

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет

Л. Г. Мельник

**Сучасні
соціально-економічні тренди:
досвід ЄС та практика України
у світлі промислових революцій**

Монографія

Рекомендовано вченою радою Сумського державного університету



Суми
Сумський державний університет
2021

Ministry of Education and Science of Ukraine
Sumy State University

Leonid Melnyk

**Current
Socio-Economic Trends:
EU experience and practice of the Ukraine
in the Light of the Industrial Revolutions**

Monograph

Recommended by the Academic Council of Sumy State University

Sumy
Sumy State University
2021

Монографію підготовлено в межах проєктів Жана Моне.

**Законодавчий, економічний і соціальний перехід ЄС
до сталого суспільства в межах Індустрії 4.0 та 5.0
(619997-EPP-1-2020-1-UA-EPPJMO-CHAIR) (2020–2023)**

**Кафедра Жана Моне з економічної політики ЄС та громадянського
суспільства (619878-EPP-1-2020-1-UA-EPPJMO-CHAIR) (2020–2023)**

With the support of the
Erasmus+ Programme
of the European Union



УДК 330.342.146(4+477)

М 48

Рецензенти:

О. В. Димченко – докторка економічних наук, професорка, завідувачка кафедри підприємництва та бізнес-адміністрування Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова;

М. В. Зось-Кіор – доктор економічних наук, доцент, професор кафедри менеджменту Полтавської державної аграрної академії;

Т. І. Лепейко – докторка економічних наук, професорка, завідувачка кафедри менеджменту та бізнесу Харківського національного економічного університету імені Семена Кузнеця

*Рекомендовано до видання
вченою радою Сумського державного університету
як монографія
(протокол № 2 від 7 вересня 2020 року)*

Мельник Л. Г.

М 48 Сучасні соціально-економічні тренди: досвід ЄС та практика України у світлі промислових революцій : монографія / Л. Г. Мельник. – Суми : Сумський державний університет, 2021. – 338 с.

ISBN 978-966-657-852-8

У монографії розкривається зміст таких категорій, як тренд і тенденція, щодо розвитку соціально-економічних систем. Досліджується вплив проривних технологій на виникнення сучасних соціально-економічних трендів (СЕТ). Характеризуються особливості реалізації СЕТ у напрямках: формування сучасної технологічної основи; розвитку матеріалознавства; інформатизації, цифровізації і сестейнізації господарських систем; побудова «зелених» економіки та енергетики; створення Інтернету речей. Подано досвід країн ЄС та практику України з реалізації СЕТ в умовах промислових революцій 4.0 та 5.0.

Призначена для наукових працівників, фахівців підприємств, спеціалістів місцевих органів адміністрації, викладачів і студентів навчальних закладів.

УДК 330.342.146(4+477)

© Мельник Л. Г., 2021

ISBN 978-966-657-852-8

© Сумський державний університет, 2021

Зміст

С.

ВСТУП.....	9
-------------------	----------

РОЗДІЛ 1 СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНІ ТРЕНДИ ЯК ІНФОРМАЦІЙНІ СИГНАЛИ З МАЙБУТНЬОГО	13
---	-----------

1.1 Технологічні та економічні контури соціально-економічних трендів.....	13
1.2 Мікро- та макроекономічний рівень трендів	17
1.3 Соціально-економічний простір мегатрендів	21
1.4 Соціально-економічний простір метатрендів	28
1.5 Сучасні промислові революції як епохальні тренди сучасності	31

РОЗДІЛ 2 ПРОРИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК ВИТОКИ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ ТРЕНДІВ	41
---	-----------

2.1 Ознайомлення з проривними технологіями.....	41
2.2 Вплив проривних технологій на розвиток підприємства	44
2.3 Проривні технології, народжені сучасними промисловими революціями.....	48
2.4 Соціально-економічні ефекти сучасних проривних технологій.....	51
2.5 Ризики, обумовлені сучасними проривними технологіями.....	59

РОЗДІЛ 3 ТЕХНОЛОГІЧНА РЕВОЛЮЦІЯ ЯК ОДИН ІЗ КЛЮЧОВИХ ТРЕНДІВ СУЧАСНОСТІ	64
---	-----------

3.1 Адитивний вектор сучасних технологій.....	64
3.2 3D-принтинг як основа адитивних технологій	67
3.3 Самоорганізація технологічних систем.....	73
3.4 Вектори конвергенції та мініатюризації.....	78
3.5 Інноваційні імпульси трендів в економічних системах і суспільстві.....	82

РОЗДІЛ 4 РЕВОЛЮЦІЙНІ ТРЕНДИ У СТВОРЕННІ НОВИХ МАТЕРІАЛІВ	85
---	-----------

4.1 Базові завдання сучасного матеріалознавства	85
4.2 Композитні прориви матеріалознавства.....	86

4.3	Наноглибини розвитку матеріалознавства.....	89
4.4	Нові властивості матеріалів.....	92
4.5	Чи можлива самоорганізація матеріалів?.....	97
4.6	Дематеріалізація як один із ключових трендів розвитку економічних систем.....	100

**РОЗДІЛ 5 МАГІСТРАЛЬНИЙ ТРЕНД
ІНФОРМАТИЗАЦІЇ РОЗВИТКУ
ЕКОНОМІЧНИХ СИСТЕМ..... 103**

5.1	Інформаційний вимір розвитку соціально-економічних систем.....	103
5.2	Природничо-науковий і соціальний зміст інформації.....	106
5.3	Економічні основи інформаційної реальності.....	110
5.4	Соціально-економічні тренди під час переходу до інформаційного суспільства.....	117
5.5	Інформаційні вектори трансформації економіки і бізнесу.....	123
5.6	Еволюція інформаційного змісту економічних чинників у соціально-економічних трансформаціях.....	125

**РОЗДІЛ 6 СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИЙ ТРЕНД
ЦИФРОВІЗАЦІЇ ГОСПОДАРСЬКИХ СИСТЕМ 129**

6.1	Технологічні основи цифровізації соціально-економічних систем.....	129
6.2	Соціально-економічний контекст процесів цифровізації.....	134
6.3	Процеси цифровізації соціально-економічних систем України.....	138
6.4	Бізнес-моделі і трудовий чинник у цифровій економіці.....	141
6.5	Гуманітарна складова процесів цифровізації.....	145

**РОЗДІЛ 7 ФОРМУВАННЯ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ
ЯК КЛЮЧОВИЙ РЕЗУЛЬТАТ INDUSTRY 4.0 149**

7.1	Глибинна сутність Інтернету речей.....	149
7.2	Зміст і функції Інтернету речей.....	153

7.3	Інтернет речей у процесах розвитку підприємств і територій	157
7.4	Базові проривні технології і формування Інтернету речей: взаємозв'язок і взаємозалежність ...	165
7.5	Еволюція Інтернету речей і формування соціально-економічних трендів.....	174

РОЗДІЛ 8 ПРИРОДНІ ТА СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНІ ОСНОВИ СЕСТЕЙНІЗАЦІЇ СУСПІЛЬСТВА 184

8.1	Ключові віхи на шляху до сестейного розвитку	184
8.2	Природно-ресурсна та соціально-економічна обумовленість формування сестейного суспільства.....	188
8.3	Контури «зеленої» (сестейної) економіки	198
8.4	Механізми відтворення «зеленої» економіки	203
8.5	Діалектика сутнісної основи людини в процесах сестейнізації.....	211

РОЗДІЛ 9 СЕСТЕЙНІЗАЦІЯ ЕНЕРГЕТИКИ ЯК БАЗОВИЙ ТРЕНД INDUSTRY 3.0 216

9.1	Економічні передумови сестейнізації енергетики: досвід ЄС	216
9.2	Розвиток альтернативної енергетики в ЄС та в провідних країнах світу	223
9.3	Аналіз економічних трендів у розвитку сонячної та вітрової енергетики	230
9.4	Розвиток біогазової, геотермальної та інших видів «зеленої» енергетики.....	239
9.5	Формування напрямів акумулювання енергії.....	246
9.6	Мережевізація та інформатизація енергетичних систем	252
9.7	Розвиток «зеленої» енергетики в Україні.....	258

РОЗДІЛ 10 РЕАЛІЗАЦІЯ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДУ НА ОСНОВІ СУЧАСНИХ ПРОМИСЛОВИХ РЕВОЛЮЦІЙ 267

10.1	Сутнісний зміст фазового переходу.....	267
------	--	-----

10.2 Триалектика фазових переходів	271
10.3 Фазовий бар'єр як інструмент природного добору	275
10.4 Особливості сучасного фазового переходу до нової соціально-економічної формації	277
10.5 Технологічні імпульси фазових переходів	280
10.6 Економічний вимір трансформаційних процесів	288
10.7 Еволюція суб'єкта людини і праці у світлі промислових революцій.....	292
ВИСНОВКИ.....	297
ДОДАТОК А.....	300
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	306

У монографії використані результати досліджень, проведених у межах науково-дослідних робіт № 0118U003578 «Розроблення фундаментальних основ відтворювального механізму соціально-економічного розвитку в ході Третьої промислової революції» (розділ 10) та «Фундаментальні основи фазового переходу до адитивної економіки: від проривних технологій до інституційної соціологізації рішень» (розділ 2).

ВСТУП

Людству завжди хотілося зазирнути в майбутнє. Для цього в нього завжди існували два основні інструменти: по-перше, знання про минулий і теперішній стан досліджуваної системи; по-друге, закономірності зміни в часі цього стану. Згадані закономірності матеріалізуються в явищі, що має багатогранну назву «тенденція», яка останнім часом нерідко трансформується в термін «тренд». Тенденція / тренд, мов місток, який з'єднує наше сьогодні з майбутнім.

Сьогодні людство переживає надзвичайно стрімкі зміни стану соціально-економічних систем. У такі періоди значну роль починає відігравати можливість контролювати спрямованість трансформаційних процесів. У науковій літературі ця спрямованість характеризується поняттями «тренд» і «тенденція». Не випадково до таких понять привертають все більшу увагу і в економічній літературі.

Останнім часом слово «тренд» належить до найуживаніших термінів, особливо в публіцистичній літературі. Щорічно публікують рейтинги найбільш актуальних трендів соціально-економічного та соціально-культурного розвитку. У кожній сфері суспільного життя є власні 5, 10, 20 та ін. найбільш гарячі на поточний момент часу тренди.

Значно менше наукових робіт, де аналізують зміст і механізми формування трендів. У зв'язку з цим потрібно відзначити роботи С. Аткінсона (Atkinson, 2016), який проаналізував динаміку глобальних мегатрендів соціально-економічного розвитку, колективу німецьких вчених Інституту досліджень майбутнього (Hox, 2020), що запропонували підходи до класифікації різних видів соціально-економічних трендів, С. Ефрата (Efrat, 2017), який проаналізував вплив майбутнього стану систем на їхнє функціонування сьогодні, П. Діамандіса (Diamandis, 2020), що

виділив характерні риси в сучасних соціально-економічних трендах, авторів книги «Мегатренди завтрашнього світу» (Klein et al., 2017), які проаналізували залежність трендів вищого рівня від процесів формування трендів нижчих рівнів, М. Дуфви (Dufva, 2020 б), який проаналізував закономірності формування трендів різних рівнів.

Водночас варто зазначити, що в науковій літературі з проблематики трендів мало приділяють увагу системним поглядам на динаміку формування трендів, зокрема відсутній аналіз специфіки сучасних мега- і метатрендів, які формують русло епохального тренда фазового переходу до нової соціально-економічної формації.

У цьому виданні виконано системний аналіз динаміки формування соціально-економічних трендів. Особливу увагу приділяємо аналізу змісту сучасних промислових революцій і тій ролі, яку вони відіграють у формуванні епохального тренда фазового переходу до нової соціально-економічної формації.

Більшість дослідників сходяться на думці, що в найпершому наближенні поняття «тренд» означає динамічну характеристику поведінки системи. Оскільки ця характеристика динамічна, то і характеризує вона особливості процесу, який протікає в часі. Якщо бути точним, вона характеризує закономірності (алгоритм, програму, характерні періоди, що повторюються) у поведінці системи. Зміна цих параметрів втілюється в кінцевому підсумку в розвиток системи.

Безумовно, поняття тренда пов'язують насамперед із такими інформаційними характеристиками, як напрямок, спрямованість, вектор. Однак тренд характеризує не тільки інформаційні параметри зміни стану системи, але і динаміку її енергетики. Не випадково у низці визначень тренда трапляються ті чи інші вирази, які відсилають нас до зміни

саме енергетичних характеристик системи: сил розвитку (forces of development) (Efrat, 2017), макросил (macro forces) (Norton, 2012), енергетики тренда (power of trend) (Horx, 2020).

І це цілком справедливо. Адже в будь-якій системі проявляється як її матеріальне, так і інформаційне начало. Матеріальне начало обумовлює енергетику поведінки системи, ініціюючи рух, дії, зміни. Інформаційне начало задає вектор спрямованості цих силових функцій.

Ведучи мову про енергетику тренда, потрібно зазначити одну важливу її особливість. Вона характеризує не просто потенцію системи виконувати певні дії і здійснювати рух. Тренд зміни стану системи реалізується за траєкторіями, на яких система прагне функціонувати в найбільш ефективних своїх режимах для даного періоду часу і в даних соціально-економічних умовах.

Вищезазначене дозволяє зробити висновок, що тренди розвитку соціально-економічних систем є важливими інструментами планування нашого майбутнього й управління теперішнім. Саме тренди служать основою прогнозування можливих станів соціально-економічних систем. Формуючи віртуальний міст між сьогоденням і майбутнім станом системи, тренди є реальною опорою цілеспрямованого управління соціально-економічними системами.

Одне з основних завдань управління соціально-економічними системами полягає у формуванні таких цільових установок, які б максимально відповідали підвищенню ефективності функціонування систем. Щоб це було реалізовано, необхідно найбільшою мірою використовувати «енергію тенденції», тобто тренда розвитку системи. У своєму русі до майбутнього система завчасно починає накопичувати особливості і риси того стану, який забезпечить їй максимум ефективності в майбутньому. Висловлюючись термінами

наукових понять, зазначимо, що цей стан має відповідати критерію мінімуму виробництва ентропії (з усіх можливих станів), або, інакше кажучи, сприяти мінімальному розсіюванню енергії.

Мистецтво керівника полягає в тому, щоб, по-перше, розгледіти зазначену тенденцію, а, по-друге, перебудувати наявний гомеостаз системи так, щоб процес розвитку сприяв прояву найбільш ефективних трансформаційних змін. Схематично проєктований новий гомеостаз системи повинен бути комбінацією рис наявного стану системи з тими особливостями і властивостями, які диктує тренд розвитку системи.

Цей алгоритм втілений у жартівливому принципі реалізації нелінійного мислення: «якщо щось не можна запобігти, його потрібно очолити». Цей афоризм одні приписують М. Жванецькому (його можна прочитати в Одесі на бульварі імені відомого письменника), інші – комсомольцям 1980-х років (в останньому варіанті, щоправда, слово «щось» замінюється словом «вечірка» з відповідною корекцією слів у реченні).

Надзвичайно важливо враховувати цей принцип нелінійного мислення і брати до уваги тенденцію розвитку системи в перехідні періоди історії, зокрема під час фазових переходів, коли перестають працювати лінійні методи, які описують поведінку системи. Саме така ситуація буде подана в книзі на прикладі сучасних промислових революцій (Industries 3.0, 4.0, 5.0), у процесі яких реалізується нинішній фазовий перехід.

РОЗДІЛ 1

СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНІ ТРЕНДИ ЯК ІНФОРМАЦІЙНІ СИГНАЛИ З МАЙБУТНЬОГО

1.1 Технологічні та економічні контури соціально-економічних трендів

Перше уявлення про тренд можна отримати, спостерігаючи за процесами в будь-яких матеріальних потоках: рідини, повітря, рухомих предметів. Зокрема можна більш-менш точно спрогнозувати на кілька хвилин наперед положення листочка, який рухається за течією в річці, або хмар, що плывуть на небі, чи авто в потоці машин на автомагістралі. Закономірності поведінки згаданих потоків (напрямок їхнього спрямування, швидкість руху, можливості зміни першого і другого та ін.) і дають змогу отримати уяву про особливості пересування в часі і просторі предметів, що рухаються в зазначених потоках. Ці особливості в першому наближенні і можна назвати тенденцією, або трендом зміни стану (у цьому разі – положення) названих предметів.

Поняття «*тренд*» дуже близьке за значенням до більш звичного поняття «*тенденція*» (власне в англійській мові під *trend* і йдеться про саме поняття – «тенденція»). А тенденція (від латинського *tendo* – направляю), зі свого боку, означає *спрямування, устремління*. Зазначені два терміни (тренд і тенденція) можна було б вважати синонімами (найчастіше вони за змістом такими і є).

Ну дійсно, чи є різниця між словосполученнями «намітилася чи спостерігається (позитивна/негативна) тен-

денція» та «зародився новий тренд»? Обидва означають можливий (вірогідний) вектор розвитку подій.

Якщо вважати, що слова, а тим паче специфічні терміни, закріплюються в мовах не випадково, то можна зробити висновок, що поява в українській і російській мовах нового терміна «тренд» мала-таки якісь підстави. Очевидно, що слово «тенденція», паралельно з яким новий термін почав функціонувати, не могло повною мірою задовольнити потреби сучасної мовної практики. Який же новий підтекст приніс із собою у змісті конструкції новий термін?

Як ми вже з'ясували, слово «тренд» у слов'янських мовах зовсім нове. Воно почало там активно функціонувати з приходом англomовних запозичень, тобто якихось років 10–15 тому. Але це було не просто калькуванням, тобто звуковим копіюванням чужого слова. Україномовні носії слова скористалися зручною нагодою виразити новий зміст суспільних явищ, які було не здатне передати звичне слово «тенденція».

Спочатку про останній термін. Слово «тенденція» відрізняється універсалізмом і широким спектром змістовних відтінків. У цьому розумінні воно ширше за змістом від терміна «тренд». Здебільшого *тренд* можна пояснити як тенденцію. А от слово «тенденція» не завжди доцільно замінювати словом «тренд». Тенденція як закономірність протікання процесів може стосуватися явищ у будь-якій галузі знань: фізичній, біологічній, соціальній. Тенденція, знов-таки, може характеризувати специфіку явищ у будь-якому періоді: як у минулому, так і в сьогоденні чи в майбутньому.

Терміном «тренд» носії української мови підсвідомо, швидше на інтуїтивному рівні, почали користуватися в тих випадках, коли хотіли підкреслити сучасний характер процесів і явищ. Його найчастіше вживають, характеризуючи

процеси, що відбувалися не раніше за ХХ сторіччя, а краще – вже у ХХІ сторіччі. Погодьмося, у реченні «в історії людства спостерігалася тенденція переексплуатації природних комплексів» поява на місці слова «тенденція» терміна «тренд» була б не дуже доречною. З такою модерною окрасою терміна «тренд» пов'язані, до речі, і нові ніші, які він почав завойовувати останнім часом у наших мовних комунікаціях. «Бути в тренді» означає «йти в ногу з часом», «залишатися в курсі» останніх новинок певної сфери, «бути просто сучасним врешті-решт». «Тенденція» на такі ніші претендувати не здатна.

Ще однією особливістю терміна «тренд» є те, що його використовують переважно щодо суспільних явищ, де людина є не тільки об'єктом реалізації законів природи, а й активним суб'єктом, що впливає на перебіг подій. Можна відзначити, що за допомогою слова «тенденція» передають результат дії більш фундаментальних законів, а через термін «тренд» – переважно наслідки впливу соціальних законів.

Навряд чи дослідники скористаються терміном «тренд» для характеристики спрямування процесів, що протікають у фізичних і хімічних середовищах або ж у живій природі – тут доречніше буде слово «тенденція». А ось для характеристики напрямів розвитку господарських галузей, соціальних мереж, стилю життя чи моди термін «тренд» дуже навіть доречний, зокрема і через те, що підкреслює їхній сучасний характер. З цього приводу можна скаламбурити, що сам термін «тренд» «не йде проти тренда» і «залишається в тренді».

Отже, у цьому виданні ми найчастіше будемо користуватися терміном «тренд», не забуваючи, втім, що тренд за своїм головним змістом і є тенденцією.

Особливо доречний термін «тренд» під час висвітлення економічних процесів, де змінюються ціни (за ви-

східними та низхідними трендами), де спостерігається міграція робочої сили, відбувається галузева реструктуризація та ще багато чого.

Трендом (тенденцією) в широкому розумінні потрібно вважати відносно стійке (усталене) спрямування розвитку певного явища. В економічних системах зазначене спрямування реалізують через динаміку сукупності співвідношень (між окремими частинами систем), властивостей (притаманних системам), показників доходів і витрат, попиту та пропозиції, ознак споживчих потреб та уподобань користувачів, параметрів технологічної основи та ін.

Поняття «тенденція» і «тренд» доцільно вживати лише для характеристики *процесів*, тобто явищ, які протікають у часі, і відбувається (чи навпаки, не відбувається) зміна певних параметрів систем. У низці робіт акцентують увагу на здатності трендів впливати на перебіг подій у майбутньому.

Професор Гарвардського університету Марк Еспозіто визначає *соціально-економічний тренд* як траєкторію подій, які трапляються сьогодні, але впливають на майбутні зміни (наприклад, демографічного чи природоресурсного характеру), а також можливість розв'язання проблем (наприклад, кліматичних або нерівності).

У вузькому розумінні слово «тренд» означає відповідність нормативним ознакам або динамічним характеристикам певного періоду часу (зокрема це можна спостерігати на прикладі словосполучення «бути в тренді»).

