації конструкторських ідей, а в ряді випадків і для виготовлення та випробування прототипів майбутніх виробів.

Професійні принтери відзначаються відносно високою надійністю і застосовуються для вирішення різних виробничих, дослідницьких і бізнес-завдань. На відміну від персональних (домашніх) комп'ютерів, вони характеризуються високою точністю, стабільністю і повторюваністю друку; їх термін роботи – 7-10 років (для порівняння: у домашніх – до року).

Домашні принтери відзначаються невисокою якістю, низькою стабільністю побудови, вони використовуються у побуті та школах для виготовлення різних недорогих предметів.

За оцінками аналітичної компанії IEAGROUP, в 2019 році глобальні продажі 3D-принтерів, а також матеріалів, програмного забезпечення і сервісів для цього обладнання склали близько 11 млрд євро. В 2021 році ця сума

наблизилася до 16 млрд євро. Прогноз на 2025 р. – майже 42 млрд євро, а на 2029 р. – 103 млрд євро (EU Market, 2021).

У 2021 році французька компанія Sculpteo провела аналіз світового 3D-принтингу. Було опитано понад 1900 користувачів 3D-принтерів з 86 країн (The state, 2021). Досліджувалися перспективи розвитку даного виду технології, включаючи визначення галузей і видів діяльності де може застосовуватися 3D-принтинг, форми використання та пріоритетні види матеріалів, які використовує ця технологія. Зокрема, на рис. 2.2 показано результати відповідей експертів на питання, якими вони бачать найбільш перспективні види робіт, де може застосовуватися 3D-принтинг (у % кількості позитивних відповідей на дане запитання).

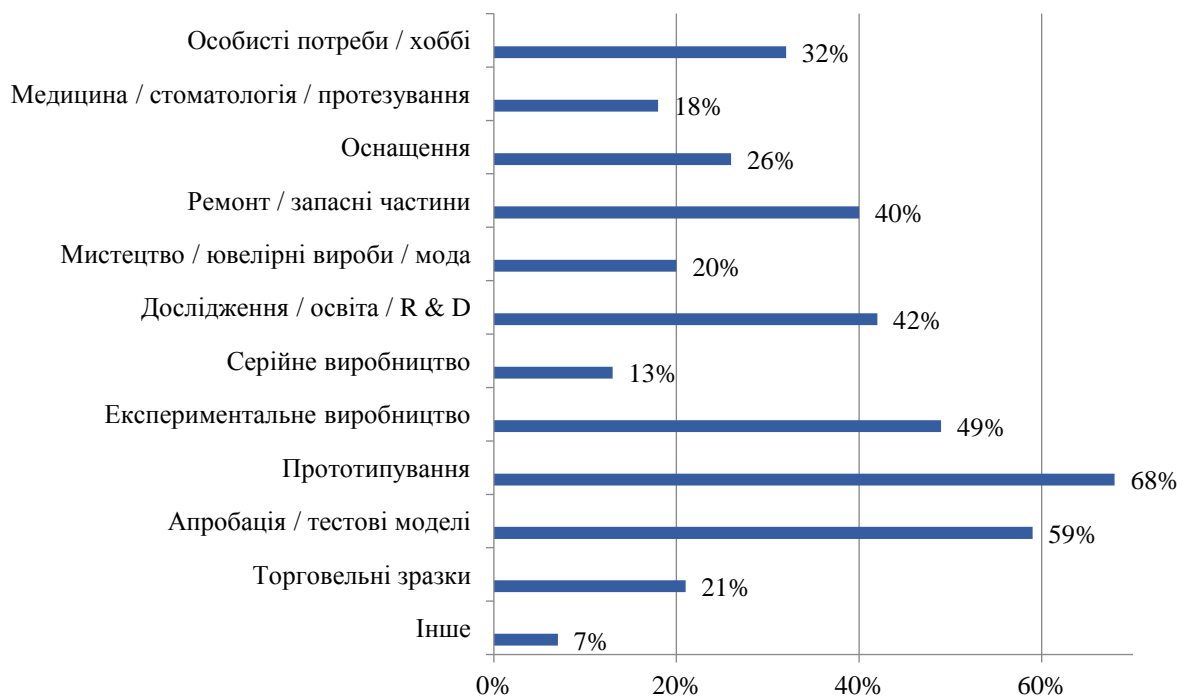


Рисунок 2.2 – Найбільш перспективні види робіт, де може застосовуватися 3D-принтинг (Комбаров, 2020)

Прогнозується до 2025 року значне збільшення частки операцій, що виконуються за допомогою 3D-принтерів в різних галузях (рис. 2.3).

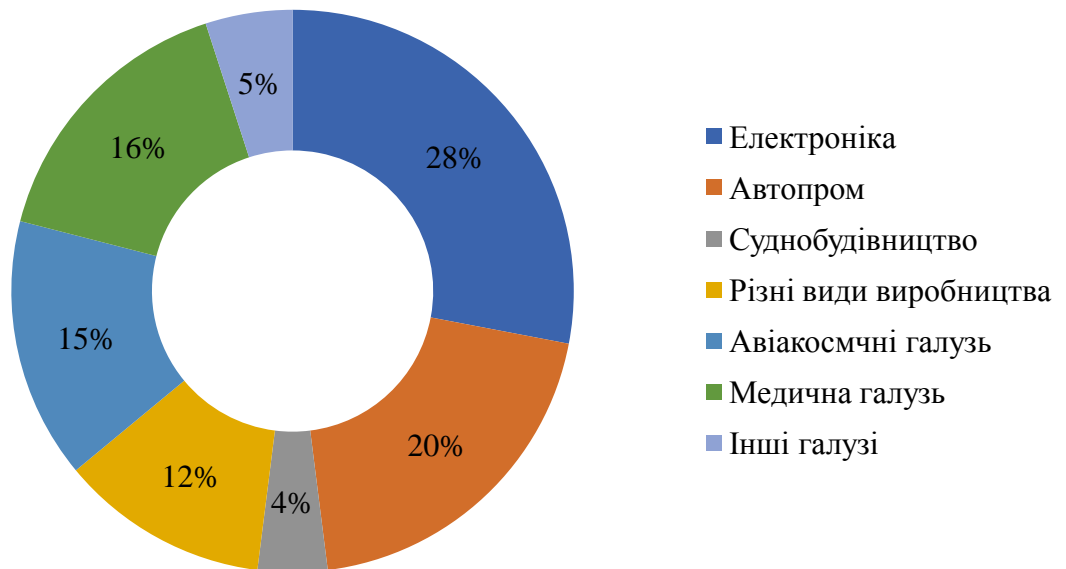


Рисунок 2.3 – Прогнозний рівень впровадження 3D-принтерів в різних галузях до 2025 року (Рынок, 2021)

Зазначеним рівням використання 3D-принтерів у галузях відповідає і приблизна погалузєва структура ринку адитивних систем, що прогнозується на 2025 рік.

Надзвичайно важливою складовою адитивної економіки є зменшення енергоємності і матеріаломісткості продуктів, що випускаються. Це обумовлює зниження преса виробничих систем на природні ландшафти. Практичними інструментами зазначеного напрямку є також конвергенція і мініатюризація виробів.

2.2 Конвергенція та мініатюризація

Термін «*конвергенція*» походить від слова *converge*, що означає «зводити в одну точку», «зводити воедино». Щодо виробництва, бізнесу і споживання конвергенція передбачає об'єднання кількох властивостей та функцій в одному предметі або пристрої для подальшого використання цього пристрою для різних цілей (Convergence, 2021; Kranz et al., 2021, Проривні, 2020). В роботі (Kranz et al., 2021) дається визначення технологій конвергенції як терміну, що означає поєднання технологій (часто в одному приладі), які до

цього застосовувалися окремо одна від одної. Таким чином, під *конвергенцією*, як правило, розуміється багатофункціональність.

Яскравим прикладом реалізації конвергенції є такий відомий усім приклад, як сучасний мобільний телефон. Він вміщує все те, що ще кілька років тому було окремим, причому досить об'ємним предметом: комп'ютер, телефон, фотоапарат, відеокамера, ліхтарик, записна книжка, годинник-будильник, календар і багато ще чого (табл. 2.2) (Проривні, 2020).

Таблиця 2.2 – Деякі функції сучасного мобільного смартфона (Проривні, 2020)

Функція	Функція
<ul style="list-style-type: none"> • Телефон • Комп'ютер • Фотоапарат • Слайдоскоп • Відеокамера • Словник • Бібліотека • Диктофон • Калькулятор • Довідник • Пульти дистанційного управління 	<ul style="list-style-type: none"> • Записна книжка • Годинник • Таймер • Ліхтарик • Календар • TV-приймач • Радіоприймач • Передавач • Програвач • Принтер • Коректор • Навігатор (GPS)

Утім, в цьому списку повинні з'явитися і носії таких функцій, яких раніше взагалі не існувало, наприклад: «оператор електронної пошти» або «персональний блок пам'яті». Процес конвергенції став можливим завдяки ще одному науково-технічному досягненню – колосальній мініатюризації виробів (Мельник, 2018).

Мініатюризацією (М.) (франц. *miniaturisation*, від *miniature* – щось дуже маленьке) можна назвати методи зменшення розмірів, маси й споживання енергії приладів, механізмів, машин та ін. при одночасному підвищенні їх якісних характеристик, надійності та ступеня автоматизації процесів проектування та виробництва; М. досягається на основі використання блоків і вузлів із мініатюрних елементів і збільшення щільності їх комплектації (*Miniaturization*, 2021).

Наприклад, щільність упаковки електронної апаратури на основі електронних ламп досягає 0,3 елементів на кубічний сантиметр (ел/см³), на основі напівпровідникових елементів – 2,5 ел/см³, на основі мікромодулів – понад 10 ел/см³, на основі інтегральних схем – тисячі і.с./см³. В останньому випадку мова вже йде про щільність навіть не елементів, а цілих інтегральних схем (*Мікромініатюризація*, 2021).

Дуже яскраво значення явища мініатюризації охарактеризував один із засновників теорії постіндустріального (інформаційного) суспільства Деніел Белл (*Deniel Bell*).

«Сьогодні в одній крупинці інтегральної схеми вартістю менше долара, сконцентрована потужність десятків тисяч транзисторів з усіма провідниками, що їх з'єднують. Його ємність – мільйони байтів, і швидкодія – трильйони операцій на секунду» (Bell, 1976; Мельник, 2018).

Хоча це було написано майже півсторіччя тому, сказане наочно ілюструє зміст процесу мініатюризації.

2.3 Дематеріалізація

Дематеріалізація – це явище зменшення матеріальних елементів (енергії й речовин) у складі технологій, готової продукції і забезпечувальних процесів (транспортування і зберігання) за рахунок збільшення в економічному циклі інформаційної складової.

За останні 20 років вага фото- і відеокамер, магнітофонів, акумуляторів знизилася в рази, а то – й на порядок. За сорок років паливоємність автомобілів зменшилася майже в 10 разів (із 20 до 2 літрів на 100 км шляху) (Вайцеккер и др., 2000; Вайцеккер и др., 2013). Перехід фото- і кіноіндустрії на цифрові технології зробили непотрібною цілу галузь, зайняту виробництвом фото- і кіноматеріалів (плівки, паперу, хімічних реагентів). Крім того, стало непотрібним і виробництво обладнання, необхідного для проявлення, закріплення, друку відповідної продукції (Проривні, 2020). Наочним наслідком зазначених процесів, зокрема, є банкрутство всесвітньо відомої фірми «Кодак», яка понад ста років справно обслуговувала ринок фотоматеріалів (Мельник, 2018), успішно заробляючи великі прибутки.

Значна економія матеріалів і енергії забезпечується за рахунок інформатизації процесів транспортування і зберігання продукції. Сьогодні все більше замість транспортування матеріальних виробів передаються їхні інформаційні образи «цифрові двійники», які отримувач матеріалізує за допомогою 3D-принтерів. Те саме можна сказати про процеси зберігання продукції. Зберігання не самих виробів, а їхніх цифрових двійників не тільки заощаджує колосальну кількість матеріалів і енергії, але й запобігає втраті їхніх якісних властивостей.

2.4 Смартизація матеріалів

Смартизація матеріалів (ІМ) – це цілеспрямована зміна властивостей матеріалів (перш за все їх якісних характеристик та функціонального спрямування), що дозволяє значно збільшити ефективність економічних систем, де використовуються дані матеріали.

ІМ є надзвичайно ефективним напрямом зниження ресурсомісткості всієї економічної системи. Зокрема, це дає можливість суттєво зменшити енергоємність і матеріаломісткість виробничих систем на трьох стадіях (Підприємництво, 2018): при виробництві вихідних ресурсів, виготовленні самого матеріалу і використанні його в технічних системах.

Так, завдяки впровадженню волоконно-оптичного зв'язку (кварцове, скляне або полімерне волокно) вдалося підвищити швидкість передачі інформації більш ніж на 5 порядків. Один світловод здатний легко замінити цілий кабель, що містить кілька сотень металевих дротів. Зокрема, один світловод, що має діаметр близько 1,5 см, може з успіхом замінити телефонний кабель 7,5 см у діаметрі, що містить 900 пар мідних дротів. Світловод також має цілу низку інших істотних переваг (Бутов, 2003; Мельник, 2018).

Крім того, що нові матеріали при їх незрівнянно вищих функціональних властивостях дозволяють замінити цілий ряд дорогих і ресурсомістких (при їх виробництві) матеріалів, вони, як правило, також значно (часто на порядки) знижують ресурсомісткість функцій, що виконуються ними (Мельник, 2018).

Зокрема, теплоприток при передачі сигналів у каналах зв'язку з волоконних світлодіодів приблизно в 100 разів менший від теплопритоку передачі сигналів по кабелях із нікелю (Оптическое, 2015).

Але й цим ефекти ресурсозбереження від застосування нових матеріалів не обмежуються. Зазвичай має місце також ефект, обумовлений істотно

меншою матеріаломісткістю та енергоємністю їх виробництва порівняно з матеріалами, які вони замінюють (Мельник, 2018).

Смартизація матеріалів відкриває шлях до провадження 4D-принтингу, який побудований на здатності матеріалів змінювати свої властивості (наприклад, форму) після закінчення технологічної операції на 3-D принтері. Умовно можна говорити, що у цьому випадку з'являється четвертий вимір, яким є час, упродовж якого продукція набуває своєї остаточної форми та інших властивостей. «Розумні» матеріали здатні «вмикати» свою «пам'ять» в будь-які моменти часу, навіть через значні інтервали часу після свого друку. Факторами, що «вмикають» «пам'ять» матеріалів можуть бути різні параметри стану навколишнього середовища, на які здатні реагувати матеріали, як це показано на рис. 2.4.

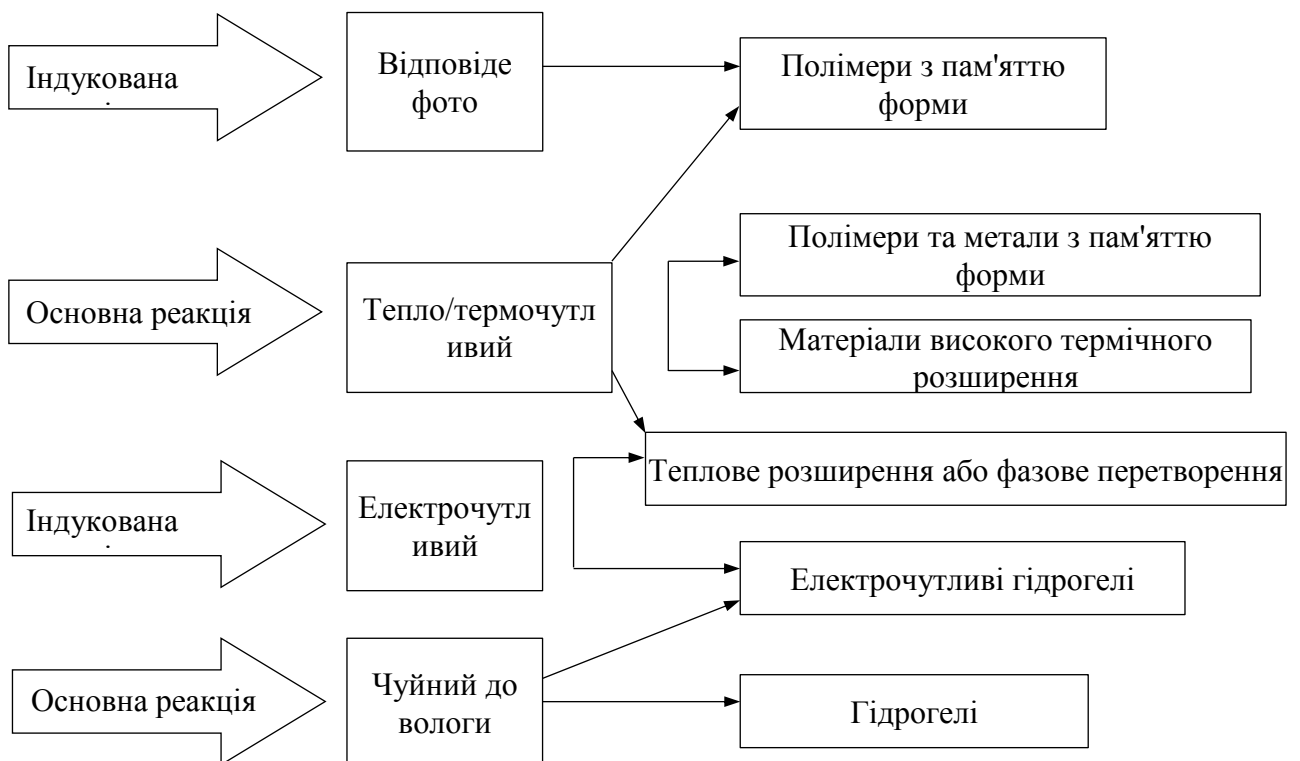


Рисунок 2.4 – Різні реакції «smart» матеріалів на дію відповідних збудників (Reddy, 2021)

4Д-принтинг може використовуватися (і він вже починає застосовуватися) в багатьох сферах економіки, зокрема: космічній галузі, автомобілебудуванні, на транспорті, в комунальному господарстві, у випадках надзвичайних ситуацій, в авіабудуванні, медицині, роботобудуванні, електроніці, мистецтві.

2.5 Циркуляризація ресурсокористування

Циркуляризація ресурсокористування (ЦР) – це перехід на використання відновлюваних ресурсів за замкненими циклами, де закінчення використання певного ресурсу в одному з циклів виробництва й споживання продукції означає початок його використання в іншому циклі.

ЦР закладає основу для побудови циркуляційної економіки (circular economy), або економіки замкнених циклів (cycle economy, closed-loop economy), тобто цілісної системи виробництва і споживання продукції, побудованій на циркуляційному ресурсокористуванні.

Програма подібної економіки реалізується наразі в Європейському Союзі (New circular economy action plan). Така економіка покликана вирішувати завдання сестейнового зростання (sustainable growth). В Японії формують «Суспільство правильного матеріального циклу». В Південній Кореї прийнята «Стратегія зеленого зростання» (Green Growth Strategy).

Передумови для розвитку циркуляційного ресурсокористування створюються в ході Industry 4.0 і формуванні Інтернету речей.

Кріс Дедікот, старший віце-президент компанії Cisco, звертає увагу на екологічні можливості технічного прогресу: «У циркулярній економіці кожен продукт матиме свою мітку, яка покаже джерело ресурсів, технологію виробництва, вид енергії, використаний для цього, тощо.

...Отримана на основі даних інформація дає можливість підприємствам, містам та країнам ефективніше відновлювати і переробляти відповідні ресурси» (Dedicoat, 2016; Мельник, 2018).

Своє оригінальне визначення циркулярної економіки дають Т. Bauwens та інші. В цьому визначенні автори знаходять місце циркулярному ресурсокористуванню: «The circular economy is a model of production and consumption in which existing materials and products are shared, leased, reused, repaired, refurbished, and recycled for as long as possible. In this way, the life cycle of product is extended» (Bauwens et al., 2020).

2.6 Інформатизація економіки

Інформатизацією економіки може бути умовно названий процес заміщення в активах виробництва і споживання їх матеріальної частини інформаційною складовою.

Інформація все більше починає виконувати функції тих ключових компонентів економічної системи, які раніше виконували матеріальні активи. Серед них можна назвати (Ілляшенко, 2009):

- сировину (напр., первинна інформація);
- засіб праці (комп'ютерна програма, техпроцес, управлінське рішення);
- предмет праці (інформація в обробці і аналізі);
- готову продукцію (навчений фахівець, шоу, наукова інновація);
- засіб споживання (мистецький твір, новина, туризм);
- капітал (джерело отримання прибутку) (патент, бренд);
- товар (об'єкт купівлі-продажу: інформаційна послуга, патент);
- об'єкт власності (авторське право);
- засіб захисту (антивірусна програма, код, пароль).

Причому значення інформаційних форм економічної системи і далі неухильно збільшуватиметься.

У сучасних засобах праці провідне значення інформації обумовлено двома причинами: по-перше, тим, що вона відіграє першорядну роль у виконанні

виробничих функцій; по-друге, переважною часткою її вартості в загальній ціні виробу, яка досягає іноді 80–90%. Зокрема на маленький електронний блочок, що керує операційними режимами, припадає близько 70% ціни сучасної пральної машини-автомата (Ілляшенко, 2009).

Все більше інформатизуються споживчі товари. В багатьох сучасних товарах та послугах матеріальна їхня складова виконує роль лише носія інформації (рис. 2.5).



Рисунок 2.5 – Деякі види сучасних інформаційних товарів (складено авторами)

Найбільш значна трансформація обіцяє відбутися в самій людині. У тріаді її складових «біо-трудо-соціо» провідну позицію повинна посісти особистісна (інформаційна) сутність людини, тобто людина «соціо». Це означає, що саме особистісні властивості людини визначатимуть розвиток виробничого середовища і формування контурів всього суспільства (Ілляшенко, 2009).

2.7 Інтелектуалізація (кібергізація) виробництва

Інтелектуалізація виробництва – це процес наділення виробничих систем здатністю самовідтворення (реплікації), самонавчання і самоудосконалення. Основою інтелектуалізації виробництва є застосування штучного інтелекту і кіберфізичних систем. Тому цей трансформаційний перехід можна ще назвати кібергізацією.

В Батському університеті Британії (University of Bath) 29 травня 2008 року відбулася знаменна подія в історії людства. Вперше робот виготовив деталі для відтворення самого себе, тобто точної своєї копії, а зібрана копія почала виготовляти «онука» першої машини (Попов, 2008).

Створення копії здійснювалося методом 3D-друку через послідовне нанесення тонких шарів розплавленого полімеру. Конструкція робота RepRap (Replicating Rapid-prototyper) була оптимізована так, щоб його частини можна було надрукувати на ньому самому (Проривні, 2020).

Ще вищий клас у забезпеченні самовідтворення створених людиною сутностей продемонструвала Google. Тут навчили своє програмне забезпечення самостійно робити більш досконалий варіант програмного забезпечення (Пальчинская, 2017).

Це досягнення, безсумнівно, є значним проривом у створенні штучного інтелекту. По-перше, набагато важче навчити штучно створені людиною сутності (нехай навіть і нематеріальні) вирішувати завдання, що вимагають застосування інтелекту. Це набагато складніше, ніж змусити робота виконувати механічну роботу за задалегідь закладеною програмою. По-друге, за версією Google, програма не лише відтворює себе, а і здатна самовдосконалюватися, тобто має навички самонавчання. Отримані результати мають велике прикладне значення для автоматизації робіт, що вимагають розумової праці (створення програмного забезпечення, архітектура, охорона здоров'я, конструкторські роботи тощо) (Мельник, 2018).

Органічним продовженням зазначених досліджень у наші дні є розвиток так званих когнітивних технологій. Вони будуються на основі програм, які

мають можливість самодописуватися і самовдосконалюватися (Мельник, 2018).

Здатність технічних систем самоорганізовуватися та самоудосконалюватися відіграє важливу роль у забезпеченні їх стійкості та неухильному підвищенні ефективності функціонування, зокрема, раціонального ресурсовикористання.

У країнах ЄС був ініційований проект «Завод за один день» (Factory-in-a-day). На сьогодні все більше підприємств, зайнятих виробництвом роботів та 3D-принтерів, продають для малих і середніх підприємств гнучкі заводи (із програмним забезпеченням), які здатні розгортатися за 24 години. Завод продається як смартфон або планшет (EU Project, 2017; Factory-in-a-day, 2013).

У 2021 році в світі використовувалося близько 3 млн роботів (Мельник, 2018). Очікується, що до 2024 року буде досягнута відмітка в 500 000 одиниць, встановлюваних протягом року. Відсоток роботів, що використовувалися в трьох провідних галузях, становив: автомобілебудування – 33%, електротехнічна і електронна промисловість – 10%, хімічна промисловість – 9,5%. Відсоток використання роботів під час виконання різних виробничих завдань становив: обробка матеріалів – 35%; зварювання – 29%; збирання – 13%; дозування – 4% (Robot, 2021; Мельник, 2018).

На основі досліджень Массачусетського технологічного інституту (Бостон, США) розроблено технологію під умовною назвою MIT Fab Lab. Використовуючи наявне обладнання, завод здатний самодобудовуватися і саморозширювати наявний функціонал (Gershenfeld, 2017).

3 ІНСТИТУЦІЙНА СОЦІОЛОГІЗАЦІЯ ТРАНСФОРМАЦІЙНИХ РІШЕНЬ ТА АКТИВІЗАЦІЯ ПОТЕНЦІАЛУ САМООРГАНІЗАЦІЇ НАСЕЛЕННЯ ТА БІЗНЕС-СТРУКТУР «АДИТИВНОЇ» ЦИФРОВОЇ ЕКОНОМІКИ

3.1 Підходи до формування людського капіталу в умовах адитивної економіки

Поняття людський капітал отримало широке поширення в економічній науці в другій половині ХХ століття. Проте воно цілком гармонійно входило в ті визначення капіталу, які давали класики економічної теорії: А. Сміт (Смит, 1993), К. Маркс (Маркс, 1983), А. Маршал (Маршалл, 1993), Ж.-Б. Сей (Сэй, 2000), Дж. Кларк (Коарк, 2000), Й. Шумпетер (Шумпетер, 2011) та інші.

Серед тих, хто почав активно використовувати в своїх працях термін «людський капітал» і розвивати пов'язані з цим теоретичні основи, слід в першу чергу назвати: Г. Бекера (Beker, 1964); Т. Шульца (Schultz, 1961); Дж. Мінцера (Mincer, 1958); Л. Туроуа (Thurow, 1970). Основна увага в зазначених працях приділялася питанням інвестування в людський капітал.

В ХХІ столітті значення людського капіталу в економічних системах значно підвищилося. Наразі стає все більш очевидною істина, що успіх економічної системи: від окремих підприємств до національних економік – визначається не наявністю природних ресурсів і навіть не фінансовими активами, а якістю людського капіталу.

Сьогодні, коли людство входить в фазовий перехід до нової соціально-економічної формації, яку умовно можна назвати «цифровою економікою», все актуальнішими стають питання наповнення змістом структурних та якісних трансформацій людського капіталу в ході промислових революцій (Industries 3.0, 4.0, 5.0), які все більше починають визначати контури економічних систем.