У певному розумінні зі словами «тренд» і «тенденція» спорідненими можна вважати ще кілька термінів, за допомогою яких найчастіше і визначаються зазначені поняття. Такі терміни мають властивості, які наближають їх до понять «тренд» і «тенденція». По-перше, це те, що вони також характеризують динаміку саме *процесів*, які проті-

кають у часі; а по-друге, вони визначають їхній напрямок дії в умовному соціально-економічному просторі.

Серед таких термінів можна назвати:

– *напрям / напрямок*: 1) лінія (сукупність ліній) руху, просторова характеристика переміщення / пересування / прямування об'єкта у просторі; 2) внутрішньо впорядкована сукупність тенденцій (ідейних, художніх) або сукупність принципів (наукових, ідейних, естетичних, етичних), що об'єднує розвиток певних соціальних спільнот;

– *спрямування*: 1) те саме, що напрям; 2) спрямованість на досягнення певної мети;

– *вектор* (у загальному розумінні) – напрям пересування, дії чи зміни певної величини;

– *траєкторія* – уявна лінія, яку описує чи може в майбутньому описати тіло під час свого переміщення, руху, умовної зміни властивостей чи параметрів;

– *атрактор* – умовна множина точок у просторі, до якої збігаються (притягуються) можливі траєкторії зміни параметрів динамічної системи;

– *мейнстрім* (від англ. *mainstream* – основна течія) – переважний напрямок у будь-якій галузі (науковій, культурній, медійній тощо) для певного періоду часу; найчастіше вживається для позначення певних офіційних чи просто масових тенденцій у культурі, мистецтві, медіа; контрастує з альтернативними напрямками (*андеграундом*, *елітними течіями* тощо).

1.2 Мікро- та макроекономічний рівень трендів

Тренди соціально-економічного розвитку розрізняються сферою, де відбуваються відповідні процеси, та масштабами впливу на суспільство і природу.

Науковці німецького інституту Досліджень майбутнього (Zukunftsinstitut) запропонували класифікацію трендів залежно від сфер розвитку, які охоплює вплив того чи іншого тренда (рис. 1.1).

Виміри:

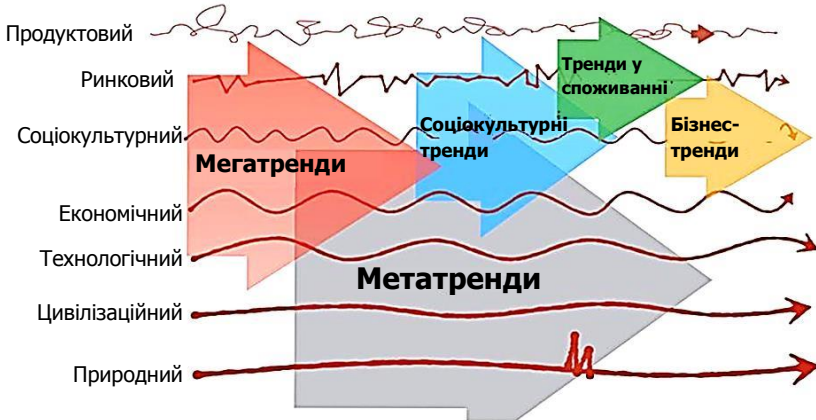


Рисунок 1.1 – Взаємозв'язок соціально-економічних трендів залежно від сфер, які вони охоплюють (Horx, 2020)

Автори дослідження звертають увагу на кілька важливих моментів.

По-перше, жодною плавною лінією (прямою чи кривою) не можна передати характер подій у майбутньому. Він завжди має турбулентну природу, зокрема внаслідок біфуркаційних трансформацій. Через це будь-які тренди можуть лише приблизно передати специфіку майбутнього стану систем.

По-друге, тренди, зазвичай, мають хвильовий характер, що обумовлює підйом і згасання їхньої умовної енергетики, тобто сили впливу на сфери суспільства в різні часові періоди. Рано чи пізно будь-який тренд втрачає свою потенцію і поступається місцем іншим трендам.

По-третє, у дії трендів, зазвичай, можна спостерігати певну спіралеподібність, коли вони після певного згасання свого впливу на суспільство можуть, умовно кажучи, повертатися в новій якості і в нових формах. Як зазначають автори згаданого дослідження: «у кожному тренді живе його власний антитренд (counter-trend), який «випромінює» енергію «ретро» (power of the «retro») (Hoxh, 2020).

Зокрема з розвитком ІТ-технологій набув поширення соціальний тренд: «піти в ІТ і не повернутися», інакше кажучи, зв'язати свою кар'єру з інформаційними технологіями. Сьогодні набуває обертів зворотна тенденція «покинути ІТ». Різні прихильники цього тренда по-різному пояснюють своє рішення. Одним не подобається, що така приваблива з грошового погляду сфера діяльності не мотивує соціальний розвиток людини, іншим, – що вона дуже виснажує, третім вона заважає реалізувати своє покликання в житті та не дає можливості «відчутти себе живим» (Potrubeiko, 2020).

На підставі зображеної на рисунку 1.1 умовної схеми можна скласти уявлення про взаємний порядок зародження та реалізації трендів різної конфігурації.

Мегатренди. Першопричиною формування мегатренда можуть бути різні події або явища, що виникають у *соціокультурній* сфері (наприклад, зростання рівня освіти чи урбанізація населення), *економіці* (індустріалізація, інформатизація, економічна криза та ін.), науково-дослідницькій сфері, яка на рисунку 1.1 подана під умовною назвою «технологічний вимір» (наприклад, генерування проривної технології, мініатюризація виробів тощо).

Розглянемо приклад, коли формування мегатренда відбувається на основі проривних технологій. Такими, зокрема, є розробка персонального комп'ютера, мобільного телефону, ефективної сонячної панелі чи 3D-принтера.

Проривні технології, зароджені у дослідницькій сфері, просувають їхні ініціатори в економіку у формі стартапів у сподіванні, що останні будуть реалізовані на ринку. Обов'язковою умовою для цього є сприйняття інновацій критичною масою соціокультурного середовища.

У разі успіху нову технологію впроваджують на базових промислових підприємствах-піонерах, і на ринок потрапляють нові товари у вигляді перших комерційних прототипів серійної продукції. А в соціокультурному середовищі починає циркулювати інформація про новий товар (реклама, акції, відгуки споживачів). Так формується *мегатренд* на прихильність до нової технології і (здебільшого) до пов'язаного з нею нового виду продукції.

Складовими мегатренда як загальної хвилі є:

– *соціокультурний тренд* – коли нова продукція знаходить своїх прихильників серед населення та підприємців;

– *тренд у споживанні* – коли споживачі починають масово переходити на нові види продукції;

– *бізнес-тренд* – коли використання нових технологій для виробництва нового виду продукції перетворюється на прибуткову платформу для бізнесу.

Саме такий шлях проходили всі інновації, без яких сьогодні ми не можемо уявити своє життя: персональний комп'ютер, мобільний телефон, інтернет, соціальні мережі, GPS, цифрові системи фіксації інформації, альтернативні джерела енергії та багато чого ще. І саме так просувають ті технології, які обіцяють докорінно змінити види нашої діяльності вже в недалекому майбутньому (*Інтернет речей, штучний інтелект, 3D-принтери* тощо).

Коли рівень масштабності мегатренда збільшується, він починає впливати на відносини людини і природи. Під дією тренда в людині відбуваються якісні зміни (зокрема змінюється її світогляд, рівень освіти, етичні засади або ставлення до суспільства), що може трактуватися як цивілізаційні трансформації. У такій ситуації можна відзна-

чити, що цей соціально-економічний тренд набув ознак *метатренда*.

Сьогодні не існує чітких класифікаційних ознак віднесення тих чи інших трендів до розряду «мега-» чи «мета-». Дехто із дослідників взагалі використовує лише один із названих термінів, ігноруючи інший, дехто користується ними як словами-синонімами.

Ми будемо надалі застосовувати наведену вище (див. рис. 1.1) систематизацію. Відповідно до неї, щоб *мега-тренд* став *метатрендом*, він має змінити якісно спосіб життя людини (тобто мати прояв у цивілізаційному вимірі) і почати суттєво впливати на відносини людини з природою (такими, зокрема, виявилися тренди автомобілізації, електрифікації, автоматизації).

1.3 Соціально-економічний простір мегатрендів

На підставі зазначеного *мегатренд* можна визначити як великомасштабну довгострокову тенденцію суспільного розвитку, яка визначає зміну якісних параметрів соціально-економічних систем.

З. Ефрат деталізує поняття *мегатренда*, визначаючи його як глобальні стійкі макроекономічні сили розвитку (*forces of development*), що впливають на бізнес, економіку (*economy*), суспільство, культури (*cultures*) і особисте життя, визначаючи в такий спосіб наш майбутній світ і щораз більший темп його змін (Efrat, 2017).

Уперше термін «мегатренд» використав у своїй книзі «Мегатренди» в 1982 році відомий американський футуролог Джон Нейсбітт (John Naisbitt). Ним він вважав довгострокові глибинні сценарії розвитку (*long-term deep developments*), які революційно

змінюють суспільство, а також політичні та економічні відносини (Naisbitt, 1982).

Джоном Нейсбіттом ще 40 років тому було сформульовано низку мегатрендів, які можна розглядати як характерні прогнози, де автор передбачав тотальне панування принципів інформаційного суспільства, глобалізацію економіки, розвиток розподілених структур і соціальних мереж, зростання самоорганізації економічних суб'єктів, «цифрову демократію», посилення багатоваріантності суб'єктного вибору, перехід до принципово нової економічної моделі та устрою суспільства на основі нових інформаційних технологій, які спочатку будуть обслуговувати стару модель. Саме це зараз відбувається з технологіями альтернативної енергетики, адитивних методів виробництва, Інтернету речей. Наведено лише деякі із згаданих мегатрендів (Naisbitt, 1982).

«Ми перейшли від індустріального суспільства до суспільства, в основі якого лежить виробництво і розподіл інформації.

Ми рухаємося в бік дуалізму «технічний прогрес (high tech) – душевний комфорт (high touch)», коли кожна нова технологія супроводжується компенсаторною гуманітарною реакцією.

Ми з товариства, керованого сьогохвилинними міркуваннями і стимулами, перетворюємося на суспільство, орієнтоване на багато більш довгострокові перспективи.

У містах і штатах, у невеликих організаціях і підрозділах ми знову відкрили здатність діяти по-новаторському і отримувати результати – від низу до верху.

У всіх аспектах нашого життя ми переходимо від надій на допомогу установ і організацій до надій на власні сили.

Ми виявляємо, що форми представницької демократії в епоху миттєвого розповсюдження інформації застаріли.

Ми перестаємо залежати від ієрархічних структур і робимо вибір на користь неформальних мереж. Це особливо важливо для підприємницького середовища.

Із суспільства, скутого жорсткими межами вибору «або – або», ми швидко перетворюємося на вільне суспільство з різноманітною поведінкою.

Інновації в галузі зв'язку та обчислювальної техніки прискорять темпи змін завдяки зведенню до нуля часу передавання інформації (informational float).

Нові інформаційні технології спершу будуть використовуватися для розв'язання старих завдань промисловості, а потім поступово породять нові види діяльності, процесів і продуктів».

Уже згаданий вище М. Еспозито підкреслює здатність мегатрендів впливати на майбутній розвиток систем. Він визначає *мегатренди* як траєкторії великомасштабних подій, які трапляються сьогодні, але впливають на майбутні зміни в демографії, використанні природних ресурсів, розв'язанні проблем клімату чи нерівності (Bhasin, 2018).

Незважаючи на різні формулювання, зазначені визначення мають спільні дифініційні ознаки. У них відзначаються: по-перше, великомасштабний характер змін, пов'язаних із мегатRENдами; по-друге, широке охоплення сфер суспільного життя.

Постійно народжується і згасає величезна кількість трендів різної конфігурації, сфер суспільного життя, рівня формування. Деякі автори навіть зазначають про «море» трендів (Klein et al., 2017). І це недалеко від істини. Свої власні тренди мають будь-які сфери діяльності людини: наукова, економічна, бізнесова, інженерна, аграрна та інші. І в кожній із них існують субтренди в більш вузьких підрозділах.

Різні автори називають власні «п'ятірки», «десятки», «двадцятки» і інші «-дцятки» ключових трендів сучасності. Вони різні за змістом, формою, масштабністю і навіть порядком формування. Щоб показати ступінь диверсифікації сучасних трендів, наведемо як приклади лише кілька мегатрендів, які належать до різних сфер діяльності (Brinker, 2012; Diamandis, 2020; Efrat, 2017; Mitchell, 2020):

- поєднання в роз'єднанні, інакше кажучи, спільні дії за умови індивідуальної ізолюваності (together separately); дія цього тренда особливо підсилилася в умовах останньої пандемії COVID-19;
- поширення штучного інтелекту в усі сфери життя;

– збільшення потужності (у гігабайтах) індивідуального підключення інформаційних систем як когось, так і чогось за умови постійного зменшення питомої вартості такого підключення;

– поширення «миттєвої економіки речей» (instant economy of things) та режимів «миттєвого виконання» (instant fulfillment) замовлень, що може здійснюватися дронами, роботами чи навіть молодими людьми на велосипедах або скутерах;

– розвиток клітинного агровиробництва, яке б забезпечило якісним і здоровим білком;

– сенсорна революція, яка означає значне підвищення чутливості приладів та використання нових можливостей у різних сферах діяльності (у торгівлі, зокрема, може означати перехід від розрахунків картками до розрахунків «обличчям»);

– перехід до винахідливого (agile) і гнучкого управління маркетингом.

Один лише перелік із короткою характеристикою різних соціально-економічних трендів, зокрема мегатрендів, загалом налічує в різних публікаціях сотні сторінок. Щоб дати можливість скласти враження про різноманіття хоча б окремих мегатрендів, скористаємося рисунком креативних авторів книги «Мегатренди завтрашнього світу». На рисунку 1.2 подані не тільки умовні англійські назви трендів, але також і їхні символічні зображення.

Кожен тренд має свою біографію і власний життєвий цикл розвитку. Одні з них приречені на коротку тривалість життя (хто зараз може виразно пояснити, що таке «пейджер»?); Іншим доля дарує тривале, а головне, різноманітне життя. Досить навести приклад тренда *мобільного телефону*.



Рисунок 1.2 – Умовні назви та символічні зображення різних мегатрендів (Klein et al., 2017)

Народившись як звичайний засіб елітарного зв'язку, мобільний телефон перетворився на явище, яке забезпечує задоволення численних потреб сучасної людини: від джерела отримання новин до платіжного засобу. І кількість функцій, які виконує цей мініатюрний предмет, з часом лише збільшується, а з ними зростає і кількість сфер діяльності людини, на які поширюється вплив цього унікального суспільного явища.

Соціально-економічні тренди в чомусь нагадують річки. Народжуючись як тренди окремих продуктів від певної проривної технології, мов струмочки із джерела, вони потім можуть, об'єднуючись із трендами інших продуктів, набирати силу мегатрендів, впливаючи на різні сфери суспільного життя: соціально-культурне середовище, економіку, бізнес. Такий шлях свого часу пройшли тренди електрифікації, автомобілізації, телефонізації, радіофікації, телевізійного мовлення, комп'ютеризації, використання мобільних телефонів, GPS, 3D-принтерів тощо.

Варто зазначити складний характер динаміки формування мегатрендів. Щоб наблизити наведене вище порівняння потоків соціально-економічних трендів із річками до істини, ми маємо внести до нього певні корективи. Для цього нам необхідно буде уявити, що потоки цих річок рухаються за спіральними траєкторіями на поверхні умовної сфери. Ця ситуація досить точно подана на умовній схемі рисунка 1.3 авторами книги «Мегатренди завтрашнього світу».

Взаємодіючи між собою, різні тренди одноментно відіграють різні ролі у формуванні різних мегатрендів. Десять вони є головним руслом мегатренда, десять слугують як тренди забезпечувальних виробів під час формування інших мегатрендів. Зокрема в мегатренді розвитку адитивних технологій напрям створення нових матеріалів підпорядковується як допоміжний тренд. Водночас розвиток адитивних технологій уже як допоміжний тренд забезпечує розвиток мегатрендової траєкторії створення нових матеріалів.

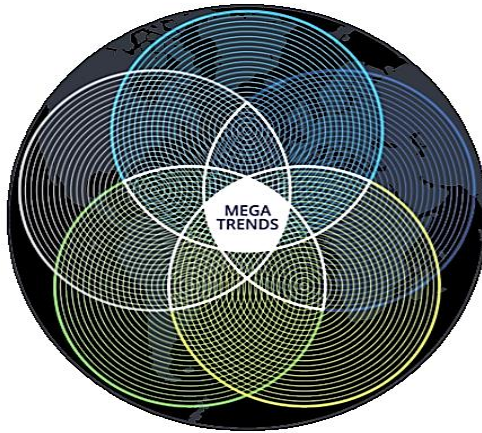


Рисунок 1.3 – Умовна схема формування мегатренда
(Klein et al., 2017)

Більшість із названих вище трендів переросли масштаби мегатрендів, набувши ознак метатрендів. Такими, зокрема, стали тренди комп'ютеризації, використання мобільного телефону, інтернету. Кожен із них об'єднує людей у єдину глобальну спільноту і фактично забезпечує появу на планеті передбаченої В. І. Вернадським ноосфери (тобто сфери розуму), яка і далі розвивається у вигляді «Хмари».

У такому самому напрямку слідує розвиток Інтернету речей та адитивних технологій. Щоб зазначені *мегатренди* перетворилися повною мірою на *метатренди*, вони мають набути масштабності. І тоді перший – повністю вивільнить людину від ручної праці та запустить циркуляційну економіку. А другий стане основою реалізації горизонтальних (розподілених) виробничо-споживчих мереж і забезпечить досягнення цілей дематеріалізації економіки.

1.4 Соціально-економічний простір метатрендів

Метатренди мають більш значну масштабність. Вони охоплюють взаємозв'язок людини з *природою* і сприяють *цивілізаційним* трансформаціям у суспільстві. Останнє означає, насамперед, якісні зміни в самій людині, зокрема у співвідношенні її біологічного, особистісного і трудового начал.

Саме такі метатренди були пов'язані із винаходами парової машини та двигуна внутрішнього згоряння. Кожна з цих подій ініціювала зміни у використанні базових видів природних ресурсів, середньому рівні освіти людини та способу її життя. Це само собою було пов'язано з формуванням великої кількості інших трендів, про які ми згадували вище. Те саме можна сказати про формування низки метатрендів у XX і XXI сторіччях, які були пов'язані з розвитком авіації, освоєнням глобальних засобів зв'язку (радіо, телебачення, телефон, інтернет), масовою комп'ютеризацією населення, інформатизацією економіки, цифровізацією інформаційних систем, розвитком альтернативних джерел енергії, освоєнням 3D-принтерів тощо.

Джеф Нортон визначає *метатренди* як макросили (macro forces), які формують наше майбутнє і є явищами, що впливають на всі сторони життя людини через економічні, соціальні і екологічні сфери (Norton, 2012).

Серед метатрендів у різних публікаціях називають такі: демографічна динаміка, глобалізація, урбанізація, збільшення середнього віку населення, мережевізація та інші явища (Diamandis, 2020).

Щоб мати певне уявлення про зміст окремих метатрендів, пропонуємо ознайомитися нижче з деякими результатами дослідження С. Аткинсона з прогнозування соціально-економічного розвитку людства (Atkinson, 2016).

Демографічний тренд. На Землі зростання кількості населення характеризується такою динамікою: 1976 р. – 4,13 млрд; 2016 р. – 7,43 млрд; 2050 р. – 9,72 млрд (прогноз).

Спостерігаються різні темпи зростання в різних країнах. В одних – показник народження на одну людину невеликий (Німеччина та Японія – 1,4; Китай, Канада, Росія – 1,6; Австрія і Бразилія – 1,8; Велика Британія – 1,9; США – 2). В інших – значно більший (Індія – 2,5; Малаві – 5,8; Замбія – 5,9; Буркіна Фасо й Уганда – 6,0; Сомалі і Бурундія – 6,1; Малі – 6,2; Нігерія – 6,9).

Зазначений демографічний тренд змінює різницю в кількості населення між різними країнами. Зокрема у 2010 р. населення США перевищувало населення Нігерії майже вдвічі (312 млн проти 160 млн). У 2020 р. ця різниця скоротилася (338 млн проти 210 млн). А у 2050 р., за прогнозами, населення Нігерії має перевищити населення США (440 млн проти 401 млн). Звісно, така динаміка демографічного показника вплине і на співвідношення економічних можливостей країн.

Значно відрізняється в різних частинах світу середній вік населення. І хоча протягом майбутніх 30 років цей показник обіцяє дещо зрівнятися, між африканським континентом і Європою чи Північною Америкою різниця залишиться доволі суттєвою (перша цифра відповідає середньому віку населення у 2010 р., а друга – прогноз показника на 2050 р.): Азія – 29 і 40 років; Африка – 19 і 25; Латинська Америка – 27 і 41; Північна Америка – 37 і 41; Європа – 40 і 46; Океанія – 32 і 37.

У багатьох країнах спостерігається зростання очікуваного середнього віку життя. Зокрема в Китаї за сторіччя (з 1950 р. до 2050 р.) він має подвоїтися – з 40 до 80 років.

Підвищення добробуту. Очікується зростання кількості середнього класу, про що свідчать цифри в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Динаміка кількості середнього класу

Рік	2009	2020	2030
Населення, млрд	6,8	7,7	8,3
Кількість середнього класу (с. к.), млрд	1,8	3,2	4,9
Частка с. к., %	26	42	60

Зростання грамотності серед дорослого населення. Про те, що відбувається підвищення частки грамотного населення у світі, свідчить динаміка відповідного показника за регіонами світу з 1990 р. до 2015 р.: світ загалом – 76 % (1990) і 86 % (2015); Європа – 97 % (1990) та 98 % (2015); Центральна Азія –

98 % (1990) та 100 % (2015); Східна Азія і Океанія – 82 % (1990) та 95 % (2015); Латинська Америка – 86 % (1990) та 93 % (2015); Африка – 50 % (1990) та 66 % (2015).

Урбанізація населення. Частка населення у світі, що мешкає в містах, постійно зростає. Так, у 1960 р. частка міського населення у світі становила лише 34 %; у 1993 – 44 %; у 2014 – 54 %. А на 2050 р. цей показник прогнозують на рівні 66 %.

Варто зауважити, що всі зазначені тренди є не тільки соціальними (за зовнішнім проявом), а й економічними (за глибинним впливом на економічні процеси).

Соціально-економічні тренди – від зовні не дуже помітних трендів розвитку окремих виробів до масштабних мега- і метатрендів – мають свої особливості, які характеризують їх як суспільні явища.

Необхідно зазначити складний характер динаміки формування соціально-економічних трендів. Як уже було відзначено, можна вважати, що метатренди утворюються потоками мегатрендів, наче річок, що їх живлять (Dufva, 2020 б). Зокрема такий метатренд, як поширення адитивних технологій, залежить від розвитку багатьох мегатрендів (комп'ютеризації, цифровізації, розвитку нових матеріалів тощо).

Водночас потрібно зазначити що, сформувавшись, потік метатренда починає впливати на конфігурацію мегатрендів, які його утворюють, диктуючи їм свої запити. Зокрема в метатренді розвитку адитивних технологій потреби 3D-принтерів починають обумовлювати вимоги до розроблення необхідних комп'ютерних програм, властивостей нових матеріалів, цифрових платформ тощо. До того ж ці зазначені напрями соціально-економічного прогресу в інших сферах є самостійними метатRENдами.

Як зауважив Mikko Dufva: «Мегатренди зазнають впливу метатрендів, які від них відстають (behind the megatrends) (Dufva, 2020 а).

Трапляються в історії людства періоди, коли соціально-економічні тренди набувають рис фазових переходів до нової соціально-економічної формації. Тоді змінюються всі умови середовища людини і відбуваються радикальні зміни в сутнісній основі самої людини. Такі тренди називають соціально-економічними революціями.

Як приклад можна назвати неолітичну революцію, яка поклала основу цілеспрямованому виробництву, а заодно змусила людину перейти до осілого способу життя, ініціювала організацію трудових процесів і спричинила руйнування екосистем, обумовлене інтенсивним виробництвом.

Іншими прикладами є Перша і Друга промислові революції, які подарували механізацію ручної праці, утворення індустріального виробництва, електрифікацію, нові види комунікацій та нові матеріали, автоматизацію та засоби оброблення інформації. Супутниками цього стали суспільна грамотність і комп'ютеризація населення, мережевізація світу, глобалізація суспільства і... безпрецедентна руйнація природи.

Такі радикальні зрушення ми надалі будемо називати епохальними соціально-економічними трендами. Сьогодні людство переживає новий епохальний тренд – фазовий перехід до майбутньої соціально-економічної формації. Його особливістю є те, що він розвивається в ході відразу трьох промислових революцій – Третьої, Четвертої і П'ятої, які є своєрідними генеральними метатрендами.

1.5 Сучасні промислові революції як епохальні тренди сучасності

Будь-яка революція вносить радикальні зміни в суспільство. Третя, Четверта і П'ята промислові революції (Т. п. р., Ч. п. р., П. п. р.), у які зараз входить людство, обі-

цяють 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 (Агамірзян, 2013; Rifkin, 2013; Rifkin, 2015; Schwab et al., 2018; Shahan, 2016) автори розглядають окремі аспекти трансформаційних процесів у ході Т. п. р. і Ч. п. р. Не претендуючи на повномасштабне дослідження порушеної теми, розглянемо лише питання формування соціально-економічних трендів у прийдешній перехідний період.

Економіка і бізнес є тими двома ключовими сферами суспільства, які забезпечують реалізацію процесів виробництва і споживання продукції. Тому вони повною мірою залежать від базових технологій виробництва матеріальних ресурсів і енергії.

Т. п. р. виникла як реакція виробничої системи на екологічні проблеми, які не в змозі вирішити чинна соціально-економічна формація. Мабуть, неможливо дати просте визначення Т. п. р. як будь-якому складному, багатовимірному явищу. З урахуванням цього Т. п. р. може бути визначена через формулювання її базових відмінних рис.

Третя промислова революція – це явище радикальної якісної трансформації соціально-економічних систем, що характеризується такими процесами: переходом на відновлювані джерела енергії та сировини, масовим впровадженням адитивних технологій і мережевих виробничих систем, цифровою основою фіксації і передавання інформації, формуванням горизонтальних виробничо-споживчих структур і відповідних їм солідарних форм економічних відносин.

Четверта промислова революція – це явище впровадження кіберфізичних систем у процеси виробництва та

споживання продукції, за якого виникають повністю автоматизовані мережі, здатні діяти без безпосередньої участі людини (Industry, 2016; Shahan, 2016).

П'ята промислова революція – це явище адаптації людини до кібергізованого середовища, за якого отримує розвиток особистісна основа людини, зокрема і на основі синергетичної інтеграції когнітивних здібностей людини і штучного інтелекту, а також біологічної природи людини і технічних засобів.

Схематично контури зазначених промислових революцій подані на рисунку 1.4.

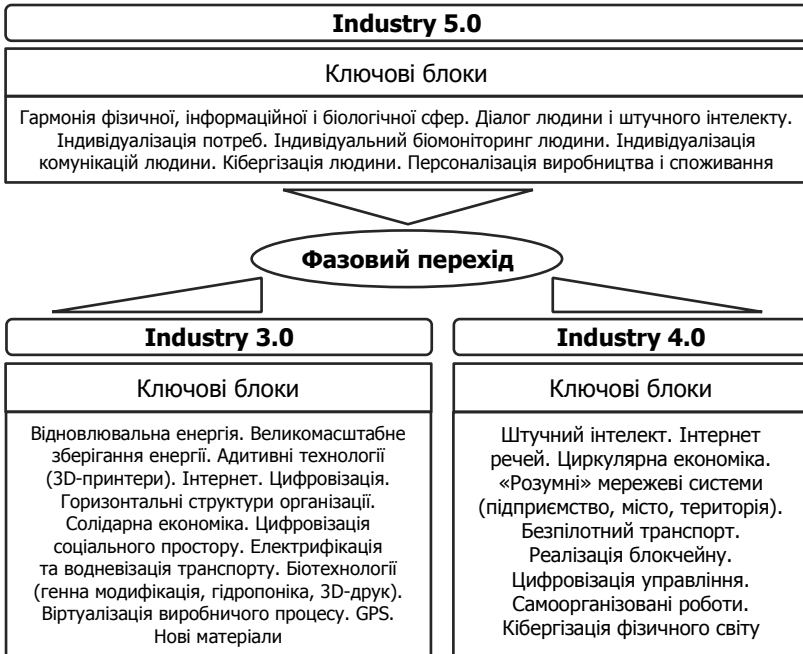


Рисунок 1.4 – Контури змісту промислових революцій у реалізації промислового переходу (Melnyk et al., 2019)

Як можна зрозуміти зі сказаного, необхідність П'ятої промислової революції виникла як необхідність людства реагувати на хід Третьої і Четвертої промислових революцій (переважно Четвертої), темпи реалізації яких пригломшують. Про останнє можна судити хоча б з динаміки окремих показників (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 – Динаміка показників соціально-економічного розвитку з 2000 р. до 2020 р. (Melnyk, 2020)

Показник	Значення	
	2000	2020
1. Кількість користувачів персональних комп'ютерів, млн одиниць	140	5200 (близько 70 % світової кількості населення)
2. Кількість унікальних користувачів мобільних телефонів, млн одиниць	109	5170 (67 % світової кількості населення)
3. Кількість інтернет-користувачів, млн одиниць	361	4574 (60 % світової кількості населення)
4. Частка відновлювальної енергії, %	1	33
5. Світова ємність зберігання енергії, ГВт/ГВт-годин	<1/<1	12/21 (1095/2840 – прогноз на 2040 р.)
6. Кількість 3D-принтерів, шт.	1 (прототип)	17 млн (70 % компаній використовує)
7. Кількість пристроїв, приєднаних до Інтернету речей, шт.	6	30 млрд
8. Кількість промислових роботів, тис. шт.	742	3000
9. Частка цифрової інформації, %	<50 %	99 %
10. Кількість виробленої інформації у світі, зетабайт	<<1	44

Суть наведених визначень стає зрозумілою тільки під час більш детального розгляду змісту компонентів, що їх утворюють. Спробуємо розібратися в причинно-наслідко-

вих зв'язках виникнення певних соціально-економічних трендів, проаналізувавши історичний аспект формування зазначених революцій.

Третя промислова революція. Т. п. р. виникла як реакція соціально-економічної системи на нездатність розв'язати глобальні екологічні проблеми в межах наявного рівня виробничих сил і економічних відносин.

Унаслідок Другої промислової революції виникло унікальне явище – взаємопов'язаний індустріальний світ машин, де все рухається, взаємодіє й взаємодоповнює одне одного. Міцними путями, які зв'язали все в єдине ціле, є комунікації – енергетичні, транспортні, інформаційні. Ця система машин – назовемо її Індустрією – і стала результатом Другої промислової революції.

Революція 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. Усе це начебто було й раніше, але лише сьогодні екологічні проблеми набули масштабів глобальної всепланетної кризи, яка почала загрожувати взагалі існуванню людства.

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). В іншому разі це загрожувє переґрі-

вом планети та розбалансуваням її енергосистеми й критичним порушенням клімату.

Але знадобилися дві серйозні події світового масштабу, щоб концепція Т. п. р. почала упроваджуватися в реальне життя. Однією з цих подій була енергетична криза кінця 2000-х років, коли ціни на енергоносії сягнули захмарної величини (зокрема ціни на нафту перевищили межу у 150 доларів за барель). Інша подія трапилася кілька років по тому в Японії. Мова йде про аварію на Фукусимській атомній електростанції. Не випадково, що Т. п. р. стартувала на просторах Європи, яка, по-перше, завжди відчувала дефіцит власних енергоносіїв, а, по-друге, значну частину електроенергії виробляла саме на атомних електростанціях.

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).

Ресурсний вимір створює ще одну проблему, яку покликана розв'язувати Третя промислова революція. 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.

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.

Чиста енергія та адитивні технології – це лише частина «зеленої» економіки. Ми ж можемо в разі зменшити навантаження на природу, скоротивши обсяги споживання енергії та матеріальних ресурсів на умовну одиницю того, що споживаємо. Напрямами до цього є конвергенція (тобто об'єднання) функцій різних речей в одному виробі та мініатюризація (мінімізація розміру) самих виробів.

Щоб у цьому переконатися, досить подивитися на наш мобільний телефон. Сьогодні в нього «переселилася» купа корисних нам предметів, які ще нещодавно були окремими речами. Лише на перелік їхніх назв потрібно кілька хвилин. Зазначимо тільки основні: *телефон, комп'ютер, фотоапарат, відеокамера, словник, бібліотека, годинник, ліхтарик, радіо- і телеприймач, навігатор (GPS)* і багато-багато іншого.

Якби все це було б окремими предметами, ними б можна було заставити цілу кімнату. І важили б усі ці скарби, мабуть, десятки кілограмів. А скільки енергії і ресурсів вони б споживали (!). А скільки енергії і ресурсів потягнули б на себе підприємства, де весь цей крам потрібно було б виготовити (!)...

Замість цього в нас на долоні – 100-грамова *дивоскринька*, яка миттєво виконує наші команди, дозволяючи одночасно зазирнути в розклади різних видів транспорту

та каси з продажу квитків, кращі світові бібліотеки, музеї, стадіони, театри, зробити необхідні розрахунки та платежі, створити фото- і відеосшедеври, поспілкуватися з кимось у прямому ефірі, переглянути пошту тощо.

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.

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 із супершвидкістю.

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.

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 ци-

вілізацію. 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.

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.

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-трудою. Вона звикла до виконання стандартних операцій, за допомогою яких виробляються стандартизовані товари для споживачів зі стандартними потребами та запитами.

На місце людини-трудою 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 вже за місцем його призначення, тобто за адресою споживача.

вача. 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.

РОЗДІЛ 2 ПРОРИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК ВИТОКИ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ ТРЕНДІВ

2.1 Ознайомлення з проривними технологіями

На підсвідомому рівні поняття *проривна технологія* сприймається як інструментарій, що дозволяє подолати опір якогось бар'єра, який перешкоджає виходу на новий більш високий (у розумінні більш досконалий) рівень технічних систем або соціального розвитку. Зазвичай водночас передбачається, по-перше, що зазначена технологія має ознаки інноваційності, а по-друге, те, що вона дозволяє істотно підвищити якість виробничих процесів – їхню ефективність, інформаційну місткість, екологічність, незалежність від невідновлюваних природних ресурсів, ступінь сприйняття людиною. Зазвичай за технологічним проривом слідує також прорив на вищий рівень ефективності та соціального розвитку громадських систем.

У широкому сенсі під **проривною технологією** (англ. *disruptive technology*) йдеться про технологічну інновацію, яка відкриває новий технологічний цикл розвитку виробничих систем. Прикладами «проривних технологій» є такі: винахід автомобіля на основі двигуна внутрішнього згорання (замінив гужовий транспорт), впровадження напівпровідників (замінили електровакуумні прилади), створення цифрових камер (замінили традиційні плівкові фото- та кінокамери).

Проривні технології є провісниками інноваційних фазових переходів до нових методів виробництва і споживання продукції. На їхній основі змінюються знаряддя праці, дизайн продукції, що виробляється, комунікації,

знання і навички працівників (детальніше – у Мельник, 2018 в).

Так, перехід до машинного виробництва, електрифікації виробничих систем і побуту людей, впровадження потокових ліній, комп'ютеризації суспільства та інших інновацій докорінно змінили умови життя та діяльність людей. Біля витоків всіх базових інновацій лежать проривні технології.

Вихідні інновації і проривні технології, що породили їх, формують своєрідні ієрархічні структури, які можна порівняти з екосистемною ієрархією. Так, екосистеми окремих клітин у дереві живлять біологічні елементи більш високого рівня і, відповідно, беруть участь у формуванні послідовно екосистем: окремих листків, гілок, цілих рослин, лісів, континентальних екосистем, біосфери планети.

У такий спосіб «струмочки» менш масштабних проривних технологій, зливаючись, утворюють інноваційні «річечки» і «ріки», які готують ґрунт для більш значних змін. На самій верхівці цієї інноваційної піраміди стоять епохальні інноваційні прориви, що докорінно змінюють характер метаболізму між людиною і природою. Зокрема створенню такої епохальної проривної технології, як Інтернет речей, сприяли цикли відкриттів і винаходів у межах формування інших базових проривних технологій, що буде детально розглянуто в окремому розділі. Тут ми лише перелічимо ключові комплектуючі: *персональний комп'ютер, мобільний телефон, інтернет, Wi-fi, відновлювана енергія, 3D-принтер, цифрові технології, штучний інтелект, REID-мітки, GPS, «Хмара»*.

Без завершення циклу реалізації будь-якої із зазначених забезпечувальних проривних технологій реалізація проєкту *Інтернету речей* повною мірою була б неможли-

вою. Причому тут подані лише базові компоненти необхідних проривних технологій. Насправді їх набагато більше. Це – і створення нових матеріалів, що забезпечують роботу 3D-принтерів; і формування систем зберігання енергії, необхідних для повноцінної експлуатації джерел відновлюваної енергії; і нові прориви в космічній техніці, яка створює умови для реалізації GPS, і багато іншого.

Ми не випадково використовуємо щодо наведених компонентів проривних технологій саме термін «цикли». Річ у тім, що кожен із періодів реалізації цих технологій також є своєрідною ієрархічною структурою, розгортаючись у часі інноваційних подій. Останні, зі свого боку, були спрямовані на створення відповідних проривних технологій і передували виникненню згаданих комплектувальних вузлів до Інтернету речей.

Історична довідка

Зокрема, щоб з'явився перший персональний комп'ютер, у різні часи в різних куточках Землі різні люди повинні були зробити, без перебільшення, десятки відкриттів і здійснити сотні винаходів. Не будемо перелічувати весь довгий перелік відповідних подій, відлік яких, мабуть, можна було б розпочати зі створення лічильної дошки (абака) в V столітті до н. е. Назвемо лише найбільш значущі, з нашого погляду: машина для додавання Блеза Паскаля («Паскаліна») (1642 г.); арифмометр Томаса (1820-ті роки); аналітична машина Чарльза Баббиджа як перша спроба створення програмованого обчислювального пристрою (1822–1838); обчислювальна машина Конрада Цузе, що працює на подвійній логіці (1937); перші ЕОМ (1946–1949); теорія інформації Клода Шеннона (1940–1948); винахід точкового транзисторного підсилювача, який замінив електронні лампи (1947); створення електронних мікросхем (ЕМ) і інтегральних ЕМ, що істотно зменшили розміри ЕОМ (1958-1959); реалізація першої мови програмування високого рівня – Фортран (1957); перші комп'ютери з клавіатурою, монітором і мишкою (1960–1963); винахід накопичувача на магнітному диску (1971); перший мікропроцесор (1971).

Схожі ланцюжки подій можна було б скласти за іншими згаданими циклами проривних технологій. Створені на їхній основі інновації і були своєрідним «комплектуванням» для збірки Інтернету речей. Створення кожного з цих явищ само собою були знаковими подіями в історії розвитку людської цивілізації. Ми назвали результати цих інновацій саме явищами через їхню масштабність і багатогранність. Зокрема за поняттями «мобільний телефон» або «3D-принтер» – різноманіття предметів і технологій, що постійно змінюються в просторі та часі.

Поява Інтернету речей не могла відбутися раніше, доки виробництво і використання кожного зі згаданих явищ (від персонального комп'ютера до «хмарних» технологій) не досягло промислової зрілості. Останнє передбачає як мінімум дві обставини: по-перше, досягнення їхньої значної дешевизни, що забезпечує вигідність масового виробництва і використання; по-друге, досягнення масових масштабів застосування відповідних предметів. Більш детально про Інтернет речей у цьому розрізі ми поговоримо в окремому розділі.

2.2 Вплив проривних технологій на розвиток підприємства

Проривні технології найтісніше пов'язані з розвитком економічних систем. В економічному середовищі більш вживаним є поняття «*проривна інновація*» (disruptive innovation).

Вплив економічних чинників на просування проривних технологій обумовлений двома основними обставинами. По-перше, проривна технологія не тільки є поштовхом для інноваційного розвитку технічних систем, а й відкриває новий цикл бізнесу. Проривні технології спря-

мовані не на вдосконалення наявних виробництв і товарів, що ними виготовляються, а на кардинальну зміну технічної основи і відповідну трансформацію бізнесу.

Другою обставиною, що обумовлює вплив економічних чинників на долю проривних технологій, є залежність останніх від реакції ринку. Навіть найгеніальніша інновація не зможе бути повною мірою реалізована, поки не знайде свого споживача на ринку. Саме ринковий успіх забезпечує грошовими надходженнями, необхідними для розвитку і просування нової продукції до масового покупця.

У 1997 році Клейтон Крістенсен (Clayton Christensen) популяризував економічну роль проривних технологій у книзі «Дилема інноватора. Він розповів, як через нові технології гинуть сильні компанії» (Christensen, 2016).

Одне з пояснень дилеми інноватора полягає ось у чому. Перед успішною компанією рано чи пізно виникає дилема: або продовжувати розвивати свій успіх, впроваджуючи технології щодо вдосконалення вже прибуткового виробництва і, відповідно, закріплюючи свій успіх на ринку (такі технології можуть бути названі стійкими), або застосувати проривні технології, які означають створення принципово нового товару.

Для успішного великого підприємства (великого на-самперед за його часткою на ринку) рішення про впровадження проривної технології є досить болісним і ризикованим. Адже таке рішення, по суті, вбиває вже усталений успішний бізнес підприємства. Водночас невідомо, чи зможе зазначена інновація принести аналогічний успіх і компенсувати можливі втрати на ринку. Невипадково, у літературі можна натрапити на вираз «канібалізм проривних технологій». Він означає, що проривні технології «з'їдають» своїх попередниць, технології, які вже існують на ринку (Немного, 2015).

Так, поява персональних комп'ютерів (ПК) вбила на ринку значну кількість виробників універсальних обчислювальних машин. Ринок же ПК значною мірою постраждав від виробників ноутбуків (лептопів), а ті, зі свого боку, змушені були потіснитися під напором виробників планшетів і смартфонів.

Чим успішніше позиції підприємства на ринку, тим з меншим бажанням воно відмовляється від чинних технологій. Успіхи підприємства перетворюються на своєрідне «гальмо» щодо нових проривних технологій. Добра добувши, кращого не шукають. А спрогнозувати реальні масштаби віддалених у майбутнє позитивних і несприятливих наслідків від впровадження технологій нового покоління не всім до снаги. Такий прогноз найчастіше і є вирішальним чинником під час ухвалення ризикованих рішень на користь реалізації проривних технологій.