Фундаментальні основи формування капіталу. Людина завжди була ключовим фактором функціонування і розвитку суспільних, а з періоду

формування перших агроценозів і біосферних систем. Провідна роль людини обумовлена такими двома групами функцій, які виконує людина. По-перше, як споживач людина формує цілі функціонування й розвитку соціально-економічних систем, отже задає напрями й темпи їх руху та трансформаційних змін. По-друге, як виробник людина визначає характер продуктивних сил, тобто засоби задоволення зазначених потреб (технологічну основу, види відносин із природою, специфіку особливості діяльності людини, стиль її життя тощо).

Багатогранний характер суспільного життя обумовлює значну різницю поглядів на специфіку його складових. Особливістю економічних систем є відтворювальний характер їх компонентів. Саме *відтворення* є основою при визначенні однієї з головних економічних категорій, а саме *капіталу*. (Спрощена схема відтворення економічного циклу показана на рис. 3.1).

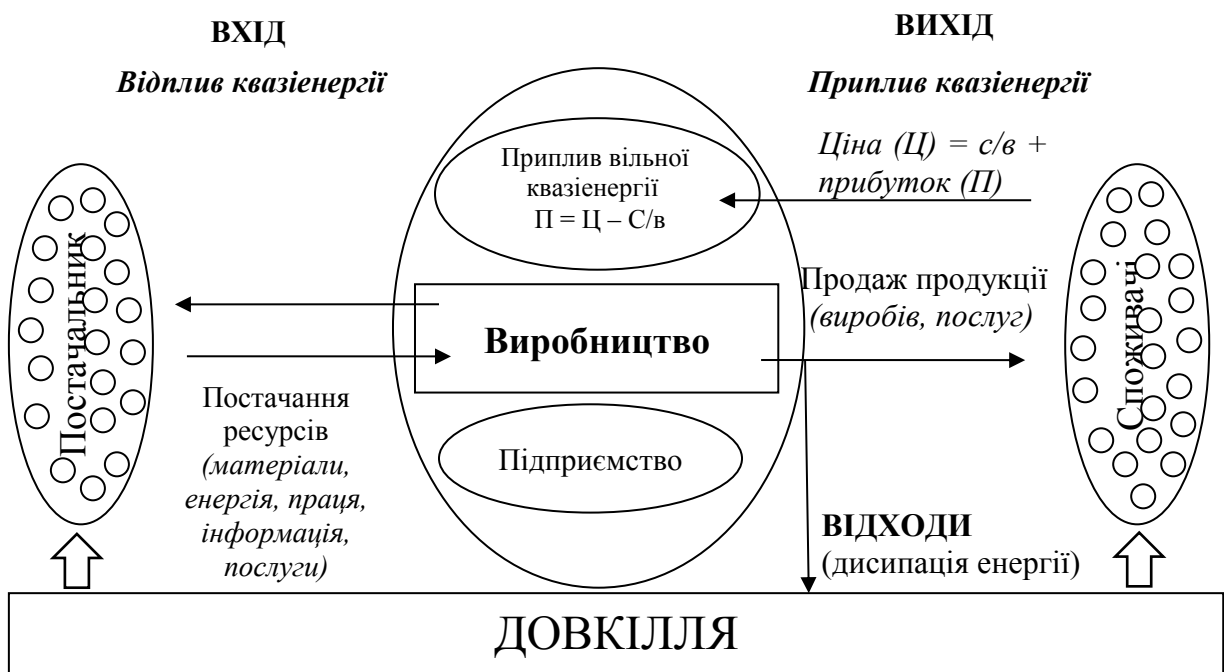


Рисунок 3.1 – Спрощена схема відтворювального економічного циклу

В широкому контексті, *капітал* – це сукупні засоби, ресурси, що використовуються в економічному процесі (бізнесі) (Смит, 1993; Маршалл, 1993; Вечканов и др., 2002), ресурси для виробництва товарів та послуг

(Шумпетер, 2011; Райзберг, 2010; Экономическая, 1999) чи виробничі фактори (Сэй, 2000; Кларк, 2000; Словарь, 2003).

З фізичної точки зору, будь-яка економічна система є відкритою стаціонарною системою, яка здійснює матеріально-інформаційний метаболізм, підтримуючи стан свого гомеостазу. Як відомо, для фізичної системи енергія визначається як загальна кількісна міра різних форм руху, змін та конвертації матерії, або взаємодії матеріальних об'єктів всередині та зовні системи. Система втрачає енергію, здійснюючи процеси метаболізму. Витрачену енергію система компенсує за рахунок імпорту вільної енергії із зовнішнього середовища через залучення в систему енергоємних речовин (енергоносіїв).

Для економічної системи умовними «енергоносіями», або квазіенергоносіями є матеріальні, інформаційні та матеріально-інформаційні активи, що обумовлюють можливості системи здійснювати роботу, у тому числі фізичного і розумового характеру. При такому трактуванні до квазіенергоносіїв можна віднести будь-які види капіталу, у тому числі, природний та людський капітали, а також матеріальні та нематеріальні активи, гроші та їх аналоги (напр., облігації, інші цінні папери тощо).

Для функціонування і розвитку економічних систем необхідно, щоб постійно відтворювалися умови їх впорядкованості, які мають триалектичну природу, оскільки реалізуються через взаємодію трьох груп факторів: матеріальних, інформаційних і синергетичних, умовна схема чого показана на рис. 3.2. Цілком обґрунтовано, як бачимо, що капітал називається *матеріально-речовинною основою* ринкових відносин (Популярна, 2001). А за однією із версій, крім ознаки «сукупних ресурсів економічного процесу», що міститься в наведених вище визначеннях, в поняття капіталу включається також сукупність *економічних відносин*, притаманних капіталістичному способу виробництва (Маркс, 1983; Вечканов и др., 2002).

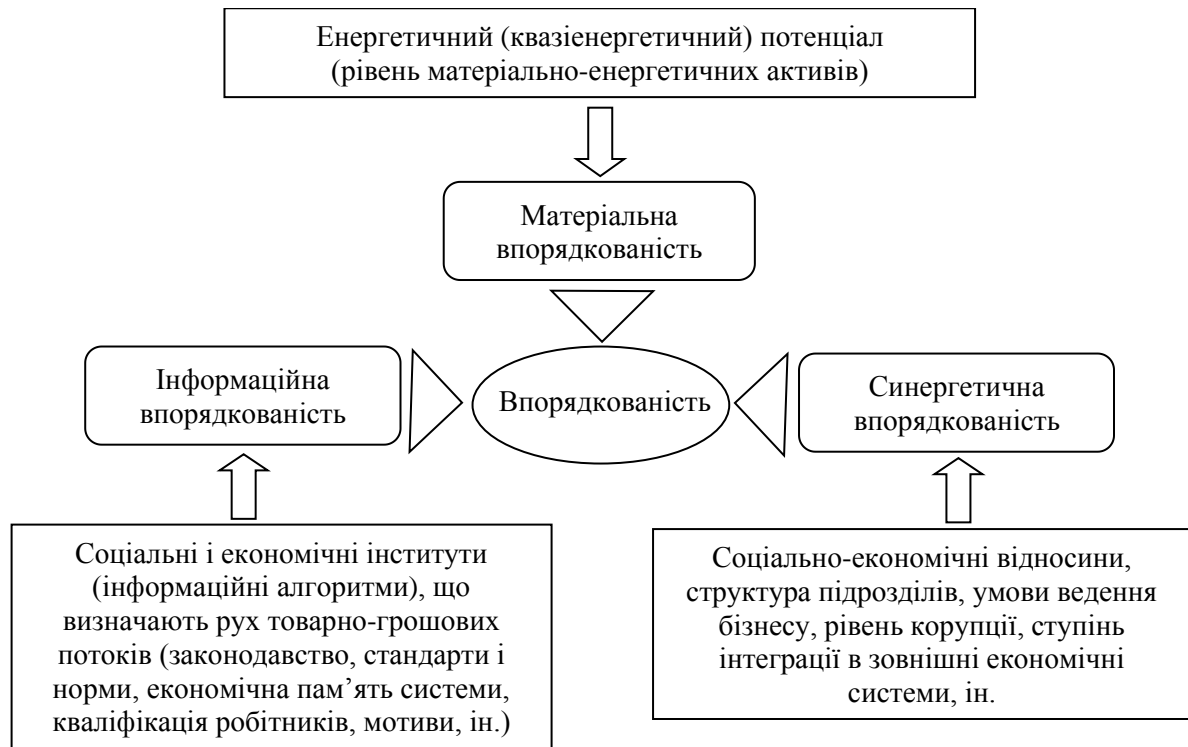


Рисунок 3.2 – Схема відтворення умов впорядкованості функціонування та розвитку економічних систем

Кожна з наведених на рис. 3.2 груп факторів по-своєму важлива для функціонування і розвитку економічних систем. Можна навіть сказати, що ці групи факторів, на зразок Іпостасей Християнської Трійці, рівні у різному. Зокрема, зруйнувати будь-яку природну чи соціальну систему можна негативно впливаючи на кожну з груп факторів.

Наприклад, роботу комп'ютера можна блокувати: а) зруйнувавши якусь матеріальну частину; б) порушивши його програмне, тобто інформаційне забезпечення; в) відключивши від інтернету або хоча б електричної мережі (порушивши синергетичний зв'язок із зовнішнім середовищем).

Аналогічну картину можна спостерігати на прикладі руйнації екосистеми через: а) знищення біологічних видів (матеріальне руйнування); б) їх хвороби (інформаційне руйнування); в) блокування комунікацій (зв'язків) в системі (синергетичне руйнування).

Відповідно, поліпшення процесів функціонування системи йде через протилежні процеси відтворення кожної з груп факторів. Особливістю різних видів

капіталу є те, що їх відтворення здійснюється через інвестування, тобто цілеспрямоване витрачання різних активів або докладання праці людини.

В багатьох визначеннях капіталу як одна з його ключових ознак обумовлюється здатність приносити дохід його власнику. Зауважимо, що, на наш погляд, через цей феномен опосередковано виражається лише умова забезпечення засіб відтворення і розвитку капіталу (зокрема, за рахунок, самоокупності). Доходність же капіталу не завжди і не для всіх його власників є пріоритетною.

Навряд, що для таких одержимих досягненням високих цілей, як І. Маск, заробіток і примноження статків є першочерговою метою. Скоріше, мабуть, навпаки: це слугує лише засобом для досягнення суто технічних і соціальних цілей.

Можна навести приклад і з історії цілої общини – Неплюєвського братства. Там першорядною метою був особистісний розвиток людини (як сказали б зараз «людського капіталу»). Важливими цілями в Братстві також вважалися прогресивний технічний розвиток і досягнення економічних успіхів. Але й розглядалося лише як засіб забезпечення соціального розвитку (Мельник, 2018).

На нашу думку, саме такий погляд на роль капіталу буде виходити на передові позиції по мірі просування до інформаційного суспільства. Саме таку ідею висловлює К. Боулдинг в статті «Від ковбойської економіки до економіки космонавтів» (Boulding, 1997).

Людський капітал як рушійна сила економічної системи. Людина виступає в ролі провідного ресурсу (активу), що використовується у всіх фазах функціонування економічних систем і, отже, цілком обґрунтовано відповідає ключовій ознаці капіталу, визначення якого ми навели вище. Більш того, людина є рушійною силою процесів відтворення складових економічної системи у самому широкому розумінні цього поняття. Назвемо зазначені складові.

Попит на продукцію підприємств; відтворюється через формування послідовно: потреб, інтересів, фінансової спроможності споживачів до придбання певних видів продукції. Інвестування у попит може здійснюватися через освіту і самоосвіту споживачів, горизонтальне поширення інформації між ними, через ЗМІ, через заходи (політику) державних або місцевих адміністрацій (особливо стосовно соціально важливих або екологічно обумовлених видів продукції), рекламну діяльність виробників. Кожен із названих заходів потребує витрат коштів, матеріальних активів, праці, часу. Споживачі у всіх цих процесах виступають як суб'єкти економічного процесу, формуючи цілі (напрями) виробництва продукції, і в той же час є об'єктами впливу інших суб'єктів економічного процесу (наприклад, виробників).

Відносини власності; реалізуються власниками виробничих активів, які мобілізують критичну масу капіталу (квазіенергії) на ініціювання економічного процесу, а потім на корегування необхідних відтворювальних процесів. Інвестування здійснюється через освіту і самоосвіту потенційних власників, акціонування, кредитування та інші види мобілізації коштів.

Виконавці; здійснюють реалізацію виробничих процесів через придбання (за рахунок власників) та створення матеріальних та інформаційних активів, виконання виробничих процесів, управління персоналом, продаж продукції, постачання ресурсів, вплив на умови зовнішнього середовища. Інвестування здійснюється через створення виробничих активів (за рахунок власного, акціонерного та запозиченого капіталу), освіту та самоосвіту виконавців, їх виховання та тренінг (формування переконань, світогляду, знань, навичок, відповідальності, звичок, здатності працювати в команді, фізичних та психологічних рис).

Вище за рівнем адміністрування та інститути; здійснюється керівними державними та місцевими органами, що забезпечують інституціональні умови, в яких господарюють економічні суб'єкти. Відтворюється за рахунок податкових та інших надходжень (інвестування) через формування відповідних інститутів та проведення необхідних заходів.

Інфраструктурне забезпечення. Відтворюється за рахунок державних, акціонерних та приватних інвестицій для створення необхідних умов господарювання економічних систем, зокрема, через об'єкти комунікаційної, освітньої, оздоровчої, інформаційної, правової, культурної та інших видів діяльності.

Природні фактори; забезпечують відтворення природних ресурсів та компонентів природного середовища. Джерелами інвестування є кошти і діяльність держбюджета, економічних суб'єктів, приватних осіб, різних фондів і платежів.

Ще раз підкреслимо, що напрями і ефективність процесів відтворення зазначених компонентів повною мірою залежать від якісних властивостей людського капіталу.