Отже, з економічного погляду, будь-яка disruptive technology має в собі два начала: творче (адже відкриває новий технологічний цикл) і руйнівне (адже підриває основи вже наявного виробництва). Тому цілком закономірно і використання двох термінів, що виникли як результат перекладу на українську чи російську мови базового поняття disruptive technology. Нарівні з уже згаданим словосполученням «проривні технології» можна побачити і термін «підривні технології». Останнє, як ми переконалися, також цілком об'єктивно має право на існування.

Якщо ж інноватором, який впроваджує нову технологію, є підприємство-новачок, то воно навряд чи відчуває такі проблеми з ухвалення відповідного рішення. Таке підприємство не стоїть перед втратою свого завойованого раніше сегмента ринку, забезпеченого успішною технологією. Це, правда, не зменшує інші форми ризику, які зазвичай пов'язані з реалізацією стартапів. Такі зухвалі і «легкі на підйом» підприємства-початківці, зазвичай, і стають

«могильниками» старожилів ринку. Звичайно, це відбувається лише в тому разі, якщо їм вдається пройти зі своїми проривними технологіями через «сито» ринкового відбору. Завдяки такому здоровому авантюризму новачкам і вдається випереджати, зазвичай, на пару років у справі освоєння продукції наступного покоління компанії з міцними позиціями.

Зазначене дозволяє зрозуміти глибину ще одного визначення проривної технології, сформульованого К. Кристенсеном. «До категорії проривних належать технології, які радикально змінюють алгоритм отримання вигід і ціноутворення» (Christensen, 2016).

Проривні технології поступово змушують споживачів переглянути свої погляди на цінність товарів на ринку. Водночас старі товари стають неконкурентоспроможними через те, що змінюється цінність колишніх параметрів і функцій, які приносили раніше їм успіх на ринку (Концептуальні, 2007; Мельник та ін., 2012; Социально-экономические, 2010).

Найбільш характерний сценарій впровадження проривних технологій пов'язаний із просуванням на ринок продуктів, що поступаються за низкою параметрів панівним там товарам. Ці свої недоліки вони компенсують іншими перевагами. Найчастіше останнє пов'язано зі зменшенням розміру, простотою, зручністю, дешевизною. Так планшети, програючи ПК в обсязі пам'яті та іншим технічним параметрам, змогли довести свої конкурентні переваги тим споживачам, для яких згадані характеристики не відіграють такої значної ролі в їхній професійній діяльності.

2.3 Проривні технології, народжені сучасними промисловими революціями

Третя і Четверта промислові революції принесли нові проривні технології, які виводять людство на рубіж безпрецедентних змін. Якщо коротко, то підсумком Четвертої промислової революції (Industry 4.0) має стати формування суспільства, побудованого на роботі кіберфізичних систем. На «плечі» останніх будуть покладені основні виробничі функції. Причому машини зможуть виконувати їх без посередньої участі самої людини. Схожі перспективи сьогодні вже ясно проглядаються в траєкторії розвитку такого ключового явища Industry 4.0, як *Інтернет речей*.

Найважливішим завданням, яке має розв'язати людство в найближчому майбутньому, є гармонізація індустріального і біосферного метаболізму. Кроки до цього здійснюються ще в межах Третьої промислової революції за двома ключовими напрямками. Перший із них – кардинальна дематеріалізація (зниження матеріаломісткості та енергоємності) технічних систем. Базовий інструментарій для цього формується на основі альтернативної енергетики, адитивних технологій із використанням 3D-принтерів і «розумних» (інформатизованих) систем. Усе разом дозволяє якісно (у разі) підвищити ефективність функціонування господарських систем.

Другий напрямок пов'язаний зі створенням і активним використанням матеріалів, які гармонійно вписуються в екосистемні обмінні процеси.

Колосальний спектр можливостей очікує саму людину. Крайні траєкторії водночас репрезентовані двома полярними трендами. Перший передбачає соціальний прогрес емансипованої від рутинних виробничих операцій людини через її особистісний розвиток. Другий допускає перетворення кібергізованої людини на живу істоту, життя

і діяльність якої будуть жорстко контролюватися системою глобального метарозуму. В останній може розвинутися реальність всепланетної пам'яті, яка зароджується сьогодні на основі «хмари».

Усі досягнуті і майбутні досягнення людства – наслідок створюваних людиною проривних технологій, значення яких буде лише зростати. Європа – одна з лідерів науково-технічного прогресу. Про те, яка увага тут приділяється реалізації проривних технологій і контролю за ними, можна судити за змістом ключових напрямків ініційованої ЄС програми наукового співробітництва країн континенту «Горизонт 2020». Зокрема одне з провідних місць тут належить дослідженню наслідків ключових інновацій і проривних технологій сучасності. Серед таких: *Інтернет речей, штучний інтелект, технології альтернативної енергетики, технології адитивних методів виробництва з використанням 3D-принтерів, технології отримання нових матеріалів, блокчейн, великі бази аналітичних даних (analytics), віртуальна і доповнена реальності, моделювання (simulations) та гейміфікація (gamification), алгоритмічні методи (algorithmic techniques) тощо.*

Компанія Gartner датує початок «циклу хайпу Інтернету речей» 2012 роком (Camarinha-Matos, 2013). За англійської hype cycle зазвичай перекладається як «цикл зрілості», «цикл суспільного інтересу», «цикл визнання». Аналітики корпорації Cisco вважають 2009 рік періодом зародження Інтернету речей (IP), бо з цього часу кількість пристроїв, під'єднаних до мережі «Інтернет», перевищила кількість населення Землі. У такий спосіб глобальна мережа стала обслуговувати не тільки людей, а й безпосередньо речі (Evans, 2011). З початку 2010-х років на роботу IP стали поширюватися принципи «хмарних» технологій. Інакше кажучи, IP починав контролюватися центрами обробки даних, або, просто кажучи, «Хмарою» (Bonomi et al, 2012).

До 2011 року дозріли необхідні передумови для масштабного «збирання» IP. До цього часу досягли зрілості згадані вище 12 «комплектвань» IP-явищ (детальніше – в окремому розділі). Цікавим фактом є те, що їхній своєрідний запуск у виробництво відбувся практично одночасно. Зокрема з 12 названих циклів у дев'яти критична подія (наприклад, випуск типового зразка) відбулася в одному і тому самому 1973 році. У двох – зовсім недалеко від цього періоду (1968 р. і 1971 р.). І лише в одного (винахід об'ємного друку) це сталося на 8 років пізніше.

За оцінками компанії Ericsson прогнозується, що до 2021 року у світі до інтернету буде підключено понад 30 пристроїв, з них близько 16 мільярдів будуть так чи інакше пов'язані між собою в межах концепції Інтернету речей. На ці цілі передбачається інвестувати близько 1,4 трильйона доларів США (Інтернет вещей, 2020).

Важливим моментом, який потрібно відзначити в межах цієї теми, є взаємозалежність і компліментарність (тобто взаємодоповнюваність) згаданих проривних технологій. Так, розвиток комп'ютерної техніки залежить від розробок у сфері штучного інтелекту, а останні – від прогресу інформаційних технологій. Такий взаємозв'язок тією чи іншою мірою спостерігається між усіма компонентами поданої системи.

Зокрема можна вважати, що IP є умовною вершиною піраміди подій, які сприяли його створенню. Варто зазначити, що подана схема є досить умовною. За бажання її можна змінити так, що Інтернет речей буде обслуговчим компонентом щодо інших згаданих компонентів, наприклад, «хмарних» технологій, штучного інтелекту, GPS або комп'ютерних систем. Адже життя не стоїть на місці. Причини постійно міняються місцями з наслідками. І створені базові структури Інтернету речей починають виконувати

роль робочого інструменту щодо вдосконалення вже інших проривних технологій.

2.4 Соціально-економічні ефекти сучасних проривних технологій

Європейське співтовариство ініціювало дослідження ще в одній сфері змін. У низці публікацій (Østergaard, 2019; Rada, 2018; Rossi, 2018; Vollmer, 2018) вона умовно називається П'ятою промисловою революцією (Industry 5.0). Цей напрямок передбачає формування синергетичної єдності людини і кіберфізичних систем. Ось як Б. Россі роз'яснює суть П'ятої промислової революції: «Вона спрямована на досягнення взаємодії між людиною і машиною, гармонії розумової праці людини і когнітивних комп'ютерних систем. Людина повинна повернутися в промислове виробництво у взаємодії з роботами... Це повинно забезпечити в тому числі масову кастомізацію та персоналізацію для споживачів» (Rossi, 2018).

Деякі з можливих наслідків реалізації ключових проривних технологій початку XXI століття подані на рисунку 2.1.

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 вкладають в реалізацію проривних технологій.

Зокрема за прогнозними оцінками обсяг світового ринку тільки промислового Інтернету речей до 2020 року може досягти 110 млрд дол. США. На 2021 р. його вже оцінюють у 123 млрд дол.,

а до 2030 року може зрости до 14 трлн доларів США (The Industrial, 2019).



Рисунок 2.1 – Можливі наслідки реалізації ключових проривних технологій сучасності (складено автором)

Прямі екологічні ефекти обумовлені зниженням впливу на навколишнє середовище процесів виробництва енергії, а також виготовлення і споживання продукції. Альтернативна енергетика та адитивні технології дозволяють

практично відмовитися від забруднення атмосфери, води і ґрунтів на безпосередніх (direct) виробничих стадіях (Балацкий и др., 1982; Балацкий и др., 1986; Мельник, 2006).

Завдяки прогресу розвитку технологій в альтернативній енергетиці відновлювальна енергія починає вигравати конкурентну боротьбу з традиційними джерелами, зокрема за вартісними показниками, значно переважаючи їх за екологічними чинниками. Як свідчать дослідження, під час виробництва 1 кВт-години електроенергії на вугільній або нафтовій електростанції в атмосферу викидається 6–8 г SO₂, 2,5–3,5 г NO_x, 1–27 г твердих частинок. Отже, електростанція потужністю в 1000 МВт викидає в атмосферу 80–160 тисяч т шкідливих речовин на рік (Канило и др., 2013). Значне забруднення води і ґрунтів відбувається від шкідливих речовин, які містяться в уловленій золі.

За повідомленням Engadget у 2019 року в США відновлювані джерела енергії (сонце, вітер, вода, ГеоТепло) вперше обігнали вугільні електростанції. Частка виробництва перших становила 21,56 %, тоді як других – 21,55 % (Bossong, 2019).

Ще більш разючі успіхи низки країн ЄС (EU) (Кабанов, 2019). Зокрема в Німеччині частка «зеленої» енергії у 2019 р. досягла 47,3 %. Це більше, ніж вироблялося електрики на вугільних і атомних електростанціях (43,4 %). Ще трохи менше ніж 10 % припадало на газові і нафтові електростанції (Waldholz, 2020).

Значний екологічний ефект обіцяє викликати широке розповсюдження електромобілів. Навіть, зважаючи на те, що значна частка електроенергії залишається «брудною», це дозволяє перевести забруднення атмосфери з безпосереднього середовища проживання людини в більш віддалені місця розташування електростанцій. Варто зазначити, що зараз автомобільний транспорт вносить до 40 % забруднення атмосфери. З розвитком альтернативної енергетики

ефект зменшення екодеструктивного впливу буде багатозово посилюватися.

Непрямі екологічні ефекти. Альтернативна енергетика дозволяє запобігти значному впливу на навколишнє середовище процесів видобутку, транспортування і зберігання паливних ресурсів (перезволоження, перевисушування і забруднення ґрунтів, розливи нафти, аварії на трубопроводах, блокування шляхів міграції тварин та ін.).

Дематеріалізація економіки. Проривні технології (насамперед, адитивні методи на основі 3D-принтерів) дозволяють значно скоротити (іноді – на порядок) матеріаломісткість і енергоємність (energy intensity and input of material per unit of product).

За різними оцінками сьогодні на частку відходів у традиційних видах виробництва припадає 90–95 % маси природних ресурсів, видобутих із надр природи. Адитивні технології дозволяють знизити кількість відходів у рази.

Якщо повернутися до порівняння традиційної та альтернативної енергетики, можна зауважити, що остання дозволяє відмовитися від матеріаломістких і енергоємних процесів видобутку і транспортування палива. Це означає, що з'являється можливість усунути і необхідність отримання матеріалів і енергії, необхідних для виробництва відповідних потужностей.

Підвищення ефективності використання ресурсів. Ефективність використання ресурсів є ключовим чинником екологізації (greening) економіки. Використання нових матеріалів, інформатизація (digitization) процесів проектування і виробництва продукції на основі штучного інтелекту дозволяє значно підвищити ефективність економічних процесів.

Формування циркуляційної економіки. Створення у процесі Industry 4.0 кіберфізичних систем і в кінцевому

підсумку Інтернету речей є кроком до будівництва циркулярної (circular) економіки. Цьому також сприяє цифровізація виробничих процесів і розвиток «хмарних» технологій. В ідеалі кожен продукт матиме свою мітку, яка буде містити інформацію про джерело ресурсів, технології виробництва, вид енергії, що використовувалася для цього, та інші дані. Ця інформація є основою для створення замкнених циклів використання матеріалів (Dedicoat, 2016).

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 та ін.

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

Зниження ризику аварій і катастроф. Нова економіка дозволяє суттєво знизити ризик надзвичайних ситуацій, що завдають значної шкоди навколишньому середовищу. Цьому сприяють як мінімум дві обставини. Першою є дематеріалізація процесів виробництва і споживання продукції. Усуваються небезпечні ланки виробництва, транспортування і зберігання ресурсів. Досить порівняти, з одного боку, традиційні потужності, що потребують значної кількості небезпечних матеріалів і енергоносіїв; з іншого – адитивне виробництво та альтернативну енергетику.

Іншою обставиною є посилення контролю кіберфізичних систем за процесом виробництва і споживання продукції. Це мінімізує негативний вплив людського чинника і неминучі помилки в управлінні виробництвом.

Перехід на екологічно дружні (environmentally friendly) матеріали. Сучасна технологічна революція і

створення нових матеріалів дозволяє забезпечити здатність матеріалів задіюватися в метаболізмі екосистем. Зокрема створюють «чорнила» для 3D-принтерів на основі кремнію і целюлози (найпоширеніших природних матеріалів планети). Набуло поширення створення пакувальних матеріалів із органічних відходів аграрного виробництва.

Громадське оцінювання проєктів. Створення платформ для широкого залучення людей у громадське управління (public governance) дозволяє з мінімальними витратами реалізувати і громадське екологічне оцінювання проєктів (public environment impact evaluation).

Соціологія розвитку. Формування Інтернету речей і широке застосування роботів дозволяє значно зменшити обсяги фізичної праці людини на виробництві. Зростання добробуту людей у різних країнах дозволяє задовольняти базові біологічні потреби людини. Цьому, зокрема, сприяють сучасні методи аграрного виробництва (є «вертикальні» ферми, м'ясо з пробірки). Усе разом формує передумови для впровадження *базового безумовного доходу* і створює умови для розвитку особистісної основи людини. Це в кінцевому підсумку і є основною метою сестейнового (sustainable) розвитку суспільства.

Формування комунікаційної основи людини. Розвиток Інтернету речей, соціальних мереж і індивідуального моніторингу людини дозволяє реалізувати кілька видів комунікацій (Bloem et al, 2014), які до цього реалізувалися не повною мірою, а саме:

- комунікація особистісної основи людини (людина «соціо») із самою собою;
- комунікація особистісної основи людини («соціо») зі своїм тілом (людина «біо»);
- комунікація людини з машиною (human + machine);

- комунікація людини з речами, якими вона користується (human + things);
- комунікація машин із машинами (M2M) або речей із речами (зокрема речей із машинами);
- комунікація людини з іншою людиною або групою людей (суспільством).

Поліпшення якості життя. Реалізація індивідуального моніторингу здоров'я людини, розвиток відтворювальної медицини і нового покоління фармацевтичних препаратів сприяє значному підвищенню якості життя людини. У поєднанні з вищезгаданими комунікаціями це в кінцевому підсумку наближає суспільство до сестейнового (сталого) розвитку.

Прогнозні оцінки низки кількісних показників щодо ефектів впровадження проривних технологій дають досить разючу картину (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Потенційні економічні характеристики окремих результатів впровадження проривних технологій на 2025 рік (Disruptive, 2013)

Технологія	Оцінювання потенційного ефекту
1	2
Мобільний інтернет	Зниження на 10–20 % вартості лікування хронічних хвороб за допомогою дистанційного моніторингу стану здоров'я
Автоматизація розумової праці	Підвищення продуктивності праці, еквівалентне додатковому використанню 110–140 мільйонів працівників із повним робочим днем
Інтернет речей	Дозволить знизити до 36 трильйонів доларів США оперативні витрати завдяки підвищенню ефективності в секторах перероблення, охорони здоров'я, добувної промисловості

Продовження таблиці 2.1

1	2
«Хмара»	Збільшення на 15–20 % продуктивності завдяки створенню ІТ інфраструктури розроблення необхідних додатків і програм
Просунута робототехніка	Підвищення якості життя близько 50 мільйонів ампутантів, завдяки підвищенню їхньої мобільності
Автономний і близький до автономного транспорт	Очікується від 30 тис. до 150 тисяч врятованих життів завдяки запобіганню фатальних дорожніх пригод
Енергозбереження	До 40 % транспортних засобів очікується на електроприводі або гібридних
3D-друк	Може заощадити від 35 % до 60 % оперативних витрат на одиницю виробленої продукції і досягти дуже високого рівня кастомізації (тобто виготовлення за індивідуальними вимогами споживача)
Просунуті матеріали	Використання нових наномедичних ліків може успішно вилікувати до 20 мільйонів нововиявлених випадків онкозахворювань

Безумовно, очікувані позитивні ефекти проривних інновацій є потужними стимулами їхньої реалізації, обіцяючи інвесторам відчутний приріст доходів, причому найчастіше досить швидкий. Однак, зазвичай, за досягнення науково-технічного прогресу людині доводиться платити високу ціну у формі небажаних негативних наслідків.

Будь-яка з проривних технологій виявляється тим джином, який неможливо «заштовхати» назад «у пляшку». Про це свідчить уся історія соціально-економічного розвитку. Плоди цивілізації (чи то машина, електрика, автомобіль, конвеєр, комп'ютер або інтернет) виявляються настільки «захопливими» (через їхні економічні вигоди), що від них людство вже не може відмовитися, які б несприят-

ливі наслідки вони не мали (руйнування природного середовища, втрата індивідуальної свободи, уніфікація людини, інформаційна залежність, творча деградація та ін.).

2.5 Ризики, обумовлені сучасними проривними технологіями

Негативні наслідки впровадження *desruptive technologies* менш наочні і значно важчі в прогнозуванні. Однак багато дослідників звертають увагу на їхню небезпеку (Schwab 2017; Schwab et al, 2018; Skinner, 2018). Тут ми можемо назвати основні з можливих негативних ефектів.

Надмірне психологічне навантаження на людину.

Інформаційний контроль за системами, створеними на основі *desruptive technologies*, вимагає величезного напруження людини. Положення ускладнюється тим, що людині доведеться розв'язувати інформаційні завдання, навички для розв'язання яких не закладені в біологічній природі людини. Вони повинні бути придбані заново, і виникає питання, до яких меж людина зможе витримувати такі психологічні перевантаження.

Інформаційна вразливість. Широке використання кіберфізичних систем у виробництві та споживанні дозволяє знизити ризик помилок людини. Водночас суттєво зростає вразливість цих систем у разі інформаційних збоїв. З такими явищами ми часто стикаємося вже сьогодні (зависає комп'ютер, відключається інтернет). У майбутньому такі ситуації можуть призводити до значно драматичніших наслідків. Останні можуть посилюватися тим, що буде відсутня альтернатива згаданим системам, зважаючи на їхню безпрецедентну складність.

Підвищення інформаційної залежності людини.

Постійна концентрація людини на сприйнятті інформації

може викликати певні форми залежності, схожі із впливом наркотичних речовин. Це може викликати психічні відхилення в людині, неадекватність її поведінки в суспільстві. Крім того, зазначені наслідки можуть спричиняти негативні процеси в організмі й обумовлювати відмову від нормальних фізичних навантажень. У кінцевому підсумку все це погіршуватиме здоров'я людини і спричинить появу небезпечних хвороб.

Ризик зниження творчого потенціалу людини. Звільнення людини від виконання багатьох виробничих функцій не у всіх осіб супроводжується перемиканням на творчі види діяльності. Багато людей просто не мають достатній творчий потенціал для цього. Наслідком може стати поступова особистісна деградація частини суспільства, яка не здатна до творчого розвитку в умовах достатнього забезпечення їхнього біологічного існування.

Підвищення витрат на перероблення відходів засобів виробництва «зеленої» економіки (green economy). «Зелена» економіка дозволяє значно знизити навантаження виробничих систем на навколишнє середовище (environment). Однак, маючи матеріальну основу, «зелена» економіка сама може бути джерелом впливу на навколишнє середовище. По-перше, під час виготовлення навіть «зелених» засобів виробництва спостерігаються екодеструктивні процеси. По-друге, після завершення терміну використання цих засобів виробництва утворюються відходи, які необхідно утилізувати або поховати. Прикладом є величезна кількість відходів сонячних панелей і акумуляторів, яку варто очікувати людству в недалекому майбутньому. Про уніфікацію та індустріалізацію цих процесів людина повинна подумати вже сьогодні.

Втрата робочих місць. Загальноновизнаним фактом, що не викликає заперечень у вчених і експертів, є можли-

вість втрати традиційних робочих місць унаслідок впровадження проривних технологій. Проте відзначається, що нові технології сприятимуть створенню нових робочих місць, цілком імовірно, за кількістю не менше, ніж ті, які зникатимуть. Проте це навряд чи повною мірою розв'яже соціальні проблеми, що виникають, з двох основних причин. По-перше, не всі люди готові освоїти нові професії з урахуванням їхньої більш складної інформаційної конфігурації. По-друге, навіть ті, хто в принципі буде здатний освоїти нові функції, з великою вірогідністю зазнаватимуть додаткових психологічних переважань. Причиною є те, що через швидкі зміни технологій цим людям доведеться переучуватися і принципово змінювати свої виробничі функції.

Зниження конфіденційності. Нові технології роблять людину практично прозорою перед суспільством. З одного боку, це сприяє зниженню корупційної та злочинної складової в діяльності людини. Суб'єктам таких акцій все важче зберегти в таємниці від суспільства негативні аспекти своїх дій. З іншого боку, кожна людина стає більш вразливою щодо злочинних маніпуляцій і шантажу з боку злочинних елементів.

Ризик хакерства. Про ризик хакерства написано і сказано вже досить, щоб не зупинятися на цьому докладно. Зауважимо лише, що атаки і дії хакерів можуть звести нанівець («обнулити») багато зазначених переваг нових технологій, основу яких створюють ті засоби виробництва, які якраз і є базовими цілями хакерів, а саме: інформаційні програми та комунікації. Боротьба з хакерством і зміцнення безпеки систем повинні супроводжуватися соціальними заходами, спрямованими, зокрема, і на посилення етичної компоненти.

Ризик втрати людиною контролю за кіберсистемами. Колосальна складність кіберсистем, які проекту-

ються людиною, обумовлює постійне посилення здатності їх до самопроектування і самоорганізації. Саме на цьому ґрунтується розвиток таких систем, як Інтернет речей і нанотехнології. Крім того, реалізація нанотехнологій без самоорганізації кіберсистем взагалі не можлива повною мірою. Зайве зауважити, що розвиток самоорганізації кіберсистем призводить до повної втрати їхнього контролю з боку людини. Така небезпека буде посилюватися в міру розвитку «Хмари». Поки що вона є системою глобальної пам'яті. Але зазначена інформаційна суперсистема з великою швидкістю еволюціонує в бік формування самостійного глобального розуму, що діятиме на метарівні. Йому може виявитися під силу не тільки контроль за поведінкою людини, а й створення інших сутностей (зокрема і матеріальних), які можуть стати конкурентом людині.

На відміну від позитивних ефектів, несприятливі наслідки набагато складніші в прогнозуванні. Позитивні ефекти зазвичай розраховуються на основі вже відомих показників (зокрема зростанні продуктивності праці, зниженні окремих видів витрат тощо), які можна екстраполювати в майбутнє.

Значна ж частина *негативних наслідків* може бути викликана явищами, характер яких набагато менш детермінований. Його складно прогнозувати в термінах кількісних оцінок. Такими явищами, наприклад, можуть бути: зниження ступеня особистісної свободи людини, деградація її творчого потенціалу в мережевому суспільстві. По-перше, ніхто не може точно визначити, у яких формах такі явища відбуватимуться в майбутньому. По-друге, не ясний часовий горизонт їхнього можливого прояву. По-третє, надзвичайно важко кількісно оцінити такі явища.

Друга особливість, яка відрізняє позитивні і негативні ефекти, обумовлена їхнім різним статусом щодо еко-

номічних суб'єктів. Більшість позитивних ефектів має інтернальний характер. Це означає, що вони проявляються у формі доходів конкретних суб'єктів, які мають витрати з реалізації певних проривних інновацій.

Більшість же негативних наслідків екстернальні за своєю суттю. Вони можуть проявлятися в економічних суб'єктах, які ініціювання проривних технологій взагалі не стосуються. Як бачимо, доходи, які отримують одні компанії, можуть оплачуватися (у формі збитків) іншими суб'єктами або ж усім суспільством, які не отримують від згаданих інновацій безпосередніх вигід.

Отже, впровадженню проривних інновацій повинен передувати ретельний аналіз відповідних витрат і вигід.

РОЗДІЛ 3 ТЕХНОЛОГІЧНА РЕВОЛЮЦІЯ ЯК ОДИН ІЗ КЛЮЧОВИХ ТРЕНДІВ СУЧАСНОСТІ

3.1 Адитивний вектор сучасних технологій

Відтоді як людина стала творчою сутністю (тобто почала створювати якісь нові речі), у її арсеналі з'явилися два принципово різні робочі методи. Перший – пов'язаний із додаванням або комбінуванням різних матеріальних субстанцій. Саме так працюють художники, коли створюють свої картини, наносячи шар за шаром фарбу на полотно. За цим методом із квітів створюють букети чи різні види аплікацій. За схожим сценарієм будували колись по селах (а, може, десь і зараз будують) хати топтанки, покриті соломною, або так звані зруби – зібрані із колод дерев'яні будинки. Так само мисливці будують свої намети-шалаші.

Інший метод пов'язаний із відсіканням непотрібного від того обсягу матеріальної субстанції, який береться з природи. Так працюють скульптори, коли від гранітної брили відсікають, за словами Мікеланджело, все зайве. Саме такий метод домінує зараз у сучасному виробництві: металургії, хімії, переробній промисловості. Цей, другий метод, на відміну від першого, залишає значну кількість відходів – тобто саме тієї речовини, яка в цьому виробництві і є зайвою. Такий метод, крім того, є надзвичайно енергоємним, бо всі ці переробні процеси потребують величезної кількості енергії.

Як було зазначено раніше, дематеріалізація процесів життєзабезпечення суспільства є одним із найважливіших завдань, розв'язання якого покликана забезпечити «зелена»

економіка. Під дематеріалізацією тут йдеться про зниження матеріаломісткості та енергоємності виробництва і споживання виробів і послуг.

На сьогодні виробничий комплекс використовує лише незначну частину видобутих із надр природних ресурсів. Ліва частина їх (за деякими оцінками – від 90 % до 95 %) повертається в природу, проте вже в значно токсичнішому і неврегульованому стані, обумовлюючи процеси руйнування і забруднення природних систем. Вихід полягає в переході від субтрактивного до *адитивного* методу виробництва. Перший ґрунтується на відсіканні всього зайвого в ході виробничого процесу (від англ. subtract – відняти), другий навпаки – на додаванні (від англ. add – додати) лише необхідного, що практично усуває неминучість відходів.

Зміст методу. Згідно з визначенням, що використовується в англійській літературі, *адитивне виробництво* (additive manufacturing – AM) – це термін, що позначає технології, які створюють 3D-об'єкти (build 3D objects) з комп'ютерної 3D-моделі нанесенням (adding) шар за шаром матеріалів: пластику, металу, бетону або (колись настане цей день) біологічної тканини для відтворення відповідних органів (Additive, 2017; What, 2016).

Сторінки історії

Адитивне виробництво (AB), зокрема відповідний інструментарій і матеріали, бере свій початок із 80-х років ХХ ст. У 1981 р. Хідео Кодама (Hideo Kodama) з Нагойського муніципального індустріального науково-дослідного інституту винайшов два методи АВ тривимірної моделі з полімеру, що затвердіває (photo-hardening polymer). У цих методах робоча зона контролювалася за допомогою модельного шаблону (mask pattern).

У 1984 р. французький інженер і винахідник Алан Ле Мехо (Alain Le Mehaute) зі своїми колегами Олівером де Вітте (Olivier de Witte) і Жаном Клодом Андре (Jean Claude Andre) подали заявку на патент для процесу стереолітографії (stereolithography). Трьома

тижнями пізніше американський винахідник Чак (у деяких публікаціях зазначається ім'я Чарльз) Халл (Chuck Hull) подав заявку на свій власний метод стереолітографії. Термін «стереолітографія» був визначений ним у заявці на патент як «система генерування тривимірних об'єктів за рахунок пошарового формування», що фактично повторювало опис формування 3-вимірних об'єктів Х. Кодамою.

У кінцевому підсумку заявка французьких винахідників була відхилена Французькою генеральною електрокомпанією і Лазерним консорціумом. Формальною причиною відмови стало формулювання «недостатні перспективи для бізнесу».

Халл діяв більш енергійно. Він розробив установку STL (STereoLithography), що містила також програмне забезпечення. Установка дозволяла за допомогою лазера шар за шаром наносити фотополімери. Крім того, винахідник створив фірму 3D Systems, яка в 1988 році виготовила перший пристрій об'ємного друку під назвою StereoLithography Apparatus, або SLA-250, який отримав значне поширення (3D printing, 2017).

Як бачимо, адитивний метод має відразу кілька засновників. Але офіційним вважається Чак Халл.

У 1990 році був використаний новий метод отримання «друкованих відбитків» – метод наплавлення, тобто струменевого нанесення матеріалів. Його розробив Скотт Крамп (Scott Crump). Метод отримав значного поширення завдяки дешевизні як самих принтерів, так і витратних матеріалів. Крамп заснував компанію Stratasys, яка в 1991 році випустила свій перший принтер. Після цього стали активно використовувати поняття «лазерний 3D-принтер» і «струменевий 3D-принтер». Саме ж поняття «3D-друк» з'явилося в 1995 році, коли два студенти Массачусетського технологічного інституту модифікували струменевий принтер і створили на ньому об'ємне зображення (История создания, 2017; Холодов, 2014).

Реалізація адитивних технологій забезпечується широким впровадженням 3D-принтерів. Як образно висловився відомий вчений Джеремі Ріфкін: «3D-друк сигналізував про початок Третьої промислової революції» (Рифкін, 2016).

Технологічна сфера формує найважливіший кластер інновацій. Він, як уже було зазначено, обумовлений очіку-

ваним широким впровадженням у виробництво *адитивних* методів. У майбутніх виробництвах формування виробів відбуватиметься шар за шаром (нічого зайвого) з екологічно сприятливих матеріалів («чорнил»).

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

Адитивні методи виробництва дозволяють реалізувати значні переваги (Определение, 2015; Самойлов, 2014; Щедровицкий, 2014), зокрема:

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

3.2 3D-принтинг як основа адитивних технологій

Сьогодні дедалі більш чітко вимальовуються завдання, покликані розв'язувати завдання інформаційного забезпечення сучасного матеріалознавства, орієнтовано на використання 3D-принтерів:

- а) збільшення складності і різноманітності виробів;

б) забезпечення гнучкої варіабельності, тобто можливості швидко і з мінімальними витратами змінювати властивості матеріалів;

в) екологізація речовинної основи матеріалів, що використовуються через максимальне наближення їх до природної основи;

г) максимальне зниження вартості матеріалів і вартості обладнання, що працює з цими матеріалами (3D-принтерів).

Команда вчених із Лабораторії інформатики і штучного інтелекту (CSAIL) Массачусетського технологічного інституту репрезентувала новий 3D-принтер, який працює відразу з *десятьма* (!) різними матеріалами і використовує методику *3D-сканування*, тобто збирання інформації про прототип об'єкта, який потрібно відтворити. Це дозволяє заощаджувати час і гроші під час виробництва. Крім того, сам 3D-принтер – дешевший і більш зручний, ніж наявні аналоги. Вчені вже надрукували на ньому чохла для смартфонів, світлодіодні лінзи, оптоволоконні кабелі та багато іншого (рис. 3.1) (Горина, 2015).



Рисунок 3.1 – Вироби, роздруковані на 3D-принтері (Горина, 2015)

Робота 3D-принтерів із кількома матеріалами, крім усього іншого, розкриває нові можливості роботи з матеріалами. Можна регулювати жорсткість, прозорість / непрозорість, твердість, пластичність та інші характеристики, запустивши відповідну комп'ютерну програму.

Згідно з даними компанії Context світовий ринок 3D-друку до 2020 року досягне 17,8 млрд дол., а ринок самих 3D-принтерів у період 2016–2020 рр. зросте з 1,8 млрд дол. до 6,4 млрд дол., тобто збільшуватиметься на 30–40 % щорічно.

У 2016 році у світі вироблялося вже близько 2,5 тисяч моделей різних 3D-принтерів (Boing, Samsung, Siemens, Canon, General Electric) (Курышев, 2016).

У 2014 році розпочався прорив у галузі зведення будівель із використанням 3D-друку бетоном. Шанхайська компанія WinSun за 24 години звела десять 3D-друкованих будинків, а після надрукувала п'ятиповерховий будинок (див. рис. 3.2) і котедж. Блоки будівель були надруковані на окремому майданчику, а потім були використані для складання будинку (Шанхайская, 2015).



Рисунок 3.2 – Будинки, надруковані на 3D-принтері Шанхайською компанією WinSun (Шанхайская, 2015)

У травні 2016 року в місті Дубаї відбулося відкриття, як репрезентовано творцями, першої у світі будівлі, повністю надруко-

ваної на 3D-принтері. Будівля була побудована за 17 днів. Вона оснащена всіма необхідними комунікаціями. Для будівництва було використано промисловий принтер розмірами 36 м x 12 м x 6 метрів (Dubai, 2017).

Австрійський стартап Overtec запропонував спосіб друку на 3D-принтері бетонних деталей будь-якої форми, зокрема складні вигини і спіралі. Для цього використовують надпотужний принтер вагою 1,8 тонн і розміром 4 м². Запропонований метод дозволить архітекторам проектувати більш незвичні будівлі, а будівельним компаніям – істотно знизити витрати. Адже для наявних сьогодні технологій будь-яке ускладнення форми будівель (зокрема пов'язане з увігнутими, опуклими і конусоподібними поверхнями) різко підвищує трудомісткість робіт і пов'язані з цим витрати. 3D-принтинг легко розв'язує проблеми виготовлення будівель складної конфігурації (Гоголадзе, 2017 б).

У голландському місті Гемерт (на півдні країни) відкрили перший у світі міст, надрукований на 3D-принтері. Конструкція була спроектована інженерами з Технічного університету Ейндховена і будівельною компанією BAM Infra. Міст має близько 800 шарів матеріалів і створений із посиленого, попередньо спресованого залізобетону. Така технологія потребує набагато менше бетону і практично не залишає відходів (Иртлач, 2017 б).

У 2013 році канадський інженер Джим Кор надрукував перший автомобіль, і вже невдовзі автомобілі методом роздрукування були створені в Китаї (рис. 3.3) та Японії (Представлен, 2013).



Рисунок 3.3 – Роздрукований на 3D-принтері електромобіль китайської компанії Sanya Sihai (Китайці, 2015)

З 2013 року 3D-принтери широко використовуються в харчовій промисловості (рис. 3.4) (Gauthier, 2014; Kolodny, 2017).

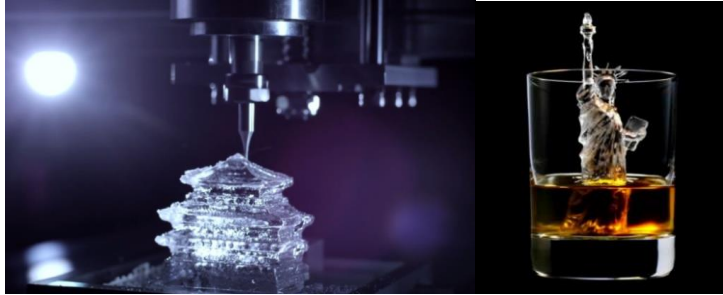


Рисунок 3.4 – Фігурки з льоду і шоколаду, надруковані на 3D-принтері (Gauthier, 2014)

Провідні взуттєві фірми, за повідомленнями медіа, вже широко використовують 3D-друк (рис. 3.5).



Рисунок 3.5 – Взуття, надруковане на 3D-принтері (Горина, 2014)

3D-принтер вже давно працює на міжнародній космічній станції. На ньому, зокрема, роздруковують відсутні інструменти. За необхідності їхні цифрові образи передають із Землі.

Американський стартап Madein Space надрукував на 3D-принтері захисний протирадіаційний екран для датчиків REM усередині «надувного» модуля BEAM, пристикованого до МКС. Модуль дійсно може в буквальному розумінні збільшуватися, як повітряна куля, під час накачування повітрям (Никитин, 2017 в).

З 2013 року 3D-біопринтери почали активно використовувати в медицині. В експериментальних установках друк 3D-струк-

тури майбутнього об'єкта (тканин або органа для пересадки) здійснюють краплями, що містять живі клітини. Далі поділ, зростання і модифікація клітин забезпечують остаточне формування об'єкта (Murphy, 2014). У 2013 році китайські вчені почали друкувати вуха, печінку і нирки з живої тканини. Очікується, що повністю функціональні друківані органи з'являться в найближчі 10–12 років. У тому самому році в університеті Хассельт у Бельгії успішно надрукували нову щелепу для 83-річної бельгійки. У 2016 році з'явилося повідомлення, що в Росії на біопринтері надрукована щитовидна залоза, яка була імплантована в організм лабораторної миші. Після пересадки орган запрацював і став виділяти гормони (3D-принтер, 2017; Грэй, 2015).

За прогнозом нідерландського банку ING до 2060 року половина продукції у світі буде друкуватися на 3D-принтерах. Водночас обсяг світової торгівлі може скоротитися на 25 % через те, що значна частина продукції зможе друкуватися на місцях, зокрема, безпосередніми споживачами (Иртлач, 2017 а).

Можливості нових технологій на основі 3D-принтерів можна продемонструвати на численних прикладах.

Побутовий 3D-принтер. Компактний 3D-принтер обіцяє коштувати не більше, ніж холодильник (179 дол. США) (рис. 3.6). Його розміри становлять лише 390 мл x 221 мл x 237 міліметрів, а вага – 1,7 кг без урахування котушки з ниткою. Загальний об'єм простору, де відбувається друк, – 2,27 літра (Загорская, 2015 б).

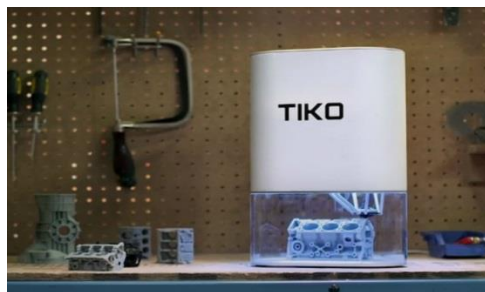


Рисунок 3.6 – Побутовий 3D-принтер за ціною холодильника (Загорская, 2015 б)

Папір для багаторазового друку. Вченими та інженерами створений папір для багаторазового друку (рис. 3.7). Текст або картинка на такому носіїві зберігається протягом кількох днів, після чого надрукована інформація може бути стерта за допомогою простого нагрівання паперу (Доронин, 2014 а).

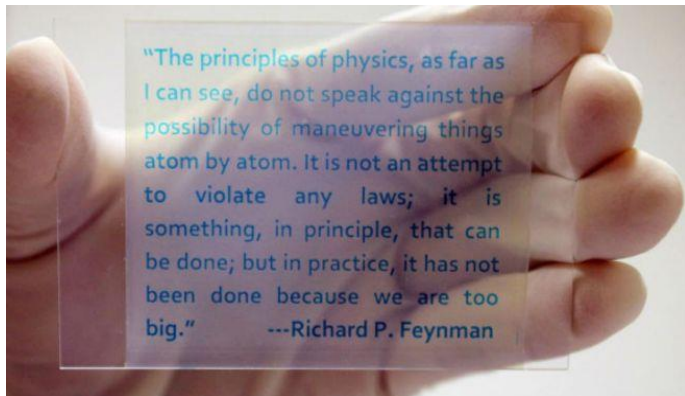


Рисунок 3.7 – Папір для багаторазового друку (Доронин, 2014 а)

Крім уже зазначених вигід конструкторського і технологічного характеру, як уже зазначалося раніше, адитивні методи виробництва мають значні екологічні переваги. Зокрема вони дають можливість зменшити в рази (а іноді на порядок) матеріаломісткість виробничих процесів. Крім того, вони створюють передумови для переходу на органічні для природи матеріали.

3.3 Самоорганізація технологічних систем

Починаючи з середини 2000-х років почали розвивати нові напрямки створення виробничих систем, здатних до самовідтворення. Ще у 2005 році викладач (senior

lecturer) Британського батського університету (University of Bath) Адріан Боуер (Adrian Bowyer) зробив заяву, що працює над створенням «чарівної машини», яка може за відповідною програмою зробити майже все, що завгодно (Make-it-all Machine), зокрема – виготовити саму себе.

Грунтуючись на досвіді використання експериментальних машин, здатних у промисловості виготовляти пластмасові автозапчастини, британець запропонував створити невеликі автоматизовані фабрики з виробництва «всього». На цих фабриках роботи могли б виготовляти, зокрема, клони самих себе, тобто здійснювали б *реплікацію* (Англичанин, 2005).

Історична довідка

Ідею виробничої реплікації свого часу передбачив один із засновників нанотехнологій – угорський і американський учений Джон фон Нейман (John von Neumann / Janos Lajos Neumann). Крім своїх відомих світу праць («Теорія оператора до квантової механіки», «Функціональний аналіз», «Теорія ігор», «Клітинний автомат», «Цифровий комп'ютер»), у 50-ті роки ХХ ст. він висловив ідею про створення універсального конструктора (будівельника) (universal constructor).

Його аналіз структури самореплікації передував відкриттю структури ДНК (DNA) (John, 2017).

Пізніше до робіт А. Боуера приєдналися новозеландські та американські дослідники. До 2008 року був створений перший робот, який мав здатність до самореплікації. Він був названий RepRap Version 1.0 Darwin (від англійських слів: Replicating Rapid – prototyper).