Важливою властивістю капіталу К. Маркс вважав здатність до самозростання (за Марксом, капітал – самозростаюча вартість). При цьому Маркс сформулював необхідну умову такого самозростання. Засіб праці може проявити подібні властивості (принести власнику вартості більше, ніж його власна) лише тоді, коли його власник прямо чи опосередковано вступить у економічні відносини з власником робочою сили (Маркс, 1983). Інакше кажучи, фізичний капітал має з'єднатися з людським капіталом. Тільки людський капітал є рушійною силою економічних процесів, що активізують інші компоненти капіталу на будь-якій стадії його відтворення і обертання.

Людина як ключовий фактор економічної системи. Основною рушійною силою будь-якої соціально-економічної системи є діяльності людей. Людина економічної системи, виконує ключові функції в економічній системі (Мельник, 2018):

- *проектувальника* (засобів виробництва, конструкційних матеріалів, технологій, систем енергозабезпечення, споживчих благ, середовища проживання людини, комунікацій, ін.)

- *виробника* (усього зазначеного вище);

- *організатора* (процесів проектування, виробництва і споживання продукції);
- *комунікатора* (суб'єкта, що визначає реалізацію відносин в суспільстві);
- *споживача* (матеріальних та інформаційних благ).

Не можна зрозуміти змісту розвитку економічних систем, не усвідомивши природу сутнісних начал людини, які формують контури людського капіталу.

Кожна людина являє собою єдину систему, утворену тріадою її сутнісних начал: "біо", "соціо", "трудо". «Біо» формується матеріальною природою людини і реалізується за допомогою фізіологічних процесів метаболізму, що протікають в її організмі. «Соціо» являє собою нематеріальне інформаційне начало, що реалізує особистісну сутність. "Трудо" функціонує на основі здатності людини здійснювати роботу за рахунок інтеграції силових рис людини «біо» та особистісних властивостей людини «соціо». Різниця сутнісних начал людини обумовлює формування трьох різних груп потреб, які значно відрізняються одна від іншої, а багато в чому навіть є взаємосуперечливими (Мельник, 2018).

З моменту формування суспільства і виникнення особистісних начал в людині відбувається формування двох взаємопов'язаних системних сутностей.

Людина продовжує залишатися однією з представників світу тварин, з властивим йому обміном речовин, терморегуляцію, рухами. Іншими словами, вона залишається організмом, якому для існування постійно потрібно підтримувати фізіологічні функції.

З іншого боку, в людині виникає і починає розвиватися особистісна сутність, тобто певний нематеріальний, тобто суто інформаційний фантом, який споживає виключно інформацію. Цілком ймовірно, саме цю людську сутність мають на увазі, коли говорять про "душу" людини. Особистість людини може сформуватися тільки в суспільстві, тобто у взаємодії з іншими

подібними особистостями. Таким чином, особистісну сутність людини можна ще назвати людиною соціальною, або "соціо" (Мельник, 2018).

Необхідну систему умов зовнішнього середовища і внутрішньої природи людини, при якій забезпечується стійке існування людини як біологічного виду, слід вважати екологічним фактором життєзабезпечення людини. Створюючи необхідні умови, природа виконує по відношенню до людини свої фізіологічні функції, забезпечуючи гармонію людського організму з навколишнім природним середовищем. Поступово людина навчилася в певних межах штучно створювати умови свого існування, кондиціонуючи їх під свої потреби. Для цього вона поставила між собою і природою техногенне середовище, яке створюється якраз економікою. В ньому людина власне і існує, споживаючи не менше техногенізовану продукцію (їжа, питна вода і споживчі товари, включаючи послуги) (Мельник, 2018).

Сама людина як біологічна істота мало змінилася порівняно зі своїми предками. Межа життєстійкості людини як і раніше лежить в вузьких інтервалах умов природного середовища, які відповідають гомеостазу людського організму. Для аналізу передумов відтворення людського капіталу доцільно розглянути потреби трьох зазначених сутностей людини.

Потреби людини «біо». В загальному вигляді фізіологічні потреби людини можуть бути об'єднані в кілька груп:

- простір для існування;
 - фізико-хімічні та біологічні властивості середовища, включаючи космічні чинники;
 - повітря для дихання;
 - ресурси їжі і питної води;
 - можливості для рухової активності;
 - інформація, включаючи наявність позитивних і негативних емоцій
- (Мельник, 2018).

Потреби людини особистісної. Формування основ інформаційного суспільства, до якого наближається людство, вимагає глибокого розуміння природи інформаційної людини, тобто людини особистісної. Адже в прийдешньому інформаційному суспільстві саме особистісній людині доведеться відіграти головну роль в економічній системі, де особистісна ("соціо"), тобто інформаційна сутність людини буде головним конструктором, виробником і споживачем товарів і послуг. Останні з цієї причини теж будуть переважно інформаційними (Мельник, 2018).

Цілком ймовірно, в самому першому наближенні особистісні потреби людини (тобто ті, які, в кінцевому рахунку, формують людину "соціо") можна умовно об'єднати в такі групи:

- *забезпечення психологічного та соціального благополуччя, духовного здоров'я* (розвиток почуття оптимізму, стабільності, радості життя, власної соціальної необхідності);
- *можливість інформаційного пізнання світу* (в т.ч. реалізація інстинктів пізнання);
- *можливість художнього розвитку* (розвиток творчих здібностей, задоволення естетичних потреб, розвиток почуття краси і гармонії);
- *імпульс творчості* (джерело натхнення);
- *умови морального виховання і вдосконалення*; саме це формує співвідношення між потребами для себе і потребами для інших людей (почуття патріотизму, схильність до самопожертви і самообмеження, почуття обов'язку, здатність до співчуття, ін).

Потреби людини «праце». Відносно економічної системи людина виступає в двох ролях: *виробника і споживача*.

Як споживач людина виступає носієм потреб тієї тріади підсистем ("біо-трудо-соціо"), яка існує в ній самій.

Потреби людей є необхідним компонентом економічної системи. Для її безперервного функціонування необхідно, щоб потреби людей відтворювалися постійно.

Потреби людини "праце" як виробника визначаються трьома основними групами факторів:

- потребами в ресурсах (матеріальних, енергетичних, утилізаційних; останнє обмежується наявністю достатніх асиміляційних "контейнерів" для відходів);
- умовами для відтворення фізіологічних кондицій людини як трудового ресурсу;
- умовами для відтворення особистісних якостей людини як трудового ресурсу.

Як бачимо, друга і третя група чинників обумовлюють потреби людини "праце" потребами безпосередньо людини "біо" і людини "соціо". Забігаючи наперед, скажемо, що це створює підстави, щоб пов'язати фізіологічні та особистісні потреби людини з економічними оцінками (Мельник, 2018).

Порівняльний аналіз потреб різних сутнісних начал людини. Безумовно, наведений поділ людських сутностей на "біо", "праце", "соціо" носить значною мірою умовний характер. Адже зазначена тріада сутностей змушена існувати в єдиному тілі, часом складно виділити характерні риси кожної з даних сутностей (Мельник, 2018).

Таблиця 3.1 – Порівняльна схема поведінкових установок-прагнень "праце-людини" і "соціо-людини" (Мельник, 2018)

Людина "праце"	Людина "соціо"
До кінцевого	До нескінченного (в кінцевому)
До дискретності	До цілісності
До аналізу	До синтезу
До спрощення	До ускладнення
До стандартизації (уніфікації)	До оригінальності (неповторності)
До корисності окремих компонентів природи	До цінності цілісних природних систем
До однозначності	До багатозначності
До спеціалізації	До універсальності
До однофункціональності	До багатфункціональності

Своїм розумом і волею людина прагне до того, щоб цілі функціонування кожної з частин його сутнісної тріади збігалися або були близькі до цього. В цьому випадку можна вважати, що настає гармонія різних начал в людині, а сама вона переживає душевний комфорт.

Подібний аналіз надзвичайно важливий для формування уявлень про роль людини в економічній системі (Мельник, 2018). Тут людина може виступати в кількох взаємопов'язаних ролях, в числі найважливіших з яких умовно можна назвати ролі: конструктора, виробника і споживача.

Еволюція людського капіталу при переході до інформаційного суспільства. *Інформаційні* потреби людини «соціо» покликані трансформувати всю систему ціннісних орієнтирів, формуючи своєрідне суспільне замовлення. Його основне призначення - задоволення запитів, необхідних для розвитку особистісних якостей людини. На зміну фізіологічним потребам людини «біо» (потреби в їжі, воді, умов проживання, ін.) і технократичних інтересів людини «праце» (прагнення наживи, кар'єрний ріст, престиж, ін.) приходять потреби людини «соціо» (фізичне вдосконалення, інтелектуальний розвиток, реалізація творчих здібностей, отримання знань, відпочинок і задоволення).

Людина-споживач цифрової економіки принципово відрізняється від людини-споживача попередніх епох. Головним є те, що переважна більшість особистісних потреб людини стають самоціллю існування, а не засобом отримання в подальшому матеріальних благ. До речі, і останні обіцяють поступово перетворюватися з першоцілей на засіб отримання інформаційних благ. Так, як сьогодні автомобіль перетворюється із засобу поїздки за місто для вирощування та збирання врожаю на засіб для поїздки в ліс або на море для відпочинку та відтворення духовних сил.

Людина-виробник все більше переходить від впливу на матеріальні предмети праці (зміна форм, розмірів, властивостей) до впливу на інформацію. Навіть в разі виготовлення матеріальних виробів завдання людини-виробника

все більше зміщуватиметься від трансформації матеріальної субстанції (ця функція буде перекладатися на машини) до формування інформаційних програм комбінування і взаємодії в просторі і часі матеріальних та інформаційних виробничих активів (Мельник, 2018).

Людина-конструктор проектує контури того середовища, де житиме і працюватиме людина, а також тих продуктів, які вона споживатиме. Цілком ймовірно, можна очікувати дві ключові трансформації в діяльності людини-конструктора (Мельник, 2018):

- *сфера споживання*: перехід від проектування окремих товарів і послуг до формування життєблагодатних комплексів (створення умов для комфортного існування людини «біо», максимального розвитку людини «соціо» і творчої реалізації людини «праце»);

- *сфера виробництва*: перехід від створення чужих природі (за своїм складом і властивостями) предметів праці та «розірваних» виробничих циклів до формування прийнятних природі предметів праці, виробництво і використання яких організовано по замкнених циклах.

Описані напрямки передбачуваних змін, звичайно ж, дуже схематично характеризують лише деякі окремі риси складного багатогранного явища під умовною назвою перехід до цифрової економіки.

3.2 Наукові засади відтворення та самоорганізації людського капіталу в умовах промислових революцій

Будь-яка революція вносить радикальні зміни в суспільство. Третя, Четверта і П'ята промислові революції (Т. п. р., Ч. п. р., П. п. р.) (Мельник, 2020), у які зараз входить людство, обіцяють стати основою фазового переходу, що змінює всі сфери існування людської цивілізації, зокрема засоби виробництва, економічні відносини, стиль життя, базові потреби і заняття, а також багато інших атрибутів життя. У низці публікацій (Агамирзян, 2013; Rifkin, 2013; Rifkin, 2015; Schwab et al., 2018; Shahan, 2017; Rossi, 2018)

розглядаються окремі аспекти трансформаційних процесів у ході Т. п. р. і Ч. п. р.

Ведучи мову про перехід до нової соціально-економічної формації (вона по-різному називається у різних джерелах: цифровою, адитивною, сестейною, «зеленою» та ін. – залежно від ключової ознаки, положеної в основу аналізу), слід розуміти, що людству насправді слід готуватися на найближчі десятки років до безкінечної зміни базових виробничих принципів та соціальних інститутів. Це значить, що в постійному розвитку та трансформаційних зрушеннях належить бути людському капіталу, який забезпечує не тільки функціонування екологічних систем, але й їх модифікацію в ході зазначених промислових революцій.

Слід відзначити тісний взаємозв'язок виникнення і реалізації промислових революцій, їх логічну послідовність і причинно-наслідкові зв'язки.

Індустрія подарувала: електрику, машинобудування, стандарти, потокові лінії, верстати-автомати, радіо і телебачення, нові речовини, хімічні добрива, автомобілі і літаки, комп'ютери, копіювальну техніку і багато-багато іншого... А головне, вона принесла майже суцільну грамотність населення та інформаційні товари, які задовольняють особистісну сутність людини: літературу, кіно, телепередачі, спортивні шоу, туризм тощо.

Втім з'ясувалося, що ця всеосяжна промислова ідилія має одну досить серйозну ваду... Індустрія схильна до того, щоб руйнувати або забруднювати природу навколо себе, намагаючись підкорити її своїм інтересам. Диво-машина виявилася на рідкість ненажерливою. Ось уже дві з половиною сотні років після її винаходу люди переймаються тим, як нагодувати ненаситне жерло машини вугіллям, нафтою, газом. Руйнуються надра, спотворюються ландшафти, порушуються екосистеми (Мельник, 2019).

Із зростанням рівня освіченості людини все більше ставало очевидним, що Природа – це складна система саморегуляції масо-енерго-інформаційно-обмінних процесів, де існує безліч закономірностей і обмежень. Одне з таких

обмежень вже запалило перед людьми «червоне світло» щодо виробництва ними будь-якої додаткової енергії, крім тієї, яку Земля отримує з космічного простору (зокрема від Сонця). У іншому разі це загрожує перегрівом планети та розбалансуванням її енергосистеми й критичним порушенням клімату (Мельник, 2019).

Енергетичний вимір. Розв'язання еколого-енергетичної проблеми в межах Т. п. р. почало реалізовуватися через використання альтернативних джерел енергії, які не додають кількості теплової енергії на планеті (як це робить традиційна енергетика внаслідок спалювання енергоносіїв та утворення теплового прошарку через відходи від цих процесів). Альтернативні джерела енергії лише перерозподіляють енергію, яку планета отримує з космосу. Це, насамперед, різні сонячні панелі, а також ті генератори, які використовують різні види рухів чи різниці фізичних потенціалів (вітер, хвилі, припливи-відпливи, теплові насоси тощо) (Мельник, 2020).

Ресурсний вимір створює ще одну проблему, яку покликана розв'язувати Третя промислова революція (Мельник, 2020). Річ у тім, що людина вигрібає з надр Природи стільки речовини, що її екосистеми не встигають відновлювати свої ландшафти. Людина корисно використовує не більше ніж 5 % видобутих із надр матеріальних ресурсів. Решта (понад 95 % !) повертається в Природу, проте вже в значно токсичнішому і небезпечному вигляді (Мельник, 2019).

Традиційно люди користувалися так званим субтрактивним (від англійського subtract, тобто «віднімати») методом. Він ґрунтувався на відсіканні всього зайвого в ході виробничого процесу. Так, на всіх його стадіях зайвими й залишаються ті самі 90–95 % видобутої сировини. Це залишає по собі пам'ятники неефективному виробництву та марнотратству у вигляді териконів, звалищ, куп відходів і простого сміття.

Зовсім інакше працює 3D-принтер. Крапля за краплею він створює майбутні споживчі вироби, майже не залишаючи відходів. Та й це ще не все! Якщо в різних куточках Землі будуть стояти схожі 3D-принтери, виявиться непотрібним

перевозити вироблені товари на великі відстані. Досить буде лише передати їхні інформаційні образи від виробника. А потенційний споживач їх легко «надрукує» на власному 3D-принтері (Мельник, 2019).

Коли контури «зеленої» економіки замайоріли на горизонті, почала окреслюватися ще одна серйозна проблема.

Справа в тому, що нова економіка може бути тільки *мережевою*, де буквально мільярди різних виробничих одиниць (машин, речей, підприємств) працюватимуть у єдиній системі. А за такої її побудови вона буде настільки інформаційно складною, що людина вже не здатна буде керувати нею в реальному режимі часу. Вихід є лише один. Ця система має діяти в автоматичному режимі (Мельник, 2019).

Колективізація споживання (sharing, or collaborating of consumption) – перехід до економічної моделі, що передбачає колективне використання товарів, основане на оренді предметів користування або купівлі послуг з їх використання замість придбання відповідних товарів.

За такої моделі споживчий товар залишається у власності виробника продукції. Споживач же може використати його, скориставшись послугою через договір лізингу або оренди. Наразі в багатьох європейських країнах поширюються шерінгові схеми використання велосипедів, самокатів і навіть авто.

Американська компанія Nikola Motor на умовах шерінгу пропонує використання вантажівок, що працюють на водні. За абонентну плату (від 5 до 7 тисяч доларів США за місяць) виробник передає споживачеві вантажівку з повним її обслуговуванням (включаючи безкоштовне заправлення воднем). Після 7 років експлуатації або пробігу в 1 млн миль (1,6 млн км) споживач зможе продовжити оренду вже з новим авто (Мельник, 2018).

В шерінгових моделях економіки закладаються сприятливі умови для раціонального ресурсовикористання. По-перше, у виробника підвищуються

стимули для створення довговічної продукції, продовженні її життєвого цикла. По-друге, залишаючи в своїх руках повний життєвий цикл виробів, виробник може дбати про організацію придатних до рециклінгу конструкцій товарів і вибудовувати відповідні схеми рециркуляції ресурсів.

Сьогодні на подібні моделі переходять виробники тракторів, насосів, компресорів і іншого обладнання. Компанія Citrien представила маленький і недорогий електрокар Ami One, який не планує продавати. Авто буде доступне лише для шерінгових форм використання. Навіть компанія Ікеа заявила, що переходить до бізнес-моделі лізинга меблі.

Четверта промислова революція. Інформаційна побудова технічних систем на Землі досягла величезної складності. Вправлятися з такою суперскладністю можуть вже лише самі технічні системи, озброєні відповідними суперзасобами оброблення інформації, здатні діяти з супершвидкістю (Мельник, 2019).

Звісно, однією швидкодією, нехай навіть і «супер», тут явно не обійшлося. Знадобився вже штучний інтелект... Бо що означає «оброблення інформації»? Це, насамперед, її аналіз та ухвалення рішень і відповіді на запитання, наприклад: «Що за чим виконувати?» або «Коли щось ліпше здійснити?» або: «Який варіант краще вибрати?» і багато іншого (Мельник, 2019).

Відбулися революційні зміни, з яких і стартувала Четверта промислова революція (її ще називають Industry 4.0). По-перше, машини почали перетворюватися на кіберфізичні системи. Вони «бачать» і «чують» навколо себе органами чуття – датчиками, а «думають» комп'ютерним «мозком».

Другою подією було те, що всі ці кіберфізичні системи об'єдналися, перетворившись на єдину технічну цивілізацію. Назвали цей феномен *Інтернетом речей*. Спілкуючись між собою за допомогою інтернету, речі виявилися здатними самі ухвалювати рішення, виробляти товари, переміщувати їх та обслуговувати людину, підлаштовуючись під її бажання і вподобання (Мельник, 2019).

П'ята промислова революція. Реалізація в новому обсязі Industry 4.0 породжує ще одну проблему, яку покликана розв'язувати П'ята промислова революція. Річ у тім, що кіберфізичні системи, які не потребують участі людського чинника витісняють людину із виробничого простору. Це створює значні загрози для особистісного розвитку людства. Адже без необхідності розв'язання серйозних проблем економічного розвитку людство приречене на споживацьку деградацію. Саме на пошук місця людини в економічній системі кіберфізичної доби і спрямована П. п. р. (Мельник, 2020).

За задумами авторів концепції П. п. р., людина дійсно повинна полишити виробничі процеси, звідкіля її вже витісняють кіберфізичні системи та Інтернет речей. Саме вони виконуватимуть усю рутинну, стандартну, монотонну й нецікаву роботу. Але людина, яка піде з виробництва, буде людиною-трудо. Вона звикла до виконання стандартних операцій, на яких виробляються стандартизовані товари для споживачів зі стандартними потребами та запитам.

На місце людини-трудо у виробництво повинна прийти зовсім інша людина – людина-особистість. Замість виготовлення виробів вона створюватиме інформаційні образи, які легко матеріалізуватимуть адитивні технологічні системи за допомогою 3D-принтерів. Саме так зараз 2D-принтери нам друкують на папері все, що ми вигадали на своїх дисплеях. Причому матеріалізуватиметься кінцевий продукт буде вже за місцем його призначення, тобто за адресою споживача. І що важливо – продукт цей буде персоналізованим, тобто виготовленим за індивідуальними бажаннями й уподобаннями споживачів. Це надзвичайно важливо. Адже головним споживачем також стане *людина-особистість*. А особистісний розвиток людства можливий лише там, де люди відрізняються один від одного, і ця відмінність все збільшуватиметься. Та й саме виробництво буде зовсім не схоже на те, до якого ми звикли. У ньому не буде ані огорож, ані прохідних, ані перепусток, ані брязкітливого обладнання. Останнє, можливо, і залишиться в якомусь вигляді. Проте людину воно там не дратуватиме, бо

працюватиме самостійно під контролем того самого Інтернету речей (Мельник, 2019).

Транзит людського капіталу. Ми не маємо змоги ставити перед собою масштабне завдання щодо системного аналізу можливої динаміки змісту людського капіталу упродовж фазового переходу. Позначимо лише ключові напрями необхідних трансформаційних змін компетентностей людини, які здатні забезпечити адекватну функціональну активність людського капіталу в умовах зазначених трьох промислових революцій. До основних напрямків трансформації людини, які диктуються специфікою зазначених революцій, слід віднести:

- *сестейнізацію* (в тому числі, екологізацію) свідомості людини; особливо важливою є здатність «думати глобально, діяти локально», тобто реалізувати свою конкретну діяльність з урахуванням можливих глобальних та віддалених у часі наслідків;
- перебудову професійних знань та навичок на виробництво та експлуатацію *альтернативних технологій* («зеленої» енергетики та адитивних методів виробництва);
- *цифровізацію компетентностей*; передбачає оволодіння вміннями здійснення цифрової передачі інформації, контролю за відповідним виробничим інструментарієм та дистанційними комунікаціями;
- оволодіння компетентностями *власника засобів* альтернативних технологій та суб'єкта солідарної економіки;
- *мережевізацію компетентностей*; передбачає формування необхідних знань та навичок здійснення необхідної професійної діяльності через мережі інтернет або за допомогою їх застосування як робочого інструмента;
- формування вмінь жити і діяти в умовах тотального впровадження засобів *Інтернета речей*;

- *соціологізацію розвитку*; перехід на пріоритетний розвиток особистісного начала людини в умовах повного забезпечення матеріального добробуту і автоматизації виробництва;
- формування *синергетичного зв'язку з кіберфізичними системами і штучним інтелектом*.

Враховуючи провідний характер людського капіталу в розвитку соціально-економічних систем, зазначені трансформаційні напрями можуть розглядатися як вирішальні кроки переходу людства до «цифрової» економіки.

3.3 Потенціал розвитку та самоорганізації бузнес-структур в умовах цифрової економіки

Вважається, що увагу до систем, які самоудосконалюються при негативних впливах ззовні, одним із перших привернув американський вчений Н.Н. Талеб (Nassim Nicholas Taleb). Він у 2012 році опублікував книгу «Антикрихкість (Antifragile): речі, які вдосконалюються (gain) під дією розладу (disorder)» (Taleb, 2012). В Україні переклад книги вийшов у 2021 році (Талеб, 2021).

Ключове поняття, яке використовується в роботах Н. Талеба – «антикрихкість» може одночасно розглядатися і як принцип формування систем, побудований на нелінійному мисленні. Поняття «антикрихкість» Талеб виводить із тріади: все навколо нас може бути «крихким», «невразливим» і «антикрихким». Автор приділяє увагу саме останньому поняттю. За Талебом, «антикрихкість» - не просто здатність систем не порушуватися (не руйнуватися) під дією несприятливих факторів. Це – не просто гнучкість чи еластичність (і в цьому контексті підзаголовок українського перекладу книги Талеба, де вживається термін «(не)вразливість», слід вважати не зовсім точним: Талеб, 2021). Головна відмінність полягає у тому, що «антикрихкість» (як її розуміє Талеб) – це не тільки здатність систем

витримувати дію стресових факторів, а й властивість ставати після цього ще більш стійкими та досконаліми.

Чим «антикрихкість» відрізняється, зокрема від «гнучкості»? Гнучке протидіє шоківому струсу і залишається таким, як і раніше. Антикрихке, пройшовши крізь випробування, стає більш досконалим.

Дослідження феномену «антикрихкості» значною мірою були ініційовані роботами американського вченого Н.Н. Талеба (Taleb, 2010; Taleb, 2012). Йому вдалося знайти яскравий образ для назви широкого кола досліджень реакції соціальних систем на непередбачувані невизначені зміни і застосування принципів нелінійного мислення для управління поведінкою систем у таких умовах (Гараедаги, 2010; Майнцер К., 2009; Пригожин, 1985; Gieseck et al., 2021; Balbo, 2015 та ін.).

Разом з тим слід зазначити, що тематика антикрихкості в більшості публікацій відзначається певною фрагментарністю, що не дає можливості сформуванню системний погляд на відповідне поняття. Крім того, потребує переосмислення значна частина результатів в умовах біфуркаційних явищ цифрових трансформацій.

Антикрихкість – це одна із ключових властивостей складних систем, перш за все живих організмів та їх спільнот (популяцій, екосистем, об'єднань та асоціацій). Основою реалізації антикрихкості є все те, що може змінюватися протягом часу: ідеї, політичні погляди, інститути, інновації, засоби виробництва, зразки продукції, методи управління, правові засади, традиції, форми поведінки, стилі життя та багато іншого.

Антикрихкими, таким чином, слід вважати системи (об'єкти і явища), які під дією несприятливих факторів здатні поліпшувати параметри свого стану, формуючи передумови для прогресивного розвитку. У перший період носіння взуття демонструє властивості антикрихкості. Під дією навантажень воно поліпшує свої параметри, розношуючись під розмір і конфігурацію ноги. Нерідко в ролі антикрихкого предмета виступає інформація. Книжки, які

забороняють або нещадно критикують, можуть навпаки від цього стати популярнішими і реалізуватимуться набагато успішніше.

Поняття антикрихкості цілком може бути застосоване до економічних структур: підприємств, територій, макроекономічних систем. Пандемія коронавірусу стала справжнім випробуванням для них. Ці структури зазнали колосальний вплив непередбачуваних, а отже невизначених і випадкових (відносно економічних систем) подій. Н. Талеб називає такі події «чорними лебедями». Можна було лише здогадуватися, як події, пов'язані з епідемією коронавірусу, впливатимуть на долю економіки і бізнесу загалом і кожної компанії зокрема. Хтось такого удару не пережив, хтось був шокований, але втримався на плаву. Але є й такі бізнеси, які в ситуації невизначеності змогли не лише вижити, але стали сильнішими, набувши рис антикрихкості.

За Талебом, антикрихкість реалізується на основі трьох ключових компонентів:

- змін
- помилок
- помірних стресів.

Спробуємо дати власне трактування зазначених компонентів.

Зміни – це те, з чого виростає будь-який процес розвитку. *Мінливістю* можна вважати здатність системи змінювати свої стани. Зміни, що відбуваються в природі та в суспільстві, умовно можуть бути диференційовані на дві групи:

- *детерміновані* зміни, коли чітко визначено параметри кожного майбутнього стану системи (відсутність випадковості та невизначеності);
- *недетерміновані* зміни, коли майбутні стани системи обумовлені факторами випадковості (стохастичності) та невизначеності (ймовірності).

Н. Талеб підкреслює, що реалізація антикрихкості відбувається за рахунок відбору і закріплення системою саме невизначених випадкових змін.