29 травня 2008 року відбулася знаменна подія в історії людства. Уперше робот виготовив деталі для відтворення самого себе, тобто точної своєї копії, а зібрана копія почала виготовляти «онука» першої машини (рис. 3.8) (Попов, 2008).

Створення копії здійснювалося методом 3D-друку за допомогою послідовного нанесення тонких шарів розплавленого полімеру. Конструкція RepRap була оптимізована так, щоб його частини можна було надрукувати на ньому самому.

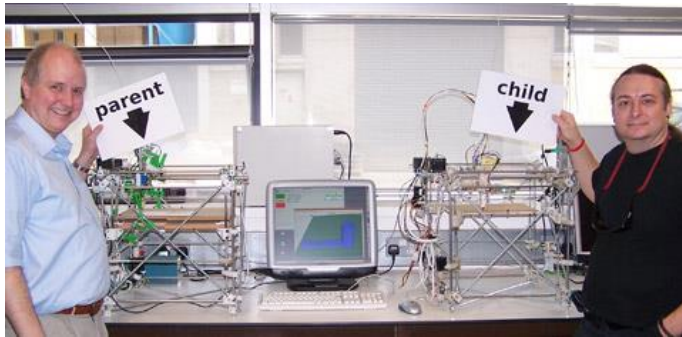


Рисунок 3.8 – Едріан Боуер (зліва) і його напарник Вік Оллівер (Vik Olliver) поруч із RepRap-«батьком» (зібраним із деталей, створених на звичайному 3D-принтері) і першим повністю завершеним і працездатним апаратом RepRap-«дитиною», який уже через кілька хвилин після «народження» створив першу деталь свого «сина», тобто «онука» першої машини (фото із сайту reprap.org) (Попов, 2008)

Водночас необхідно зробити кілька зауважень. По-перше, самовідтворювальний 3D-принтер машини RepRap міг відтворювати далеко не всі власні деталі. Металеві елементи, як і електроніку, роботу доводилося брати ззовні. По-друге, фінальне збирання його копії теж здійснювалося не роботом, а руками людей.

На думку Боуера, зовнішня доповнюваність деталей цілком допустима, оскільки нагадує харчування біологічних організмів. «Ні ви, ні я не можемо відтворюватися без постачання ззовні амінокислот, полісахаридів, жирів. Тому ми затвердили правило: машини повинні вміти складати свої основні частини так, щоб вони могли працювати механічно, але ми додаємо їм чіпи, гайки і болти, а також одну або дві інші речі ззовні... Додаткове правило полягає в тому, що додані частини повинні бути стандартними, доступними і дешевими» (Попов, 2008).

Втім творці робота вважають, що в майбутньому можливо і відтворення роботами таких складних частин, як електроніка та електричні прилади (Попов, 2008).

Запропонована модель має низку унікальних властивостей. По-перше, вона закладає можливість 3D-принтера в поєднанні з відповідною комп'ютерною моделлю (відкрите програмне забезпечення для Linux, Windows, MacOS) його самовідтворення (зокрема самостійного виробництва власних деталей для заміни зношених, крім того, часткового створення власної копії). По-друге, творцям вдалося домогтися відчутної дешевизни запропонованої моделі порівняно зі звичайними моделями 3D-принтерів. По-третє, вони виклали ліцензію на виробництво винаходу для безкоштовного використання всім охочим, зокрема малими спільнотами (GNU – General Public License). Як підкреслив один з учасників команди творців RepRap Бік Оллівер, що це робиться «для розвитку світу» (world) (O'Neill, 2017).

Прикладною сферою цього напрямку робіт є створення так званих фаблів, або фаблабів (від англ. Fab lab – fabrication laboratory). Під цим терміном йдеться про невеликі майстерні, що пропонують учасникам можливість виготовляти необхідні їм предмети на верстатах із числовим програмним управлінням. Зазвичай фабли оснащені набором універсальних інструментів і комп'ютерних програм, дозволяючи зробити «майже все» з «практично нічого». Інакше кажучи, фабл (фаблаб) у сукупності являє собою ту саму «машину, що може зробити майже все» «make-it-all machine» (Fab lab, 2017).

Доречно зазначити, що такі фабли відкриваються і в Україні. Зокрема в Києві відкрито вже дві майстерні-лабораторії, які є частиною світової мережі «фаблабів» (рис. 3.9).



Рисунок 3.9 – Лабораторія Fab Lab Fabricator у Києві
(на вул. Воздвиженській) (В Києві, 2016)

Тут зібрано найсучасніше обладнання: лазерні прилади, 3D-принтери, 3D-сканери, металорізальне знаряддя, необхідні інструменти. Усі охочі за певну плату (а раз на тиждень – безкоштовно) можуть зібрати необхідний пристрій або надрукувати 3D-предмет (В Києві, 2016).

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) розв'язувати 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 за-

безпечення, архітектура, охорона здоров'я, конструкторські роботи тощо).

Органічним продовженням зазначених досліджень сьогодні є розвиток так званих когнітивних технологій. Їх будують на основі програм, які мають можливість само-дописуватися і самовдосконалюватися.

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

Цифри і факти

У 2016 році у світі використовувалося близько 1,5 млн роботів. Відсоток роботів, що використовували 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: оброблення матеріалів – 35 %; зварювання – 29 %; збирання – 13 %; дозування – 4 % (Золотов, 2016).

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).

3.4 Вектори конвергенції та мініатюризації

Досягнення науки зробили реальним ще одне дуже важливе явище – *конвергенцію*.

Слово «конвергенція» походить від англійського converge, що означає «зводити в одну точку», «зводити воедино». Щодо виробництва, бізнесу і споживання, *конвергенція* передбачає об'єднання кількох властивостей і функцій в одному предметі або пристрої для подальшого використання цього пристрою для різних цілей (Толмачёв, 2005). Отже, під *конвергенцією*, зазвичай, йдеться про багатофункціональність.

Один із продуктів конвергенції кожна сучасна людина носить із собою. Це його мобільник, який вміщує все те, що ще кільки 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. 3.1).

Таблиця 3.1 – Деякі функції сучасного мобільного телефону (айфона) (складено автором)

Функція	
• телефон;	• записна книжка;
• комп'ютер;	• годинник;
• фотоапарат;	• таймер;
• слайдоскоп;	• ліхтарик;
• відеокамера;	• календар;
• словник;	• TV-приймач;
• бібліотека;	• радіоприймач;
• диктофон;	• передавач;
• калькулятор;	• програвач;
• довідник;	• принтер;
• пульт дистанційного управління;	• коректор;
	• навігатор (GPS)

Утім у 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 *міні-*

атюризації виробів. Особливо це стосується засобів оброблення інформації. Характер цього явища дуже яскраво описав класик постіндустріалізму Д. Белл, хоча, зауважимо, з моменту його висловлювання пройшло вже понад 20 років. Інакше кажучи, це означає, що наукові й технічні звершення пішли далеко вперед.

«Сьогодні в одній крупинці інтегральної схеми вартістю менше ніж 1 долар сконцентрована потужність десятків тисяч транзисторів з усіма провідниками, що їх з'єднують. Його ємність – мільйони байтів і швидкодія – трильйони операцій на секунду» (Белл, 1999).

Ще грандіозніші перспективи обіцяє подальше впровадження нанотехнологій, що повинно змінити до невпізнання не тільки виробництво, але і весь спосіб життя людства.

На думку багатьох учених, сьогодні реальністю стає створення нанокомп'ютера, тобто обчислювального пристрою на основі електронних технологій, розмірами в декілька нанометрів, зокрема величиною з молекулу. Фактично на нанокомп'ютер може перетворитися наночастинка, запрограмована на потрібні хімічні або фізичні властивості. Корейсько-американський консорціум розробив підходи для створення нанотранзистора, базової частини нанокомп'ютера. Шість атомів водню і вуглецю були розміщені циклічно, перетворившись на молекулу бензолу. Таке розташування атомів дозволило проходити струму від одного золотого електрода до іншого без будь-якого напруження. Головним тут є навіть не мініатюрні розміри, а колосальна енергоєфективність. На порядку денному – вдосконалення механізму роботи пристрою і принципової схеми його збирання (Нанотранзистор, 2017).

Нанокомп'ютер може бути створений на основі здатності наночастинок під впливом сигналів зовнішнього середовища проявляти різні хімічні або фізичні властивості, наприклад, з'єднуючись, утворювати нові сполуки, або випромінювати / поглинати промені різного спектра. Отже, з'являється теоретична можливість формування вхідного і вихідного сигналів (Будыка, 2016).

Учені канадського Університету Конкордія експериментально встановили, що в транзисторах із дуже коротких нанотрубок позитивно і негативно заряджені частинки поведуться по-різному. Позитивні – більш ізольовані і поведуться здебільшого як частинки, тоді як негативні заряди – менш обмежені і більше нагадують хвилі. Це означає, що можна скористатися квантовою природою електронів для зберігання інформації, а позитивних зарядів – для передавання інформації. Усе разом відкриває нові можливості для появи нового покоління квантових пристроїв і наближає появу квантового комп'ютера, що, зі свого боку, дозволить створювати більш розумні й ефективні прилади (зокрема гаджети) для споживачів (Громов, 2017).

На початок 2018 року реалізовано старт обчислень квантового комп'ютера Google, оснащеного 22-кубітовим чіпом (*кубіт* – найменший елемент для зберігання даних у квантових комп'ютерах). Серед запланованих дій – розрахунок складної задачі, розв'язання якої зайняло б на класичному комп'ютері мільярди років. Успіх буде означати наступ «квантової переваги» – переломного моменту, коли квантовий комп'ютер розв'яже незбагненне раніше завдання. Квантові чіпи Google містяться в лабораторії, де підтримується мінусова температура, – 273,11°C, що необхідно для збереження надпровідності. Такі складні і дорогі умови означають те, що Google та інші компанії, імовірно, продаватимуть квантові обчислення через «хмару» за чималі гроші. Однак уже сьогодні вчені у світі (зокрема в компанії Intel) напружено працюють над створенням чіпів, здатних працювати за більш високої температури (Никитин, 2017 а).

Сьогодні під час створення нових видів продукції основні витрати праці йдуть не на матеріальне виробництво, а на формування інформаційного змісту виробів. За даними дослідників під час випуску таких наукоємних товарів, як комп'ютер, лише чверть витрат праці йде безпосередньо на їхнє виготовлення (Агамирзян, 2013). Решта випадає на роботу науково-дослідних інститутів, конструкторських бюро та лабораторій, де формують інформаційні алгоритми функціонування виробів.

3.5 Інноваційні імпульси трендів в економічних системах і суспільстві

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 виготовлення) на цикл їхнього проектування. Саме там закладається основна цінність майбутнього виробу, тобто його інформаційні характеристики: властивості, функції, експлуатаційні параметри (надійність, естетичність тощо). За влучним висловом І. Агамирзяна, у найближчому майбутньому ми почнемо сприймати виробничі потужності не інакше, як звичайний принтер, який вмикається натисненням кнопки, коли нам потрібно роздрукувати пачку документів (Агамирзян, 2013).

У 2010 році перша модель iPad-а продавалася майже за 500 дол. США. Водночас сукупні витрати на виготовлення його матеріальних компонентів і їхнє збирання становили лише 33 дол. США. «Аналогічна структура спостерігається в інших галузях. У мікроелектроніці до початку 2000 років відбулося остаточне розділення на fabless-компанії (тобто безфабричні, а саме ті, що не мають власних виробничих потужностей), які досліджують і проектують мікрочіпи, і foundry-компанії, які їх виготовляють. Причому обороти перших уже перевищили обороти других» (Агамирзян, 2013).

«Як і будь-яка революція, третя промислова революція буде руйнівною... Як Генрі Форд залишив без роботи ковалів, роботизація і нові методи виробництва перетворюють фабрики на безлюдні приміщення, якими будуть керувати кілька десятків кваліфікованих операторів...

Зараз модно зазначати, що виробництво повертається в розвинені країни. Але... нехтується дуже важлива деталь, що це вже зовсім інше виробництво...» (Агамирзян, 2013).

Отже, основним видом продукції в бізнесі стають не вироби і послуги, а стартапи, а точніше інновації, на виробництво яких орієнтовані ці стартапи. Причому коло

інновацій, які продукуються стартапами, надзвичайно широкі і стосуються всіх сфер життя (рис. 3.10).

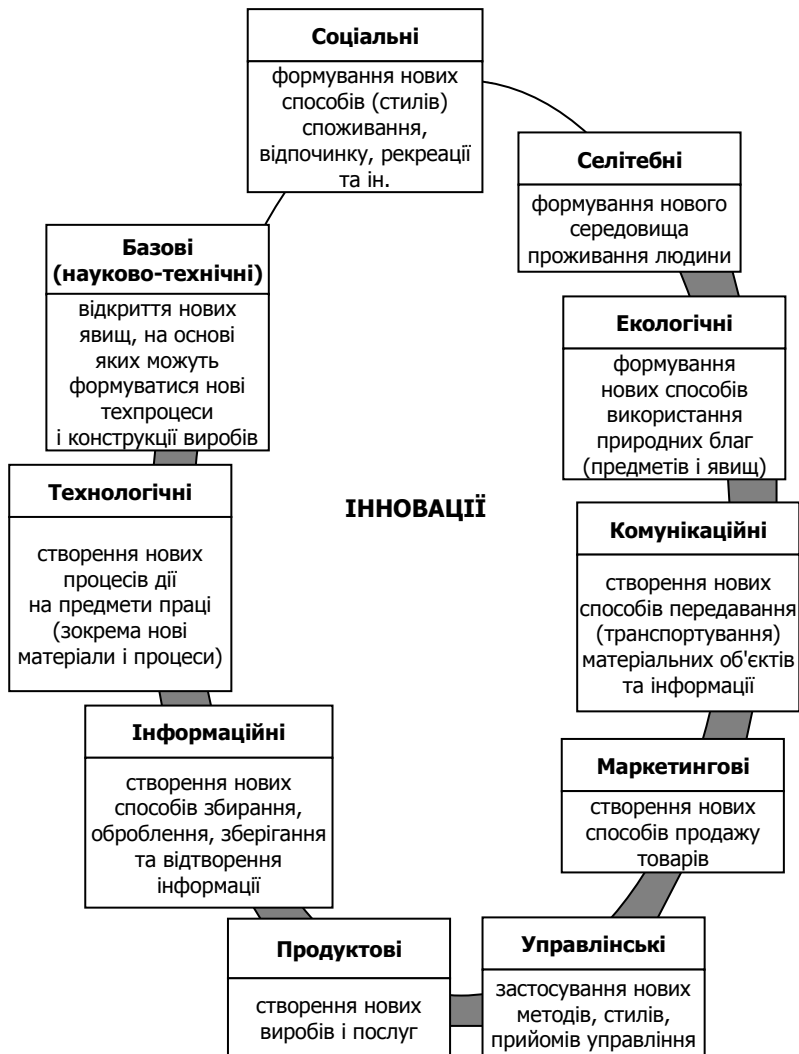


Рисунок 3.10 – Види економічних інновацій (складено автором)

Можна назвати ще точніше вид предметів, які продають у вигляді стартапу – це різні форми підвищення ефективності процесів життєзабезпечення людини.

Вищезазначене змушує підкреслити одну важливу деталь. Згадані інноваційні технології, як і будь-які інновації загалом, можуть бути успішно реалізовані в разі концентрації зусиль усього суспільства. Як інструмент такої концентрації в країнах ЄС використовують так звані «технологічні платформи: від визначення до загальної програми досліджень». Під цим терміном йдеться про об'єднання представників держави, бізнесу, науки та освіти навколо спільного бачення тренда науково-технічного розвитку та формування загальних підходів до розроблення і промислового освоєння відповідних технологій (European, 2017).

Лише консолідована участь різних суб'єктів суспільства дозволить розв'язати фінансові, організаційні, технічні, інформаційні та соціальні проблеми впровадження кластерів сучасних технологічних інновацій.

РОЗДІЛ 4

РЕВОЛЮЦІЙНІ ТРЕНДИ

У СТВОРЕННІ НОВИХ МАТЕРІАЛІВ

4.1 Базові завдання сучасного матеріалознавства

Різні види матеріалів є тією первинною субстанцією, з якої людина створює необхідні їй речі. Залежно від призначення цих речей вихідні матеріали повинні мати відповідні властивості, які б давали змогу виконувати речам необхідні функції. Між властивостями матеріалів і функціями речей спостерігаються прямі і зворотні залежності. З одного боку, отримання матеріалами нових функцій дає можливість речам розширювати спектр функцій, які вони виконують. З іншого боку, поява необхідності в нових функціях, що мають виконувати речі, які оточують людину, обумовлює пошук і відкриття нових матеріалів із затребуваними властивостями.

Розгортання Четвертої та П'ятої промислових революцій обумовлює і революційні процеси в роботі з матеріалами. З одного боку, перехід до нових технологій висуває нові вимоги до матеріалів. Це обумовлює необхідність розв'язання нових, раніше не звіданих завдань, пов'язаних із пошуком інноваційних характеристик матеріалів. З іншого боку, наукові відкриття і досягнення технічного прогресу відкривають можливості використання широкого спектра унікальних властивостей і функцій нових матеріалів, здатних розв'язувати такі завдання.

Можна сформулювати кілька напрямків, за якими розвивається сучасне матеріалознавство (DARPA, 2015). Кожен із них обумовлений вимогами до виконання конкретних технічних завдань. Серед них можна виділити:

- досягнення технічних характеристик (фізичних властивостей), необхідних для роботи в певних фізико-хімічних умовах (високих або низьких температурах, високому або низькому тиску, ударних навантаженнях, агресивних середовищах, інтенсивному терті та ін.);

- забезпечення можливості роботи у формі «чорнил» для 3D-друку;

- забезпечення високої точності в конструюванні, тобто під час розрахунку, прогнозування та досягнення заданих властивостей і характеристик;

- досягнення з мінімальними витратами праці, часу і коштів гнучкої зміни властивостей і характеристик;

- здатність перетворювати одні форми енергії на інші;

- придатність для імплантації в біологічні організми;

- прийнятність для метаболізму екосистем;

- достатня дешевизна у виробництві, експлуатації та утилізації.

Серед технологічних напрямків створення нових матеріалів можна виділити низку основних.

4.2 Композитні прориви матеріалознавства

Композитні матеріали (КМ), або *композити*, завдяки своїм властивостям є одним із найбільш застосовуваних зараз видів матеріалів.

«У більшості *композитів* (за винятком шаруватих матеріалів) їхні компоненти можна розділити на матрицю (або елементи, які зв'язують) і внесені в неї елементи наповнення (або наповнювачі). У композитах конструкційного призначення наповнювачі зазвичай забезпечують необхідні механічні характеристики матеріалу (міцність, жорсткість та ін.), а матриця забезпечує спільну

роботу армуючих елементів, а також захист їх від механічних пошкоджень і агресивного хімічного середовища. Композитні матеріали, що являють собою гетерофазні системи, утворюються з двох або більше компонентів зі збереженням індивідуальності кожного окремого компонента. КМ є однорідними в макромасштабі і неоднорідними в мікромасштабі.

Механічна поведінка композиції визначається співвідношенням властивостей наповнювачів і матриці, а також міцністю зв'язків між ними. Характеристики та властивості створеного виробу залежать від вибору вихідних компонентів і технології їхнього поєднання.

Під час суміщення наповнювачів і матриці утворюється композиція, яка має набір властивостей, що відображають не лише вихідні характеристики її компонентів, але і нові властивості, яких окремі компоненти не мають» (Композиционные, 2017).

До зазначеного можна додати, що «КМ – це штучно створений неоднорідний суцільний матеріал, що складається із двох або більше компонентів із чіткою межею поділу між ними».

«Матеріалознавці експериментують із метою створити більш зручні у виробництві, а отже, і більш дешеві матеріали. Досліджують самозростаючі кристалічні структури, з'єднані в єдину масу полімерним клеєм (цементи з додаванням водорозчинних клеїв), композиції з термопласту з короткими армуючими волоконцями та інші» (Композиционные, 2017).

«Головна перевага КМ – в тому, що матеріал і конструкція створюються одночасно під виконання певних завдань. Відповідно вони не можуть вміщувати в собі всі можливі переваги, але, проєктуючи новий композит, інженер має можливість задати йому характеристики, що значно перевершують параметри традиційних матеріалів під час виконання цієї функції в даному механізмі, але поступаються їм у інших аспектах. Це означає, що КМ не може бути кращим за традиційний матеріал у всьому. Для кожного виробу інженер проводить усі необхідні розрахунки і тільки потім вибирає оптимум між матеріалами для виробництва. Можливими цілями пошуку можуть бути:

- висока питома міцність;
- висока жорсткість;
- висока зносостійкість;
- висока втомна міцність;
- можливість виготовлення з КМ певних конструкцій;
- легкість.

Причому різні класи композитів можуть мати одну або кілька переваг. Усіх переваг неможливо домогтися одночасно» (Композиционные, 2017).

Композитні матеріали широко застосовуються в авіації, космічній техніці, приладобудуванні, зв'язку, машинобудуванні, будівництві, побуті, спорті.

Метаматеріали (ММ) є різновидом композиційних матеріалів. Їхні властивості обумовлені не стільки властивостями складових елементів, скільки штучно створеною періодичною структурою.

«ММ являють собою штучно сформовані й особливо структуровані речовини (середовища), що мають електромагнітні або акустичні властивості, які складно досягати технологічно або які взагалі не трапляються в природі. Під такими властивостями необхідно розуміти здатність набувати особливих значень фізичних параметрів матеріалу, наприклад, від'ємні за величиною значення як діелектричної, так і магнітної проникності, просторову структуру (локалізацію) розподілу величин цих параметрів (зокрема періодичну зміну коефіцієнта заломлення як у фотонних кристалів), наявність можливості управління параметрами матеріалу внаслідок зовнішніх впливів (метаматеріали з електрично керованою діелектричною та магнітною проникністю) та ін. Розробник метаматеріалів під час їхнього синтезу має можливість вибору (варіювання) різних параметрів (розміри структур, форма тощо)» (Метаматериал, 2017).

Дослідники бразильської компанії Braskem розробили новий вид пластикових харчових контейнерів. Упаковка мимоволі змінює колір, коли рівень рН усередині неї починає змінюватися (а це явна ознака того, що вміст перестав бути їстівним) (Иртлач, 2017 а).

Завдяки своїм унікальним властивостям метаматеріали застосовують в сонячній енергетиці, приладобудуванні, зв'язку, оборонній промисловості (зокрема завдяки від'ємним показникам заломлення світла використовують для маскуванню об'єктів).

Увага до метаматеріалів викликана тим, що вони перенаправляють не тільки видиме світло. Залежно від того, як і де вони будуть використовуватися, метаматеріали здатні перенаправляти мікрохвилі, радіохвилі, а також маловивчені Т-хвилі – щось середнє між мікрохвилями та інфрачервоним світлом в електромагнітному спектрі. Метаматеріали можуть маніпулювати практично будь-яким видом хвиль електромагнітного спектра.

Завдяки метаматеріалам колись можна буде створити спеціальні Т-хвильові сканери для медичних процедур, компактні радіоантени, здатні змінювати свої властивості просто на ходу, і багато чого ще. Інакше кажучи, метаматеріали є дуже перспективним проектом. Їхні теоретичні можливості надзвичайно широкі. Однак до комерційного використання цих матеріалів доведеться пройти дуже довгий і важкий шлях (Хижняк, 2015).

4.3 Наноглибини розвитку матеріалознавства

Наноматеріали (НМ) являють собою речовини, отримані на основі наночастинок з унікальними характеристиками, що впливають із мікроскопічних розмірів їхніх складових.

Можна назвати кілька видів наночастинок, що найчастіше використовують (Алферов и др., 2017; Нанотехнологии, 2017; Нанотехнология, 2017).

Графен – двовимірна алотропна модифікація вуглецю, утворена шаром атомів речовини товщиною в один атом. Має велику механічну твердість і рекордно велику теплопровідність. Матеріал отримано у 2004 році. Створення графену дозволяє отримувати модифікації різних матеріалів на його основі (рис. 4.1). Зокрема в Массачусетському технологічному інституті розроблена технологія

отримання нового надміцного матеріалу, який міцніший за сталь у 10 (!) разів. Новий матеріал отримано з пластівців графену за допомогою нагрівання і величезного тиску. Він має порівняльну щільність всього 5 %, а також губчасту структуру й унікальні електропровідні властивості (В США, 2017; Глущенко, 2017).

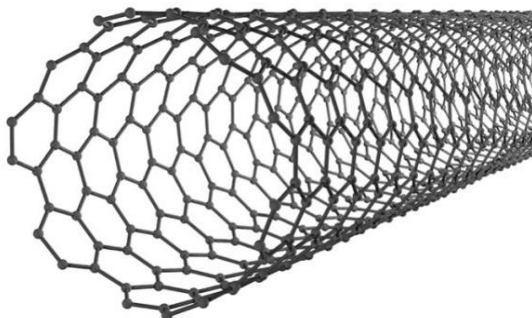


Рисунок 4.1 – Реконструкція структури нового надлегкого матеріалу, який міцніший за сталь у 10 разів (В США, 2017)

Вуглецеві нанотрубки – циліндричні структури діаметром від одного до кількох десятків нанометрів і завдовжки до кількох сантиметрів, що складаються з однієї або кількох згорнутих у трубку гексагональних графітових площин (графенів) і, зазвичай, закінчуються напівсферичною головкою.

Фулерени – молекулярні сполуки, що належать до класу алотропних (тобто таких простих речовин, що мають однаковий склад, але розрізняються за структурою) форм вуглецю (інші – алмаз, карбін і графіт) і являють собою опуклі замкнені багатогранники, складені з парного числа трикоординованих атомів вуглецю.

Аерогель (від лат. aer – повітря і gelatus – заморожений) – клас матеріалів, що являють собою гель, у якому

рідка фаза повністю заміщена на газоподібну. Такі матеріали мають рекордно низьку щільність і демонструють низьку унікальних властивостей: твердість, прозорість, жароміцність, надзвичайно низьку теплопровідність та ін.

Аерографіт являє собою синтетичну піну, що утворюється з трубчастих волокон вуглецю. Завдяки низькій щільності може бути названий найлегшим на сьогодні матеріалом.

Наноаккумулятори. На початку 2005 року компанія Altair Nanotechnologies (США) оголосила про створення інноваційного нанотехнологічного матеріалу для електродів літій-іонних акумуляторів. Акумулятори з $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ -електродами мають час зарядки 10–15 хвилин. У лютому 2006 року компанія почала виробництво акумуляторів на своєму заводі в Індіані (Нано-аккумулятори, 2017).

Поверхні, що самоочищуються, на основі ефекту лотоса. Ефект полягає у вкрай низькій змочуваності поверхні. Вода, потрапивши на неї, стікає і заодно захоплює із собою частинки пилу. Хоча феномен самоочищення лотоса був відомий в Азії з давніх часів, його наукове обґрунтування стало можливим лише з появою сканувального електронного мікроскопа. У 1977 р. це, зокрема, зробив із колегами німецький ботанік Вільгельм Бартлотт (Wilhelm Barthlott). Сьогодні цей ефект використовується для самоочищення поверхні сонячних панелей (Lotus effect, 2017).

Створено гідрофобні (тобто незмочувані) кремнієві наноструктури. Нові наноструктури місяцями залишаються сухими, перебуваючи під водою. Оскільки наноструктури стійкі до тиску, їх можна використовувати для захисту стелс-покриттів підводних човнів і поверхонь, які перешкоджають обростанню суден нижче від ватерлінії різними організмами. Останнє призводить до зниження швидкості кораблів (Доронин, 2015 а).

Американська фармацевтична компанія Aprecia Pharmaceuticals отримала дозвіл від Управління із санітарного нагляду за якістю харчових продуктів і медикаментів США (FDA) на використання

так званого адитивного друку для виробництва лікарських препаратів.

Завдяки новій технології фармацевтам вдалося зробити таблетку швидкорозчинною настільки, що дисперсія відбувається дійсно за частку секунди. Це полегшує вживання препаратів у літніх людей і маленьких дітей, а також пацієнтів, які мають проблеми з функцією ковтання (Горина, 2015).

Станен, як і графен, являє собою структуру, що складається з одиничного шару атомів. Однак, на відміну від графену, який утворюють атоми вуглецю, станен складається з олова. І саме ця особливість дозволяє станену мати ті надзвичайні властивості, які не властиві графену, – 100-відсоткову провідність. Завдяки цьому станен може проводити електрику з нульовим опором і, що більш важливо, за кімнатної температури. Якщо передбачені властивості станену дійсно підтвердяться, то цей матеріал буде здатний зробити революцію у створенні мікрочіпів практично для всіх пристроїв, що використовують сьогодні. По-перше, чіпи зможуть стати набагато продуктивнішими. Можливості сучасних чіпів на основі кремнію обмежені об'ємом тепла, що виділяється електронами. Чим швидше чіпи працюють, тим гарячішими стають. Станен же, маючи здатність 100-відсоткової провідності, буде позбавлений цього недоліку (Хижняк, 2015).

4.4 Нові властивості матеріалів

Матеріали для енергоперетворення. Цей вид матеріалів має здатність перетворювати одні форми енергії на інші. Ці властивості набувають особливо великого значення в епоху промислових революцій, коли енерготрансформаційні процеси є основою розвитку енергетики, зв'язку, транспорту. Зокрема створення нових матеріалів

(наприклад, перовскитів) дозволило за кілька років підняти ефективність перетворення сонячного світла на електрику з 3–4 % (у 2000-ні роки) до 15–20 % (у середині 2010-х років). Велику роль також відіграють матеріали для перетворення енергії в таких процесах, як акумулювання енергії, теплоізоляція, електропровідність, трансформація тепла на електрику і навпаки, світлопровідність, звукопроникливість та ін. (DARPA, 2015).

Фахівці ізраїльської фірми SolCold створили фарбу, що охолоджує будівлі в спеку. В основу технології покладено принцип лазерного охолодження за допомогою взаємодії променя світла з певними матеріалами. Водночас температура може знизитися на 150 °С через те, що молекули матеріалів абсорбують ті фотони, які збігаються з ними за частотою і перевипромінюють високо-частотні фотони, які переносять більше енергії. Із втратою енергії знижується і температура. Фарба складається з двох шарів. Зовнішній – фільтрує деякі сонячні промені. Внутрішній шар здійснює конверсію тепла у світло, охолоджуючи себе до температури нижче від навколишнього середовища (Ревадзе, 2017).

Каліфорнійська компанія Alphabet Energy репрезентувала термоелектричний генератор, який можна приєднати до звичайного генератора, зібрати вироблене ним тепло і перетворити його знову на корисну енергію. Водночас генератор Alphabet Energy використовує відносно дешевий і фактично натуральний термоелектричний матеріал у своїй основі – *тетраедрит*, мінерал, який складається з кристалів, що нагадують форму тетраедра (звідси і назва). Однак у лабораторії вже проводяться дослідження, можливо, навіть більш ефективного термоелектричного матеріалу, що має назву *скутерудит*. Зазначені матеріали належать до класу так званих термоелектричних. Вони здатні виробляти електрику з різниці температур (Шесть, 2017).

Варто зазначити, що термоелектричні матеріали вже знайшли своє застосування в деяких сферах. Наприклад, у космічних кораблях. Однак скутерудит дешевший у виробництві і може цілком підійти для використання в повсякденному житті. Скажімо, у разі забирання тепла з ви-

хлопних труб автомобілів, холодильників і практично будь-яких предметів і пристроїв, що використовують енергію для роботи (Хижняк, 2015).

Мембранні матеріали характеризуються здатністю проявляти різні властивості в різних напрямках. Наприклад, пропускати струм, світло, тепло, вологу або різні речовини в одному напрямку і не пропускати (чи пропускати набагато гірше) у зворотному. Мембранні матеріали використовують у багатьох сферах науки і техніки. Зокрема їх застосовують в установках для розділення і очищення рідин, в апаратах для газорозподілу, під час виготовлення одягу (пропускають вологу або тепло лише в одному напрямку), в апаратах для поділу плазми крові.

Існують галузі, де мембранні матеріали і мембранні технології взагалі не мають конкурентів. Такими, наприклад, є: апарати «штучна нирка» і «штучна легеня», отримання надчистих речовин і зон у мікроелектроніці, виділення біологічно активних речовин та ін. (Терещенко, 2017).

Біоактивні матеріали. Мають здатність зрощуватися з живими (зокрема кістковими) тканинами. Одним із видів таких матеріалів є *біоситали*. Основною галуззю застосування таких матеріалів є медицина, де вони демонструють свої унікальні властивості: біосумісність (біоінертність, біоактивність), високий рівень фізико-механічних характеристик, стабільність властивостей, довговічність роботи в людському організмі (Современные, 2020).

Фахівці Північно-Східного університету (США) і Сіднейського університету (Австралія) розробили еластичний хірургічний клей, здатний загоювати рану на шкірі або органах без швів або скоб лише за 60 секунд. В основі клею – заміщений метакриловою кислотою тропоеластин (MeTro), еластичний білок, який наноситься на рану і запечатує її, не перешкоджаючи природному загоєнню органів або шкіри. Щойно клей контактує з тканинами, він

твердне у вигляді гелю і нікуди не зміщується. Потім гель піддають ультрафіолетовому випромінюванню, щоб герметик утворив міцний зв'язок із пошкодженими тканинами (Голованов, 2017).

Екологічно прийнятні матеріали. Одним із велень часу стало створення екологічно прийнятних матеріалів (в англійській мові екологічну прийнятність предметів передають термінами *ecologically friendly* – екологічно дружній або *environmentally sound* – співзвучний природному середовищу, тобто екологічно безпечний).

У цьому контексті екологічна прийнятність означає здатність матеріалів залучатися до метаболізму екосистем без шкоди для них. Інакше кажучи, вони здатні розкладатися під впливом сил природи і повторно споживатися рослинами і тваринами в циклах кругообігу в природі речовин і енергії. З цього погляду, з нових матеріалів найбільш цікавими є ті, вихідними компонентами яких є кремній і целюлоза – найпоширеніші в природному середовищі речовин.

Учені з Технічного університету Чалмерса (Швеція) навчилися виготовляти «чорнило» (так називають матеріали, з якими працюють 3D-принтери) для 3D-принтера з целюлози – найпоширенішої органічної сполуки планети, яка абсолютно безболісно сприймається й утилізується екосистемами планети після завершення експлуатаційного терміну виробу. Крім того, за допомогою додавання вуглецевих нанотрубок вчені змогли отримати матеріали, що проводять електрику (Доронин, 2015 а; Доронин, 2015 б).

«Чорнило» з пилу. Оси надихнули інженерів на 3D-друк будинків із бруду і глини (рис. 4.3). У зв'язку зі зростанням кількості населення в деяких частинах нашої планети Організація Об'єднаних Націй (ООН) уже прогнозує необхідність будівництва близько 100 тисяч нових будинків щодня протягом найближчих 15 років (Загорская, 2015 а).



Рисунок 4.2 – Предмет, надрукований на 3D-принтері «чорнилом» із целюлози (Доронин, 2015 б)



Рисунок 4.3 – 3D-принтер компанії WASP (висота 12 м, діаметр – 6 м) (Загорская, 2015 а)

Як це часто буває, розв'язок проблеми підказує сама природа. Поодинокі осі будують міцні, схожі на глиняний горщик, гнізда зі звичайного бруду. Принцип роботи цих працьовитих комах нагадує роботу 3D-принтера, адже вони теж методично, шар за шаром, викладають свої гнізда. І саме осі надихнули італійських інженерів, які створили компанію WASP (аббревіатура – від World's Advanced Saving Project, або «Світовий передовий рятувальний проєкт», wasp означає англійською «оса») (Загорская, 2015 а).

4.5 Чи можлива самоорганізація матеріалів?

Вчені в різних країнах працюють над тим, щоб «навчити» матеріали довільно змінювати свої характеристики (зокрема форму) у заданому напрямку. Фактично це стає можливим завдяки технологіям, які працюють із 3D-принтерами. Умовно можна зауважити, що виникає неначе ще один – четвертий вимір. Цим виміром стає *час*. Вироблений предмет і далі змінює свою форму або властивості після того, як його надрукували на 3D-принтері, доводячи свої параметри до необхідних значень.

Вченим Массачусетського технологічного інституту вдалося домогтися значних результатів в освоєнні 4-го виміру. Унаслідок експериментів вдалося отримати решітку розміром 38 на 38 сантиметрів. У ній елементи з жорсткого пластику з'єднувалися за допомогою речовини, яка збільшується в об'ємі під час поглинання вологи.

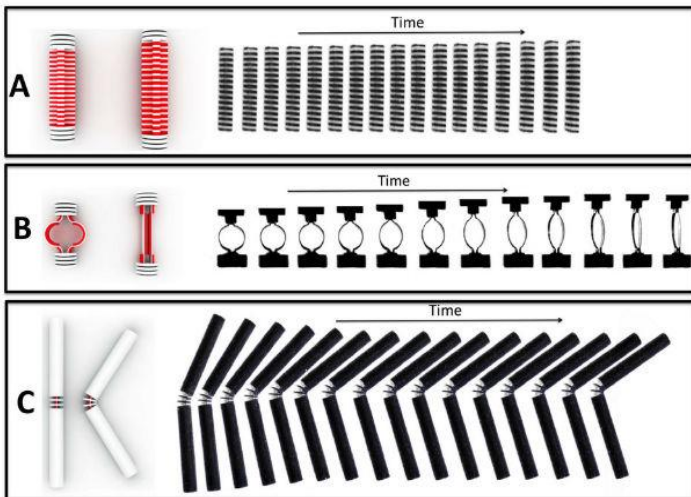


Рисунок 4.4 – Приклади виробів, що самозмінюються в часі (Загорский, 2014)

Під час експериментів вони виявили, що якщо покласти вироблений предмет у воду, адсорбувальний матеріал деформується, і решітка змінює свою форму. Водночас залежно від розташування і структури елементів, що можуть змінюватися, діапазон різних форм зі складною геометрією може бути дуже широким. Наприклад, учені надрукували фігуру, у якій аббревіатура інституту MIT згодом перетворювалася на літери SAL.

На думку авторів роботи, у доступному для огляду майбутньому цей підхід дозволить виробляти речі, які зможуть адаптуватися до мінливих умов, реагуючи на вологість або температуру. Крім того, 4D-друк відкриє дорогу абсолютно новим медичним імплантантам, які зможуть змінювати свою форму, розмір і функціональність без додаткового хірургічного втручання.

Однією з основних сфер застосування нової технології може стати виготовлення *стентів* – невеликих трубок, які поміщають усередину коронарних судин, звужених унаслідок атеросклерозу.

Надруковані стенти можна буде вводити в судини у складеному стані, після чого вони набуватимуть своєї постійної трубчастої форми і розширять уражену ділянку (Загорский, 2014).

Самовідновлюваний пластик. Дослідникам вдалося розробити матеріал із неймовірною здатністю до регенерації (рис. 4.5). Створений американськими вченими пластик «загоює» на собі значні «поранення» (Доронин, 2014 б; Учёные, 2015).

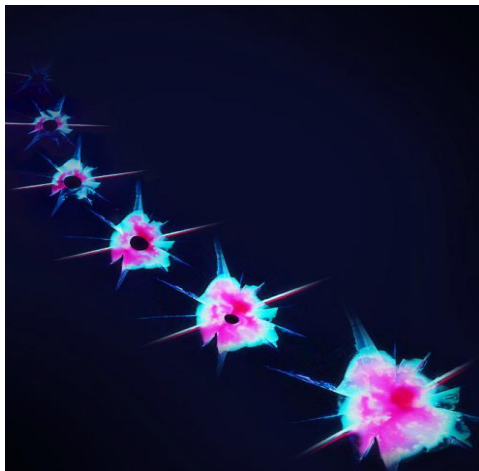


Рисунок 4.5 – Самовідновлюваний пластик (Доронин, 2014 б)

Особливістю цього полімеру є його структура. У ній містяться мікрогранули, заповнені особливою рідиною. У разі їхнього пошкодження рідина витікає і закриває пошкодження, що утворилося (Хижняк, 2015). Вчені впевнені, що така технологія самовідновлення пластику, схожа на біологічне загоєння, може бути впроваджена у виробництво вже в зовсім недалекому майбутньому. Проста й ефективна методика виготовлення судинних матеріалів вже існує, тепер необхідно оптимізувати склад регенерувальних хімічних агентів для різних типів матеріалів.

Така здатність може стати дуже корисною для комерційних товарів (наприклад, подряпаний бампер автомобіля міг би відновити себе сам за кілька хвилин після аварії). Але ще важливішим є винахід для тих деталей і виробів, які важко замінити або відремонтувати, наприклад, тих, що використовують в аерокосмічній промисловості або на дні глибоких свердловин (Паймакова, 2014).

Дослідники з Гарвардської школи інжинірингу та прикладних досліджень імені Дж. Полсона (SEAS) розробили новий міцний тип гуми, який може самовідновлюватися після проколу (Никитин, 2017 б).

Учені лондонського Університету Королеви Марії розробили біоактивне скло, яке, розпадаючись, вивільняє фторид, утворюючи хімічну речовину, що імітує мінеральний склад зубної пасти. Вона допоможе вилікувати, відновивши пошкоджені зуби (Гоголадзе, 2017 а).

Сьогодні матеріали все більше перетворюються з речовинних субстанцій, властивостей яких досягають у ході тривалих виробничих процесів, на «конструкції», потрібні характеристики яких закладають безпосередньо в процесі виробництва з них створюваних виробів.

Крім того, як зазначено вище, реальністю стає конструювання композитних матеріалів із керованими властивостями, які можуть змінювати свої характеристики і форму вже після їхнього створення, на підставі конкретних завдань і функцій виробів (Краснянский, 2015; Щедровицкий, 2014).

Отже, нові технології в поєднанні з новими матеріалами зробили реальністю розв'язання низки найважливі-

ших завдань. По-перше, досягають гнучкого, а головне швидкого конструювання під потреби виконання певних функцій в умовах експлуатації виробу. По-друге, отримують великий діапазон (варіабельність) властивостей і параметрів матеріалів. По-третє, значно збільшуються граничні значення корисних властивостей матеріалів: міцності, щільності, гнучкості, електропровідності, теплопровідності, гідрофобності та ін. – іноді в десятки і навіть сотні разів. По-четверте, параметри матеріалів у заданому напрямку можуть змінюватися вже після виготовлення виробів.

4.6 Дематеріалізація як один із ключових трендів розвитку економічних систем

Можна зазначити два напрями реалізації ресурсозбежної політики. Перший – пов'язаний із проведенням різних технічних та організаційних заходів з економії ресурсів (сировини, допоміжних матеріалів, палива, енергії), запобігання псуванню або непродуктивним втратам сировини, теплоізоляції будівель та ін. Другий напрямок (і йому належить провідна роль) ґрунтується на технологічному зниженні ресурсоемності (Пильцер, 1999).