Відбір ефективних станів системи може відбуватися лише у разі, якщо буде забезпечене постійне формування багатоваріантності її станів, тобто.

відбуватимуться зміни системи. Від того, як задаватимуться ці зміни, залежатиме і характер самого відбору.

Формування *багатоваріантності* станів системи означає необхідність її відносної *свободи* – система повинна мати *свободу змінюватися*.

Змінність формується на основі випадкових, імовірнісних змін. Людині непідвладне цілеспрямоване генерування таких змін (на те вони й випадкові). Однак можна і потрібно готувати передумови (у тому числі і завдяки творчості) для їх виникнення в потрібному напрямку.

На основі аналізу робіт відомого теоретика менеджменту Пітера Друкера та інших публікацій (Друкер, 2007; Друкер, 2008; Прийняття, 2021; Why, 2020; Gieseck et al., 2020; Balbo, 2015) можна виділити сім основних причин виникнення в суспільстві та економіці недетермінованих (тобто випадкових, імовірнісних) змін (рис. 3.3).



Рисунок 3.3 – Основні джерела недетермінованих (випадкових, імовірнісних) змін у суспільстві

Цикл виникнення поля мінливості станів системи під впливом випадкових, імовірнісних чинників можна охарактеризувати в такий спосіб.

Перша фаза – *зниження ефективності*. Під впливом зміни чинників довкілля ефективність функціонування системи знижується, і вона починає відчувати внутрішній «дискомфорт».

Друга фаза – *поява різноманіття віртуальних станів*. Система починає шукати вирішення проблеми підвищення ефективності. Виникає різноманіття віртуальних (тобто потенційно можливих) рішень щодо зміни її стану. Наприклад, на підприємстві розглядаються можливі варіанти модернізації виробництва та/або зміни маркетингових стратегій.

Третя фаза – *відбір*. З безлічі можливих варіантів системою відбирається один або кілька (які, на думку «мозкових центрів» системи, мають покращити умови її функціонування). Якщо рішення прийнято *правильно*, система отримує додатковий імпульс свого розвитку. Якщо рішення *не правильне*, стан системи надалі може ще більше погіршитися.

Невизначені зміни, які зазнає система, формуються на основі інновацій. *Інновації* – це ідея, новітній продукт, технологія, метод організації праці, управління, засновані на використанні досягнень науки і передового досвіду.

Якщо в результаті дії інновації відбувається біфуркація, система отримує безліч варіантів свого розвитку. За І. Пригожиним, у цій ситуації «всі можливості актуалізуються, співіснують і взаємодіють одна з одною, а система виявляється одночасно усім, чим вона може бути». Йдеться про актуалізацію системного інноваційного *тезаурусу* – набору можливих варіантів чи напрямів нового упорядкування (еволюційних ліній), які дозрівають та латентно присутні в рамках інновації-системи, але реально позначаються чи актуалізуються разом із її розпадом (Пригожин, 1985).

Інновації є *об'єктом* природного відбору. Адже через відбір відбувається селекція тих станів систем, які забезпечують системам ефективний режим функціонування та переваги в конкурентній боротьбі.

Разом з тим, інновації можна вважати й *продуктом* природного відбору. Адже дія природного відбору, що проявляється у конкурентній боротьбі, спонукає економічні системи створювати умови, які забезпечують виникнення у них відповідних змін для реалізації інновацій.

Помилка – це ненавмисне відхилення від правильних дій, вчинків, рішень, думок, різниця між очікуваною або виміряною і реальною величиною.

Для економічних систем критерієм помилковості можна вважати зміну показників ефективності діяльності економічного суб'єкта і пов'язаних з цим результатів його роботи. Зокрема, помилковими слід вважати ті дії (вчинки, рішення), внаслідок яких ефективність діяльності економічних систем (підприємств, територій, національних економік) знижується, а з цим погіршуються й результати роботи (доходи, отримані прибутки, поліпшення позицій на ринку, рівень капіталізації підприємств, національний дохід).

Надзвичайно важливою складовою формування антикрихкості економічної системи, таким чином, є факторний критичний аналіз причинно-наслідкових зв'язків динаміки показників, зокрема, роботи підприємства та ефективності його діяльності. Він може бути реалізований на основі аналізу дії зворотних зв'язків. Необхідно не тільки встановити взаємозв'язок між прийнятими рішеннями та зміною зазначених економічних показників, а й визначити, чому саме відбулися ці зміни. Мають значення конкретні чинники реакції на реалізовані дії споживачів, компаньйонів, постачальників, конкурентів. Відповіддю системи на помилкові рішення має стати корекція механізмів організації і управління системою. Головне, щоб результатом аналізу помилок був імпульс на удосконалення системи до початку нового циклу розвитку (зокрема, біфуркаційних трансформацій) системи.

Іще одним важливим компонентом забезпечення антикрихкості є *регулярність* роботи над помилками. Остання має стати постійною, доведеною до автоматизму складовою механізму управління діяльністю системи.

Помірні стреси – це умови функціонування системи, за яких регулярно створюються різного виду перешкоди для усталеної безпроблемної діяльності

системи. Саме помірні стреси змушують шукати засоби подолання труднощів, що виникають, та шляхи удосконалення механізмів функціонування системи.

В публікаціях (Taleb, 2012; 10 Principles, 2021; Из чего, 2021;) закладаються підходи до розуміння основ антикрихкого функціонування систем.

На рис. 3.4 показані сформульовані нами принципи забезпечення антикрихкості організацій. Це дало можливості запропонувати ключові рекомендації щодо антикрихкого управління економічними системами.



Рисунок 3.4 – Принципи забезпечення антикрихкості організацій

Відслідковувати і застосовувати інновації. Для різних сфер бізнесу застосування інновацій означає, зокрема, пошук нових напрямів ведення бізнесу і освоєння нових ринкових ніш. Кризові явища несуть не тільки серйозні ризики, але й можливість подивитися на свій бізнес під іншим кутом зору. Це дає змогу знайти нові форми діяльності та генерувати ідеї для підвищення стійкості та подальшого розвитку.

Під час епідемії деякі компанії засвоїли принципово нові напрямки діяльності: хтось почав використовувати онлайн-інструменти, хтось запровадив нові навички і функції. Наприклад, мережа виготовлення одягу Urbantiger переорієнтувала виробництво гірськолижних костюмів на пошив одягу для лікарів, що працюють в COVID-небезпечних умовах. Новий одяг на відміну від традиційних

медичних «скафандрів» може «дихати» при збереженні необхідних параметрів безпеки. Для зазначеної компанії, яка раніше не мала жодного відношення до медицини, це стало новим напрямом її бізнесу (Из чего, 2021).

У той час як більшість театрів просто закрилася на період карантину, Метрополітен Опера почала щовечора стрімити записи найкращих вистав за останні роки, де кожен бажаючий може лишити пожертву. Щоденно сотні тисяч глядачів з усього світу приєднуються до вистав, дізнаються про Метрополітен Оперу та формують своє ставлення до цього бренда.

Міжнародний продюсер концертів, компанія Fever, пропонує глядачам стріми живих концертів за незначну плату – 5–10 євро. Приємно, що цю ініціативу підхопили і в Україні: Національна філармонія пропонує онлайн-концерти наживо за 50 грн (Мельник, 2021).

Розвивати у працівників толерантність до змін і оптимістичне ставлення до помилок і невдач. У антикрихких компаніях їх працівники звикли не боятися несподіваних (невизначених) шоківих ситуацій і завжди готові до змін. Колектив такої компанії постійно випробовує щось нове, приймаючи на себе його ризики. В таких компаніях створюється атмосфера спокійного оптимістичного ставлення до помилок і невдач. На основі їх аналізу і отриманого досвіду команда прямує далі, шукаючи нові напрямки розвитку.

Позбавлятися крихких складових бізнесу. На думку Н. Талеба, неможливо достатньо точно спрогнозувати параметри більшості факторів, які впливають на бізнес. Необхідно вчитися просто швидко реагувати на умови, що виникають. Але з значно вищою вірогідністю можна передбачити ті складові бізнесу, які в майбутньому не мають перспектив для свого розвитку (Taleb, 2010).

Зокрема, підсвідомо дотримуючись зазначеного принципу, впродовж карантину в освітніх процесах були замінені або реорганізовані види зайнять, що за традицією використовували монотонні нудні методи навчання, які було неможливо адаптувати під нову онлайн специфіку навчальних комплексів.

Розвивати самоуправління колективу. За одним із принципів кібернетики, складність керівної системи має бути вище складності керованої системи. В бізнесі це може бути досягнуто, коли весь колектив або його більшість залучатиметься до управління організацією. Невід’ємною умовою для цього є делегування повноважень працівникам. Атмосфера взаємної підтримки, загальних цінностей і ясне (не приховане від колективу) розуміння ситуації згуртовує колектив і сприяє колективному пошуку рішень.

Уникати надмірного ризику. Вище було сказано, що антикрихі компанії повинні не боятися ризику. Але це має поєднуватися з іншим принципом – «не нашкодити». Ризикова діяльність тоді має сенс, коли ціною її не є існування всієї компанії. В компанії мусить існувати певний фонд для реалізації ризикових рішень. Але втрата цього фонду не повинна вести до непоправимої шкоди компанії.

Н. Талеб так формулює загальний принцип реалізації ризикової діяльності: «Вкладайте 90% своїх коштів в надійні, але низькодохідні активи, і 10% – в дуже ризиковані цінні папери, які можуть принести високий дохід. При несприятливій ситуації ви не зможете втратити більше 10% коштів, але матимете шанс серйозно заробити» (Taleb, 2012).

На підтвердження своєї думки Талеб наводить приклад із історії (Taleb, 2012). Відомого філософа Фалеса Мілетського нерідко дорікали за його невміння заробляти гроші. Мовляв, відчуваючи свою непрактичність, він і займається філософією. Щоб їх посоромити, Фалес здійснив таку операцію. Ще до того, як поспів урожай, він за невелику плату зафрахтував усі олійниці (цехи, де з оливок виробляли олію) на островах Мілет і Хіос. В договір була включена умова, що власники не мали права без дозволу Фалеса брати від кого-небудь оливки на переробку. Ніхто не знав, яким буде врожай, і тому не поспішали з укладанням угод на використання олійниць.

А врожай трапився насправді дуже рясний. Власники оливкових садів кинулися шукати підприємства для переробки оливок, та всі вони були орендовані Фалесом без права використання іншими особами. Саме тоді Фалес і погодився звільнити власників олійниць від взятих раніше обов’язків. Але це вже коштувало їм зовсім інших грошей.

Як бачимо, Фалес діяв за принципом антикрихкості. Якби трапився неврожай, втрати Фалеса були б незначними, а вигоди, які він отримав при рясному врожаї, були величезні.

Вдаючись до поняття «чорного лебедя» (тобто несподіваної, непередбачуваної події), Н. Талеб так формулює наведену вище ідею: «Ви можете собі дозволити великий ризик у тих сферах, які невразливі перед негативними «чорними лебедями», й невеликий ризик у тих сферах, які відкриті для впливу позитивних «чорних лебедів» – так ви станете антикрихкими» (Taleb, 2012).

Мати запас ресурсів. Зазначений принцип певною мірою витікає із попереднього. Адже реалізація антикрихкості, зокрема, зміна напрямів діяльності підприємства і розширення його можливостей, вимагає достатнього ресурсного потенціалу.

Кожний бізнес повинен мати запас міцності, який в кризу дасть йому можливість протриматися на плаву протягом періода, достатнього для знаходження рятівних рішень. Забезпечувальними ресурсами для цього перш за все повинні бути фінансові кошти (рятівна подушка безпеки). Але фінансовими фондами зазначена ресурсна основа не обмежується. В ролі ресурсів можуть виступати: компетентності команди, її готовність пережити разом із компанією негаразди, довірчі відносини із партнерами, різнонаправленість діяльності та багатофункціональність персоналу компанії тощо.

Створювати майбутнє, а не оптимізувати сьогодні. Багато підприємців прикладають основні зусилля, спрямовані на отримання максимального результату в короткій перспективі. Саме з цим пов'язано намагання підвищити ефективність поточного виробництва та оптимізувати його ключові складові. Питання далекої перспективи відходять на задній план. І це – одна з ключових помилок підприємців. Як правило, доводиться робити вибір між високими прибутками зараз (а це часто обумовлює втрату перспектив на розвиток у майбутньому) та обмеженими доходами сьогодні

заради значного успіху у майбутньому. Багато хто обирає перше. У зв'язку з цим Талеб зазначає: «Важко грати в довгу гру, коли в якості першого кроку отримуєш очевидний негатив. Але необхідно бути готовим виглядати телепнем в короткостроковій перспективі, щоб виглядати генієм у майбутньому... Коли ви робите те, що інші, не дивуйтеся, якщо ви отримаєте й такі самі результати, як і усі інші» (Taleb, 2012).

Перехід до мережевізації економіки. Під *мережевізацією економіки* слід розуміти організаційну трансформацію побудови економічних циклів, внаслідок якої концентровані на території великі виробничі об'єкти (підприємства, комбінати, об'єднання) заміщуються горизонтальними розподіленими мережами, що об'єднують діяльність невеликих виробничих одиниць.

Прикладом горизонтальної виробничої мережі є система EnerNet, яка наразі формується в Європі. Вона покликана об'єднати діяльність альтернативних джерел енергії (сонячних панелей та вітрогенераторів), які функціонують у європейських країнах. Подібні мережі виконують комплекс надскладних технічних і економічних функцій, зокрема: *кондиціонування* (доведення до стандартних параметрів) (Мельник, 2018); *передачу, зберігання, перетворення і використання* енергії в найбільш ефективних режимах; забезпечення *стійкості* енергосистем. Крім того, вирішуються найскладніші економічні завдання купівлі і продажу енергії з її багатофакторною тарифікацією (Мельник, 2018).

Схожі мережеві форми організації виробництва можуть застосовуватися й у процесах переробки матеріалів. За рахунок того, що адитивне виробництво здатне обходитися без значної кількості проміжних виробничих стадій (підготовка матеріалів, виготовлення оснастки, обробка матеріалів, складання готової продукції тощо) відпадає необхідність концентрації на певній території виробничих потужностей, які складають зміст сучасних підприємств. На їхнє місце приходять виробничо-споживчі мережі, де виробники й споживачі продукції можуть бути суттєво розділені у просторі,

інколи перебуваючи на різних континентах. Це може відбуватися через те, що виробництво буде зводитися до виготовлення цифрових двійників, які матеріалізуватимуться за допомогою 3D-принтингу безпосередньо споживачами або виробничими ланками, які їх обслуговують.

Зазначене породжує два важливих явища. По-перше, виникають віртуальні підприємства, які можуть носити транскордонний і навіть трансконтинентальний характер. Друге явище пов'язане з інформатизацією процесу створення виробів.

Принциповою особливістю сучасного етапу розвитку виробничої сфери є перенесення центру ваги (а відповідно і витрат) у виробничому процесі з циклу тиражування продукції (тобто, власне, процесу її заключного виготовлення) на цикл її проектування. Саме там закладається основна цінність майбутнього виробу, тобто його інформаційні характеристики: властивості, функції, експлуатаційні параметри (надійність, естетичність тощо). Інакше кажучи, в найближчому майбутньому роль виробничих потужностей буде зводитися до тих функцій, які виконує звичайний принтер, який вмикається натисненням кнопки, коли нам потрібно роздрукувати пачку друкованих матеріалів (Мельник, 2018).

У 2010 році перша модель iPad-а продавалася майже за \$ 500. При цьому сукупні витрати на виготовлення його матеріальних компонентів та їх збирання становили лише \$ 33. «Аналогічна структура спостерігається в інших галузях (Агамирзян, 2013).

Горизонтальні розподілені мережі мають суттєві переваги перед сучасними концентрованими у просторі виробництвами. Вони є значно менш матеріаломісткими, носять модульний характер (допускають розширення мережі за рахунок нових блоків), забезпечують безпосередній контакт виробника і споживача, створюють передумови для персоналізації продукції, тобто виробництва її з урахуванням бажань конкретних споживачів.

Оволодівати нелінійним мисленням. В умовах відносно стабільного стану параметрів зовнішнього середовища себе виправдовує застосування лінійного мислення, побудованого на негативних зворотних зв'язках. У цьому випадку певний стан середовища, до якого пристосувалася система, може розглядатися як умовно сприятливий. На будь-яке відхилення параметрів цього стану від оптимального система, намагаючись максимально використати можливість поліпшення умов або скоротити негативні наслідки їх погіршення, реагує за принципом: чим більше, тим краще, або чим менше, тим краще. Наприклад, при зростанні попиту на певний вид продукції підприємство збільшує його виробництво. При зменшенні попиту – виробництво зменшується.

А що робити, якщо за якихось обставин реалізація даного виду продукції (виробів чи послуг) стає взагалі неможливою? Саме це сталося, зокрема, з традиційним видом послуг кафе й ресторанів в період карантину, коли клієнти не мали змогу заходити до них.

Одну з найбільш образних ілюстрацій нелінійного мислення зустрічаємо в романі Михайла Анчарова «Самшитовий ліс». На думку його автора, різницю між лінійною і нелінійною логікою легше за все зрозуміти в ситуації, коли на голову падає каміння. Лінійна логіка змушує тікати або ховатися... Нелінійна – вимагає використати силу каміння в корисних цілях. Останнє можливо, якщо подолати страх і включити конструктивне мислення (Анчаров, 1986).

Для нелінійної логіки не існує сприятливих і несприятливих умов середовища. Діє лише принцип: під різні умови – різну стратегію і форми діяльності. Не слід тужити над несприятливими умовами, слід шукати шляхи, як їх використати з вигодою для себе. Так найбільш гнучкі пункти харчування налагодили доставку замовлень за адресами людей, які не мали змоги залишити свої помешкання. Більшість з таких підприємств витримала випробування. А були й такі, які навіть поліпшили свої економічні показники. Саме вони й демонструють властивості антикрихкості структур.

ВИСНОВКИ

Людство наразі переживає перехід до нової соціально-економічної формації. Її виробничою основою стає нове суспільне явище, яке умовно може бути названо *адитивною економікою* (АЕ). Основним принципом функціонування АЕ є адитивність технологічних процесів, тобто виготовлення продукції, при якому з природи вилучається і використовується лише необхідні для виробництва компоненти природних ресурсів (енергії чи речовини). Формування АЕ означає перехід людства на нові принципи природокористування, які забезпечуватимуть радикальну мінімізацію екологічного навантаження цивілізації на екосистеми планети.

АЕ обіцяє змінити базові компоненти існування людського суспільства – від його технологічних основ до змісту і форм споживання продукції. Проведені авторами дослідження дали змогу сформулювати визначення АЕ і проаналізувати базові компоненти її системоутворюючих компонентів.

Разом з тим, слід зазначити, що адитивна економіка лише з'явилася на «горизонті» суспільного розвитку людства. Більша частина її перебуває за «горизонтом» поглядів вчених і експертів. Кожен крок у технологічному та суспільному прогресі наближає нас до нової соціально-економічної формації та відкриває наступні горизонти. Завдання науковців – зазирнути «за горизонт», і, спрогнозувавши наслідки науково-технічного прогресу, спробувати підсилити можливі позитивні його ефекти і відвернути або послабити дію (ризик) негативних очікувань.

АЕ – це соціально-економічна формація, побудована на масовому застосуванні адитивного принципу виготовлення продукції (3D-принтингу) та спрямована на радикальну мінімізацію використання первинних природних ресурсів і дематеріалізацію суспільного виробництва.

Фазовий перехід до АЕ означає системне явище, трансформаційними складовими якого повинні стати: адитивізація виробництва, мережевізація економіки, конвергенція і мінітюаризація продукції, інформатизація

економіки, смартизація матеріалів, інтелектуалізація (кібергізація) виробництва, колективізація споживання, циркуляризація ресурсовикористання.

Автори проаналізували позитивні і негативні ефекти, які можуть очікуватися при формуванні адитивної економік. Серед позитивних ефектів називаються: суттєве зменшення енергоємності продукції, дематеріалізація виробництва, солідаризація суспільства, сестейнізація економічних систем, інтелектуалізація технологій і матеріалів, індивідуальний контроль за здоров'ям. Серед негативних очікувань називаються: збільшення інформаційної вразливості виробництва, ризик втрати контролю за кіберфізичними системами, ризик збільшення уніфікації осіб, зростання психологічного навантаження та ін.

Людський капітал є рушійною силою як відтворення різних форм капіталу, так і взагалі функціонування економічних систем. При уважному аналізі можна прослідкувати триалектичність процесів відтворення людського капіталу. Це обумовлено трьома ключовими моментами:

- процес виробництва заснований на триєдиній взаємодії і відтворенні трьох ключових чинників: матеріальних, інформаційних, синергетичних;
- процес споживання забезпечує відтворення триєдиної природи людини, що несе в собі біологічне, соціальне (особистісне) і трудове (економічне) начала;
- виробничо-споживчу трансакцію саму по собі можна умовно вважати своєрідною тріадою, в якій сфера виробництва (теж будучи тріадою) несе переважно матеріально-енергетичне начало (виробляючи товар), сфера споживання забезпечує переважно інформаційне начало (даючи імпульс виробництву в формі відповідей на питання: що, скільки, як і для кого виробляти?), а інтерфейсна сфера (маркетинг, торгівля) - синергетичне начало (пов'язуючи воедино обидві зазначені сфери).

Сьогодні, коли людство вступило в фазовий перехід до нової соціально-економічної формації роль людського капіталу значно зросла. Стає все більш

очевиднішим, що успіх економічних систем визначається не матеріальними активами (природні ресурси, засоби виробництва, фінансові фонди), а якістю людського капіталу. Все актуальнішими стають питання наповнення змістом трансформацій людського капіталу, які диктуються ходом сучасних промислових революцій (Industries 3.0; 4.0 5.0), що визначають контури прийдешньої цифрової економіки.

В ході сучасних промислових революцій і цифрових трансформацій бізнес-структури зазнають вплив постійних змін умов господарювання. Відповіддю на це має стати застосування адекватних методів управління економічними системами. Вони здатні не тільки мінімізувати негативні наслідки трансформаційних впливів, але й давати змогу підприємствам підвищувати свою стійкість та з максимальною користю для себе використовувати нові можливості, які виникають в умовах зазначених змін. Один із таких методів забезпечує системам властивості антикрихкості.

Антикрихкість – це здатність систем ставати більш стійкими і доскональшими під впливом непередбачуваних несприятливих факторів. Антикрихкість дає можливість компаніям не тільки встояти, витримавши випробування несподіваних подій, які порушують звичні умови господарювання, але й навчитися отримувати від них максимальну користь.

Серед основних принципів забезпечення антикрихкості економічних систем слід назвати: застосування інновацій, толерантність до змін, усунення крихких складових, самоуправління колективу, мінімізація надмірного ризику, формування достатнього запасу ресурсів, орієнтація на стратегічні цілі, активізація нелінійного мислення.

Збільшення антикрихкості – це універсальний інструмент, який підходить різним організаціям, незалежно від їх параметрів. Через антикрихкість керівники підприємств здатні впливати на поведінку відповідних організацій в умовах дії зовнішніх факторів (зміна попиту на певну продукцію, економічна кон'юнктура, поведінка споживачів і конкурентів, правила господарювання тощо), на які вони впливати не можуть.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. 10 Principles to live an antifragile life. Philosophy. URL: <https://fs.blog/an-antifragile-way-of-life> (дата звернення: 03.06.2021).
2. 3D-принтеры (мировой рынок). TADVISER. 17.07.2021. Retrieved from [https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:3D-принтеры_\(мировой_рынок\)](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:3D-принтеры_(мировой_рынок))
3. Additive manufacturing – a definition: what is additive manufacturing? // SPI Lasers. Retrieved from <http://www.spilasers.com/application-additive-manufacturing/additive-manufacturing-a-definition>
4. Balbo, N. Fertility Theory. International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences: Second Edition. 2015. P. 19–27. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-097086-8.34045-4>
5. Barnatt Ch. 3D Printing: Third Edition. Explaining The Future.com. 2016. 320 p.
6. Becker, G. S. Human capital: a theoretical and empirical analysis with special reference to education. New York: National Bureau of Economic Research, 1994. 187 p.
7. Bell D. The Coming of Post-Industrial Society: A Venture in Social Forecasting. Basic Book. 1976. 507 p.
8. Berman, B. (2012). 3-D printing: The new industrial revolution. Business Horizons, 55(2), 155-162. DOI:10.1016/j.bushor.2011.11.003
9. Boulding, K. E. The economics of the coming Spaceship Earth. Classics in environmental studies. An overview of classic texts in environmental studies / ed. by N. Nelisse, J. Van Den Straaten and L. Klinkers. Amsterdam, the Netherland, 1966. P. 218-228.
10. Convergence meaning. Your Dictionary. Retrieved from <https://www.yourdictionary.com/convergence>
11. Dedicat C. Circular economy: what it mean, how to get there // World Economic Forum. 23.01.2016. Retrieved from <http://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-importance-of-a-circular-economy>

12. EU Market for 3DP Demonstration Equipment and Services. Preliminary Report. Retrieved from <https://3dppan.eu/sites/default/files/2021-06/EU%20Market%20for%203DP%20Demonstration%20Services%20-%20Preliminary%20Report%20June2021.pdf>
13. EU Project: Factory-in-a-day // Factory-in-a-day. Retrieved from <http://www.factory-in-a-day.eu>
14. Factory-in-a-day // Ros-industrial. 29.10.2013. Retrieved from <http://rosindustrial.org/news/2013/10/17/factory-in-a-day>
15. Gaget L. (2021). The State of 3D Printing in 2021. Report. Retrieved from Sculpteo <https://www.sculpteo.com>
16. Gershenfeld N., Gershenfeld A. Cutcher-Gershenfeld J. Designing reality: How to survive and thrive in the third digital revolution // Science. 20.11.2017. Retrieved from <http://designingreality.org/>
17. Gieseck A., Rujin S. The impact of the recent spike in uncertainty on economic activity in the euro area. ECB Economic Bulletin, Issue 6/2020. URL: https://www.ecb.europa.eu/pub/economic-bulletin/focus/2020/html/ecb.ebbox202006_04~e36366efeb.en.html (дата звернення: 20.05.2021).
18. Kranz G., Jones M., Posey B. Technological convergence. TechTarget. 05.08.2021. Retrieved from <https://searchconvergedinfrastructure.techtarget.com/definition/convergence>
19. Maddikunta, P. K. R., Pham, Q.-V., B, P., Deepa, N., Dev, K., Gadekallu, T. R., Ruby, R., & Liyanage, M. (2021). Industry 5.0: A survey on enabling technologies and potential applications. Journal of Industrial Information Integration, 100257. <https://doi.org/10.1016/J.JII.2021.100257>
20. McMahon M. Why is uncertainty so damaging for the economy? Recession & recovery. URL: <https://www.economicsobservatory.com/why-uncertainty-so-damaging-economy> (дата звернення: 29.05.2021)
21. Melnyk, L., Derykolenko, O., Kubatko, O., Matsenko, O. Business Models of Reproduction Cycles for Digital Economy. Proceedings of the 15th

International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer. Kherson: CEUR-WS, 2019. Vol. 2. URL: <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/74617>

22. Melnyk, L., Matsenko, O., Dehtyarova, I., Derykolenko, O. The formation of the digital society: social and humanitarian aspects. Digital economy and digital society / ed. by T. Nestorenko & M. Wierzbik-Strońska. Katowice: Katowice School of Technology, 2019. URL: <http://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/74570>

23. Mincer, J. Investment in human capital and personal income distribution. *Journal of Political Economy*. 1958. Vol. 66, No. 4. P. 281–302.

24. Miniaturization. Meaning in the Cambridge English Dictionary. Retrieved from <https://dictionary.cambridge.org/ru/словарь/английский/miniaturization>

25. Quanjin, M., Rejab, M. R. M., Idris, M. S., Kumar, N. M., Abdullah, M. H., & Reddy, G. R. (2020). Recent 3D and 4D intelligent printing technologies: A comparative review and future perspective. *Procedia Computer Science*, 167, 1210-1219. doi:10.1016/j.procs.2020.03.434

26. Rada, M. (2018). Industry 5.0 definition. Michael Rada. Retrieved from <https://michael-rada.medium.com/industry-5-0-definition-6a2f-9922dc48>

27. Reddy, S. (2021). Smart materials for 4D printing: A review on developments, challenges and applications. DOI:10.1007/978-981-16-4222-7_1

28. Rifkin, J. (2013). *The Third Industrial Revolution: How Lateral Power is Transforming Energy, The Economy, and The World*. St. Martin's Griffin Publisher.

29. Rifkin, J. *The Third Industrial Revolution: How Lateral Power is Transforming Energy, The Economy, and The World*. New York: St. Martin's Griffin Publisher, 2013. 304 p.

30. Rifkin, J. *Zero Marginal Cost Society: The Internet of Things, the Collaborative Commons, and the Eclipse of Capitalism*. New York: St. Martin's Griffin Publisher, 2015. 448 p.

31. Robot Sales Rise Again': World Robotics 2021 / International Federation of Robotics Reports. Retrieved from <https://www.automation.com/en-us/articles/october-2021/robot-sales-rise-again-world-robotics-2021>

32. Rossi, B. (2018). What will Industry 5.0 mean for manufacturing? Raconteur. Retrieved from <https://www.raconteur.net/manufacturing/manufacturing-gets-personal-industry-5-0>

33. Rossi, B. What will Industry 5.0 mean for manufacturing? Raconteur. URL: <https://www.raconteur.net/technology/manufacturing-gets-personal-industry-5-0>

34. Schultz, T. W. Investment in human capital. The American Economic Review. 1961. Vol. 51. No. 1. P. 1–17.

35. Schwab, K. (2017). The Fourth Industrial Revolution. World Economic Forum, Committed to Improving the State of the World.

36. Schwab, K. The Fourth Industrial Revolution. World Economic Forum, Committed to Improving the State of the World, 2017. 208 p.

37. Schwab, K., Davis, N. Shaping the Fourth Industrial Revolution. Cologne, Switzerland: World Economic Forum, Committed to Improving the State of the World, 2018. 320 p.

38. Shahan, Z. (2020). Renewable energy = 22.2% of US Electricity in 1st Half of 2020 (Charts). CleanTechnica. Retrieved from <https://cleantechnica.com/2020/09/12/renewable-energy-22-2-of-us-electricity-in-1st-half-of-2020-charts>

39. Skinner, C. (2018). Digital Human: The Fourth Revolution of Humanity Includes Everyone. Marshall Cavendish International (Asia) Pte Ltd.

40. Taleb N. N. (2012). Antifragile: Things that gain from disorder. Random House.

41. Taleb N. N. Antifragile: the black swan: The impact of the highly improbable. New York: Random House Publishing, 2010. 444 p.

42. Taleb N. N. Antifragile: Things that gain from disorder. New York: Random House, 2012. 544 p.

43. Thurow, L. C. Investment in Human Capital. Belmont: Wadsworth Publishing Company, 1970. 145 p.

44. UV mapping (2019) // Вікіпедія. Retrieved from https://uk.wikipedia.org/wiki/UV_mapping
45. What is Additive Manufacturing? // Additive Manufacturing / AM Basics / Retrieved from <http://additivemanufacturing.com/basics>
46. Агамирзян И. Третья промышленная революция: начало // Slon. 25.10.2013. Retrieved from <https://republic.ru/biz/1009644>
47. Агамирзян, И. Третья промышленная революция: начало. РВК. URL: <https://www.rvc.ru/press-service/media-review/rvk/39731/>
48. Аддитивные технологии – что это такое и где применяются. 18.09.2019. Retrieved from <https://old.sk.ru>
49. Анчаров М. Л. Самшитовый лес. Приглашение на праздник: романы и повести. Москва: Художественная литература, 1986. С. 10–298.
50. Богомолова Е. Из чего складывается антихрупкость бизнеса. Проект коронаФОМ. URL: <https://covid19.fom.ru/post/iz-chego-skladyvaetsya-antihrupkost-biznesa> (дата звернення 03.06.2021).
51. Вайцзеккер Э., Харгроуз К., Смит М. Фактор пять. Формула устойчивого роста. Доклад Римского клуба / пер. с англ. Москва: АСТ-ПРЕСС КНИГА, 2013. 368 с.
52. Вайцзеккер Э., Ловинс Э., Ловинс Л. Фактор четыре. Затрат половина, отдача двойная. Новый доклад Римского клуба / пер. с англ. Москва: Academia, 2000. 400 с.
53. Вечканов, Г. С., Вечканова, Г. Р. Современная экономическая энциклопедия. Санкт-Петербург: «Лань», 2002. 880 с.
54. Гараедаги Д. Системное мышление: как управлять хаосом и сложными системами: Платформа для моделирования архитектуры бизнеса. Минск: Гревцов Букс, 2010. 480 с.
55. Донець Л. І., Шепеленко О. В., Баранцева С. М., Сергеева О. В., Веремейчик О. Ф. Обґрунтування господарських рішень та оцінювання ризиків: навч. посіб. / за заг. ред. Л. І. Донець. К.: Центр учбової літератури, 2012. 472 с.

56. Ілляшенко С.М. та ін. (2009). Управління інноваційним розвитком підприємств в умовах формування інформаційної економіки. Розробка основ організаційно-економічного механізму управління інноваційним розвитком підприємств в інформаційній економіці: звіт про науково-дослідну роботу. – 2009. – СумДУ. – 856 с.

57. Кларк, Дж. Б. Распределение богатства. Москва: «Гелиос АРВ», 2000. 368 с.

58. Комбаров А. Рынок 3D-печати продолжает расти: тренды, перспективы, бизнес-стратегии. iQB Technologies. Retrieved from <https://blog.iqb.ru/state-of-3d-printing-2020>

59. Конкурентоспособность человеческого капитала как критерий экспертизы инвестиционных проектов / А. М. Маценко, А. А. Сафиулин, П. В. Тархов, Ж. В. Деркач. Проблемы и перспективы развития банковской системы Украины: сборник научных трудов. 2012. Вып. 36. С. 97-107. URL: <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/58633>

60. Майнцер К. Сложносистемное мышление: материя, разум, человечество. Новый синтез. Москва: Книжный дом «Либроком», 2009. 464 с.

61. Маркс, К. Капитал. Критика политической экономии. Москва: «Политиздат», 1983. Т. 1. 737 с.

62. Маршалл, А. Принципы экономической науки. Москва: «Эксмо», 1993. 832 с.

63. Маценко, О., Копилова, Н., Ткаченко, О., Солодова, Є. Вплив економічного добробуту на міграцію людського капіталу. STABICONsystems: матеріали Міжнародного наукового форуму, 26-28 квітня 2018 р. Суми: Сумський державний університет, 2018. С. 74-76.

64. Мельник В. Л. Формування сучасних маркетингових стратегій в умовах пандемії коронавірусу. Сучасні промислові революції та удосконалення механізмів сестейнового соціально-економічного розвитку: монографія / за ред. Л.Г. Мельника, О.М. Маценка. Суми: Університетська книга, 2021. С. 325-334.

65. Мельник Л.Г. «Зелена» економіка (досвід ЄС і практика України у світлі III і IV промислових революцій): підручник. Суми: ВТД «Університетська книга», 2018. 463 с.

66. Мельник Л.Г. Проривні технології у світлі соціально-економічних революцій: досвід ЄС та світу. Механізм регулювання економіки. 2019. №3. С. 97-110. DOI: <https://doi.org/10.21272/mer.2019.85.09>

67. Мельник Л.Г. Сучасні тренди розвитку соціально-економічних систем. Механізм регулювання економіки. 2020. №1. С. 9-27. DOI: <https://doi.org/10.21272/mer.2020.87.00>

68. Мельник Л.Г. та ін. Розроблення фундаментальних основ відтворювального механізму соціально-економічного розвитку в ході третьої промислової революції: звіт про науково-дослідну роботу. – 2020. – СумДУ. – 217 с.

69. Мельник Л.Г. та ін. Розроблення фундаментальних основ відтворювального механізму соціально-економічного розвитку в ході третьої промислової революції: звіт про науково-дослідну роботу. – 2018. – СумДУ. – 89 с.

70. Мельник Л. Г., Маценко О. М. Інноваційний досвід підприємств у сфері енергозбереження: енергетика, будівництво, транспорт, агровиробництво. *Управління енергоспоживанням: промисловість і соціальна сфера*: монографія / під заг. редакцією О. М. Теліженка та М. І. Сотника. Суми: видавничо-виробниче підприємство «Мрія-1», 2018. С. 106–140. URL: <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/77293>

71. Мельник, Л. Г. «Машина времени» Н. Н. Неплюева (Социально-экономический анализ): монография. Сумы: Университетская книга, 2018. 368 с.

72. Мельник, Л. Г., Маценко, О. М., Завдов'єва, Ю. М. Конкурентні переваги машинобудівних підприємств в умовах цифрової трансформації. Сучасний менеджмент економічних систем в координатах парадигми сталого розвитку: матеріали I Міжнародної науково-практичної конференції, 18

вересня 2019 р. Одеса: ОНПУ, 2019. С. 43-47. URL: <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/75236>

73. Мельник, Л. Г., Маценко, О. М., Кириленко, М. В. Креативний людський капітал як фактор формування виробничого потенціалу. Економічний розвиток держави та її соціальна стабільність: матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції, 15 травня 2019 р. Полтава: ФОП Пусан А. Ф., 2019. С. 110-112. URL: <http://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/74567>

74. Определение третьей промышленной революции // Sandvik.coromant. Retrieved from <http://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/services/manufacturing/stories/pages/additive-manufacturing-is-defininf-the-third-industrial-revolution.aspx>

75. Пальчинская Л. Как программное обеспечение Google научилось само писать программное обеспечение // AIN.UA. 19.10.2017. Retrieved from <https://ain.ua/2017/10/19/po-v-google-pishet-po>

76. Підприємництво, торгівля та біржова діяльність [Текст]: підручник / за заг. ред. д.е.н., проф. І. М. Сотник, д.е.н., проф. Л. М. Таранюка. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2018. – 572 с.

77. Попов Л. Роботы RepRap воспроизводят сами себя // Membrana. 04.06.2008. Retrieved from <http://www.membrana.ru/particle/3275>

78. Популярная экономическая энциклопедия / гл. ред. А. Д. Некипелов. Москва: Большая Российская энциклопедия, 2001. 367 с.

79. Пригожин И. От существующего к возникающему. Время и сложность в физических науках. Москва: Наука, 1985. 328 с.

80. Проривні технології в економіці і бізнесі (досвід ЄС та практика України у світлі III, IV і V промислових революцій): навчальний посібник / за ред. Л. Г. Мельника та Б. Л. Ковальова. – Суми: Сумський державний університет, 2020. – 180 с.

81. Райзберг, Б. А., Лозовский, Л. Ш., Стародубцева, Е. Б. Современный экономический словарь. Москва: ИНФРА-М, 2010. 12 с.

82. Рынок технологий 3D-печати в России и мире: перспективы внедрения аддитивных технологий в производство. 3Dtoday. 21.01.2021. Retrieved from <https://3dtoday.ru/blogs/news3dtoday/rynok-texnologii-3d-pecati-v-rossii-i-mire-perspektivy-vnedreniya-additivnyx-texnologii-v-proizvodstvo>

83. Самойлов А. Третья индустриальная революция. Выступление в Witbox Maker School // Youtube. 25.06.2014. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=vqluJONGZuU>

84. Словарь современной экономической теории Макмиллана; пер. с англ. Д. У. Пирса. Москва: ИНФРА-М., 2003. 608 с.

85. Смит, А. Исследование о природе и причинах богатства народов. Антология экономической мысли. Москва: МП «ЭКОНОВ», «КЛЮЧ», 1993. С. 79–396 с.

86. Современная модель обеспечения конкурентоспособности человеческого капитала / П. В. Тархов и др. Общество и экономика постсоветского пространства. 2013. Выпуск 2. С. 163-173. URL: <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/80589>

87. Сэй, Ж.- Б., Бастиа Ф. Трактат по политической экономии. Москва: Дело, 2000. С. 22–88.

88. Талей Н. Н. Антикрихкість: про (не)вразливе у реальному житті. Київ: Наш Формат, 2021. 400 с.

89. Тархов П. В., Маценко А.М., Кругляк А.П., Деркач Ж.В. Обеспечение полноты и надёжности гигиенической экспертизы инвестиционных проектов для развития человеческого капитала. Гигиена и санитария. 2012. № 5. С. 91–94. URL: <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/74619>

90. Тархов, П. В., Маценко, А. М. Деркач, Ж. В. Экономико-энвайронментальное благополучие как основа конкурентоспособности человеческого капитала. Экономическое пространство: сборник научных трудов. 2011. № 56/2. С. 282-292.

91. Шумпетер, Й. Теорія економічного розвитку. Київ: Києво-Могилянська академія, 2011. 244 с.

92. Экономическая энциклопедия / гл. ред. Л. И. Абалкин. Москва: Экономика, 1999. 1055 с.