За останні 20 років вага фото- і відеокамер, магнітофонів, акумуляторів знизилася в рази, а то і на порядок. За сорок років паливоекномність автомобілів зменшилася майже в 10 разів (із 20 до 2 літрів на 100 км шляху) (Вайцзеккер и др., 2000; Вайцзеккер 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. Наочним наслідком зазначених процесів, зокрема, є банкрутство всесвітньо відомої фірми «Кодак», яка понад ста років справно обслуговувала ринок фотоматеріалів.

Дуже переконливо про це явище сказав на Давоському міжнародному економічному форумі 2016 П'єр Нантерме: «Цифрові технології (digital) – це основна причина, через яку більше ніж половина компаній, що були в списку» Фортуна 500, «зникли звідти з 2000 року» (9 quotes, 2016).

Зниженню ресурсоемності сприяє і всебічне впровадження енергозбережних технологій на виробництві та в побуті.

Узагальнюючи сказане, можна виділити кілька напрямків розвитку економічних систем, що забезпечують зниження ресурсоемності їхнього функціонування:

- заходи щодо масштабного ресурсозбереження (наприклад, використання теплоізоляційних матеріалів і конструкцій у будівництві, застосування менш енергоємного обладнання та ін.);

- використання ресурсозбережних виробничих технологій;

- використання ефективних ресурсозбережних режимів роботи;

- використання природоохоронних технологій, що знижують екологічні наслідки і пов'язані з цим витрати.

Водночас необхідно зазначити, що не тільки останній, але і кожен із названих напрямів тією чи іншою мірою також пов'язаний зі зберіганням природи.

Використання нових матеріалів. Цілеспрямована зміна властивостей матеріалів є надзвичайно ефективним напрямком ресурсозбереження, адже дозволяє впливати на ресурсомісткість усієї економічної системи. Зокрема це дає можливість знижувати ресурсомісткість виробничих систем на трьох стадіях: під час виробництва вихідних ресурсів у виготовленні самого матеріалу і під час використання його в технічних системах.

Так, завдяки впровадженню волоконно-оптичного зв'язку (кварцове, скляне або полімерне волокно) вдалося підвищити

швидкість передавання 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. Він також має цілу низку інших істотних переваг (Бутов, 2003).

Крім того, що нові матеріали за їхніх незрівнянно вищих функціональних властивостей дозволяють замінити цілу низку дорогих і ресурсомістких (під час їхнього виробництва) матеріалів, вони, зазвичай, також значно (часто на порядки) знижують ресурсомісткість функцій, що виконують.

Зокрема теплоприплив під час передавання сигналів у каналах зв'язку з волоконних світлодіодів приблизно у 100 разів менший від теплоприпливу передавання сигналів по кабелях із нікелю (Оптическое, 2015).

Але і цим ресурсозбережні ефекти застосування нових матеріалів не обмежуються. Зазвичай спостерігається також ефект, обумовлений істотно меншою матеріаломісткістю та енергоємністю їхнього виробництва порівняно з матеріалами, які вони замінюють.

РОЗДІЛ 5 МАГІСТРАЛЬНИЙ ТРЕНД ІНФОРМАТИЗАЦІЇ РОЗВИТКУ ЕКОНОМІЧНИХ СИСТЕМ

5.1 Інформаційний вимір розвитку соціально-економічних систем

Одвіку матеріальне та інформаційне начала існують поруч у кожній точці світобудови. Матеріальне начало – це все те, з чого створений світ, що оточує людину і забезпечує рух предметів і явищ природи. Проте матеріальне не здатне існувати без інформаційного. Саме інформація забезпечує внутрішнє впорядкування предметів і явищ природи, а також спрямованість процесів руху матеріальних об'єктів.

Упродовж всієї історії свого існування людство займалося тим, що створювало *матеріальні* блага, видобуваючи і переробляючи не меншою мірою матеріальні природні ресурси. За допомогою створюваних *матеріальних* атрибутів існування людина забезпечувала собі прожиток, захищала тіло від холоду або спеки, ховалася від негоди, долала небезпеки, переміщувалася в просторі і координувала свої дії в часі. Так було завжди.

І раптом усталений порядок речей незбагненно став розмиватися. Навколо – наче ті самі, звичні, хоча і більш удосконалені предмети, що утворюють виробниче і життєве середовище людини (будівлі, інструменти, транспортні засоби тощо). Але все це раптом стрімко почало набувати небачених раніше властивостей, начебто знаходячи новий вимір. І в цьому вимірі почали все виразніше проявлятися контури інформаційної реальності.

Ще зовсім недавно головним у підвищенні добробуту людини було придбання будь-якого матеріального блага: одягу, житла, транспортного засобу, холодильника, телевізора, комп'ютера тощо. Це дозволяло людині реалізовувати свої потреби. Сам факт володіння цією річчю означав багато що, майже не потребує додаткових коментарів.

Згодом більш значну роль почали відігравати не самі речі, а їхні базові технічні параметри: наприклад, потужність двигуна автомобіля, розмір екрана телевізора, обсяг пам'яті комп'ютера, розмір житлової площі, матеріал, з якого пошитий одяг.

Дедалі очевиднішою ставала істина, що схожі предмети з різними інформаційними характеристиками по-різному реалізують потреби людей. Інакше кажучи, людину почали цікавити НЕ ТІЛЬКИ матеріальні атрибути, а і їхні *інформаційні* характеристики.

Ішов час, і ще недавно, здавалося б, вичерпні інформаційні параметри почали раптом втрачати свою інформативність, повідомляючи нам все менше про речі, а разом і про їхніх володарів. Парадокс, але на наших очах – *інформація* ставала все менш *інформативною*. З неї ми стали все менше дізнаватися про виробу.

Сьогодні ні в кого не викликає сумніву, що два товари, які формально не відрізняються один від одного своїми технічними параметрами, але виготовлені різними фірмами (скажімо, «Червоний скороход» і «Саламандра» або «Лада» і «Фольцваген»), так само несумісні, як розрізняються своїми розмірами Говерла та Еверест. Водночас порівнювані зразки можуть мати однакові габарити, форму та інші паспортні дані, що характеризують саме матеріальну складову товарів. Формалізуючи ситуацію, що склалася, можна зауважити, що людину вже цікавлять не стільки самі предмети і навіть не стільки їхні технічні параметри, скільки якість реалізації зазначених параметрів. Дуже влучно охарактеризував таке явище сатирик М. Жванецький, який завжди тонко відчував імпульс часу: «Загальним виглядом оволоділи – тепер подробиці не потрібно пропускати ...» А з цих подробиць і починається начебто новий простір економіки, який насправді можна назвати *інформаційним виміром інформаційного*.

Що ж існує такого магічного, що робить настільки різними два вироби, які зовні не відрізняються один від одного (тим паче, що вони можуть бути виготовлені з однакового матеріалу)? І ще більш дивним видається те, що ціни на них можуть різнитися на порядок(!). Людство вигадало містке поняття – *якість*, не дуже насправді замислюючись над його глибинним змістом. Побічно воно відображає зміст згаданого *інформаційного виміру інформаційного*, у якому розгортаються численні нематеріальні параметри і характеристики. Саме вони почали цікавити людей набагато більше, ніж матеріальні носії цих властивостей – придбані товари.

Звичайно, самі собою інформаційні критерії не нові. Вони завжди застосовувалися для характеристики вироблених матеріальних речей, якими люди користуються. Адже колір, склад матеріалу, об'ємні характеристики, тобто все те, що відрізняє один матеріальний об'єкт від іншого, – це інформаційні параметри. Матеріальний світ не може існувати без інформації. Саме вона визначає вигляд будь-якого предмета. Основні інформаційні характеристики вказують у технічних паспортах. Ці параметри і формують те, що може бути названо *інформаційним виміром матеріального*.

Але чому ж цих критеріїв стало не вистачати, щоб оцінити сутність предметів і явищ світу, які оточують людину? Так, тому, що різко зросли темпи життя людини. Навряд швидкість возу дозволить відчутти неідеальність форми його коліс у декілька міліметрів розбалансування діаметра. Швидкісний же автомобіль відчуває невідцентрованість коліс уже в частках міліметра. У літаку майже для будь-якої деталі двигуна похибка в частках мікрона може виявитися фатальною.

Отже, сьогодні затребуваним стає новий *рівень* сприйняття глибин самої інформаційної реальності. Він

передбачає надзвичайно складний і багатовимірний процес контролю за цілим комплексом сторін виробництва. Відповідність цього рівня не можна відобразити в жодному технічному паспорті.

Проте покупець безпомилково вгадує його в назвах фірм «Sony», «Bosch», «Nokia», «Adidas», «Mercedes», «IBM». Це вони, світові лідери сучасного виробництва, оволоділи мистецтвом проникнення на новий рівень простору, який умовно можна назвати *інформаційним виміром інформаційного*. Його відображає таке коротке за формою і настільки ємне за змістом поняття, як *якість*. У ньому першорядну роль починають відігравати вже частки міліметрів, міліграмів, мілісекунд, сотих градуса.

Секретами управління процесами в цьому новому вимірі мріють опанувати виробники, щоб досягти таких чарівних для серця споживача характеристик, як *надійність, довговічність, точність*. А, крім того, іще однією характеристикою, яка хоч і не має своїх точних критеріїв, зате її абсолютно точно вгадують мільйони покупців. Це поняття – *клас*.

5.2 Природничо-науковий і соціальний зміст інформації

Інформація нарівні з матерією є основою формування і розвитку природних і суспільних систем. Будь-яка з них має в собі як матеріальне, так і інформаційне начало, взаємообумовлюючи і взаємоформуючи одне одного.

Інформація відіграє вирішальну роль у формуванні властивостей відкритості і стаціонарності систем, що надзвичайно важливо для функціонування систем і забезпечення їхньої ефективності. Інформація також є ключовим чинником у забезпеченні синергетичних властивостей сис-

теми, які визначають здатність до узгодженої поведінки окремих елементів усередині самої системи, а також у відносинах системи на надсистемному рівні. Саме це обумовлює реалізацію зв'язків цієї системи з іншими системами.

У роботах вчених (Бриллюэн, 1960; Винер, 1958; Реймерс, 1990; Урсул, 1971; Шеннон и др., 1963; Эшби, 2009) сформульовані функціональні ознаки інформації:

- повідомлення;
- міра ймовірності та невизначеності;
- форма відображення;
- реальність, що формує матерію;
- програма розвитку;
- організаційне начало;
- природний ресурс;
- критерії відмінності;
- ступінь різноманітності;
- ступінь неоднорідності;
- вибір альтернативи;
- ступінь вибору;
- міра упорядкування.

Інформація може бути визначена як природна реальність, що має в собі характерні ознаки предметів і явищ природи, які проявляються в просторі і часі.

Інформація нематеріальна; вона не має двох головних ознак матеріальних предметів – заряду і маси. Однак носієм інформації є матеріальні об'єкти. Вона формується за допомогою закріплених пам'яттю системи різниць енергетичних потенціалів (між елементами всередині системи і між системою та зовнішнім середовищем). Вони визначають здатність системи змінюватися в просторі і часі.

Інформаційна реальність, маючи у своїй основі єдину сутнісну природу, розвинулася в масштабах нашої планети

у складний різноманітний світ, де провідним виконавцем є людина, що діє в межах суспільства.

На основі звичних понять і аналогій матеріального світу на рисунку 5.1 систематизовано основні функції інформаційної реальності.

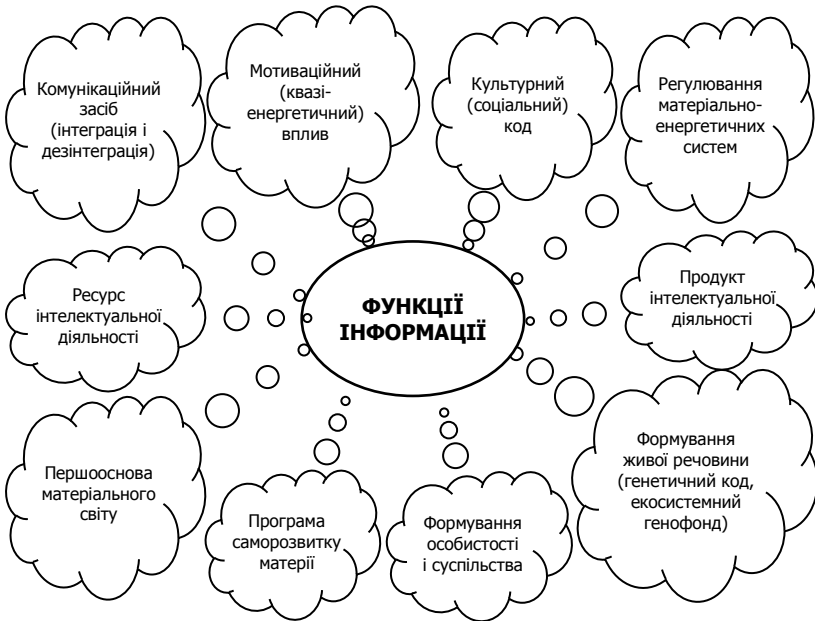


Рисунок 5.1 – Природні та соціально-економічні функції інформації

Людина отримує можливості абстрактного мислення (рефлексії). Отже, вона здатна формувати інформаційні образи, відірвані від реальної дійсності, тобто створювати «віртуальну реальність». Віднайдені людиною інформаційні образи виконують соціальні та економічні функції і відрізняються великим різноманіттям.

Назвемо лише деякі з них:

- емоції;
- знання;
- художні образи;
- ідеї;
- конструктивні принципи;
- технологічні рішення;
- ухвалені рішення;
- команди до дії.

Отже, використовуючи термінологію матеріального виробництва, можна зауважити, що інформаційна продукція може бути у формі *заготовок* (наприклад, зібраних і проаналізованих фактів), *напівфабрикатів* (ідей), *готових виробів* (інформаційних послуг, наприклад, консультацій) або «*інформаційних вузлів*» (художніх зразків) і *складних систем* (технологічних рішень).

І інформаційні ресурси, і інформаційні продукти можуть розглядатися як самостійні функції інформаційного начала. У деяких джерелах (Белл, 1999; Иноземцев, 1999) ці дві інформаційні сутності поділяються термінологічно: перша називається *інформацією*, друга – *знаннями*.

Згадані вище програми (зокрема плани розробок і комп'ютерні програми) є також одним із різновидів інформаційної продукції. У розвинених економічних системах будь-який продукт стає об'єктом купівлі-продажу. Інформаційна продукція не є винятком.

У ХХІ столітті програмний продукт перетворився на один із найбільш вигідних товарів, приносячи виробникам мільярдні прибутки. Споживачі платять ці гроші, розуміючи, що, тільки освоївши найбільш прогресивні види і засоби виробництва, вони зможуть різко підвищити ефективність. Це, зі свого боку, економічно надзвичайно вигідно.

5.3 Економічні основи інформаційної реальності

Для економічних систем кількість і якість одержаної, виробленої і переданої інформації є одним із ключових чинників їхнього функціонування і розвитку. Будь-яка економічна система або її окремі елементи: від транскордонних корпорацій і макроекономічних систем до окремих підприємств, їхніх виконавців, приватних домогосподарств та індивідуальних споживачів – повинні постійно приймати, переробляти і відтворювати значні обсяги інформації. Її кількість і якість обумовлюють успіхи чи неуспіхи в діяльності систем.

Логіка розвитку економічних систем свідчить про те, що в процесах їхнього функціонування роль інформаційної складової (порівняно з матеріально-енергетичною) постійно зростає. Зокрема частка витрат праці, матеріалів і енергії на виробництво і споживання інформації у структурі витрат на реалізацію економічних процесів постійно зростає. У самій же інформаційній компоненті все більшого значення набувають не кількісні, а якісні характеристики: достовірність, адекватність, повнота, релевантність, упорядкованість, своєчасність, цінність, адаптивність та ін.

Економічні функції інформації. Інформація все більше починає виконувати функції тих ключових компонентів економічної системи, які раніше виконували матеріальні активи. Серед них можна назвати:

- сировину;
- засіб праці;
- предмет праці;
- готову продукцію;
- засіб споживання;
- капітал (джерело отримання прибутку);

- товар (об’єкт купівлі-продажу);
- об’єкт власності;
- засіб захисту.

Причому значення інформаційних форм економічної системи і далі неухильно збільшується. Цьому сприяють певні обставини.

Можна виділити кілька груп чинників, що обумовлюють підвищення значення інформації в сучасній економіці.

Одним із найважливіших є прискорення темпів розвитку і зміни економічної кон’юнктури. Зокрема у другій половині XIX ст. середній період зміни технологій становив 50 років, у першій половині XX ст. – 15–30 років, у другій половині XX ст. – 5–10 років, на початку XXI ст. – 1–2 роки, а за низкою галузей – кілька місяців (Галица, 2009).

Але будь-які якісні економічні перетворення змушують повному відповідати на три ключові економічні питання: «Що робити?», «Як робити?», «Для кого виробляти?». Відповіді на них можна, лише зібравши і обробивши нові масиви економічної, соціальної і технічної інформації – своєрідної інформаційної «сировини».

Не менш важливим моментом є значне розширення технічних можливостей, які відкриває для виробництва підвищення інформаційного рівня технологій. Це дозволяє залучати у виробництво звичайні (а головне дешеві) матеріали в новій якості, у якій вони раніше не використовувалися (наприклад, кремній як вихідний матеріал використовують для виробництва комп’ютерів або оптичних волокон). Це дає можливість орієнтуватися не на ресурс (матеріальний чинник), а на його властивості і функції (інформаційні характеристики).

Ще однією обставиною є об’єктивна необхідність підвищення вимог саме до інформаційних характеристик (точності, надійності, довговічності тощо). Це відбувається через максимальні швидкості і режими роботи технічних систем.

Інформація як предмет праці. *Інформація* стає провідним предметом праці, тобто тим, до чого людина докладає свою працю в процесі виробництва продукції. Власне,

вона ним була завжди. Адже і форма, і властивості предметів праці, які під час виробництва змінює людина, є насамперед інформаційними характеристиками. Це не спало на думку доти, поки розміри оцінювалися в міліметрах і сантиметрах, провідною формою були прямокутник і циліндр, а виробленим виробам була уготована лише одна єдина функція використання.

Те, що зазначені інформаційні характеристики (зокрема форма, властивості, функції) стають провідними предметами праці, людство почало усвідомлювати, коли вагому роль почали відігравати: у розмірах – частки мікрона, у формах – конфігурації складної геометрії, у властивостях – здатність працювати в поза межних фізичних умовах, у споживчих характеристиках – багатofункціональність ... Саме тоді товаром почали ставати не матеріальні ресурси і вироби (цегла, цемент, сталь, автомобіль), а фізичні властивості і функції: точність, міцність, швидкодія, швидкість, надійність, якість, дизайн, ергономічність, що забезпечуються цими товарами (рис. 5.2). І саме тоді в побут увійшло ще недавно незвичне, а тепер зрозуміле всім сполучення: «співвідношення ціни і якості».



Рисунок 5.2. – Інформаційні характеристики продукції

Інформація як знаряддя праці. Інформація все більше перетворюється і на знаряддя праці. Сьогодні інформаційні системи є невід’ємною частиною практично всіх основних фондів. Те, що інформація є ключовим компонентом обчислювальних машин і вимірювальних приладів, очевидно, і не вимагає додаткових коментарів. Але інформація виконує надзвичайно важливу (а часом і провідну) роль у функціонуванні інших елементів основних фондів: машин, обладнання, інструментів, пристосувань, транспорту, передавальних пристроїв. Навіть в утриманні будівель і споруд роль інформації стає все більш відчутною.

Інформаційні системи все повніше забезпечують необхідний режим їхнього функціонування (вологість, температуру, склад повітря та інші фізичні характеристики). 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.

Ще більше в засобах виробництва зростає роль інформації під час формування «розумних» виробничих систем, «Інтернету речей» і безпілотних транспортних засобів.

У 2019 р. кількість промислових роботів у світі зросла до 2,5 мільйона штук. У середньому за рік їхня кількість збільшується на 15 %. А в найближчі п’ять років ця кількість щороку зростатиме на 16 %. Загалом обсяг світового ринку промислових роботів оцінюють у 2020 році на рівні близько 45 млрд доларів США (Бойко, 2019).

За функціями роботів поділяють на різні групи: фрезерні, різальні, обробні, фарбувальні, роздаткові (розливні), складальні, розбірні, паяльні, зварювальні та інші.

За кількістю роботів на 10 000 працівників із великим відривом лідирують дві азіатські країни: Південна Корея і

Сингапур. У першій – цей показник перевищує 700, а в другій він наближається до цієї цифри. З показником понад 300 робіт на 10 000 працівників йдуть США, Тайвань і низка європейських країн (Швеція, Данія, Бельгія, Нідерланди, Австрія, Іспанія, Словенія). У межах 100–150 мають показники Фінляндія, Франція, Швейцарія, Республіка Чехія, а також Китай. Відзначається, що більшість країн йде зі значним випередженням (у низці випадків – у рази) раніше зроблених прогнозів (Бойко, 2019; Митрофанов, 2019; Сальник, 2020).

Інформація як товар. Товари є сполучними ланками між виробниками і споживачами. Із синергетичного погляду саме за допомогою інформації підприємства обмінюються із зовнішнім середовищем (постачальниками і споживачами) речовиною, енергією та інформацією, здійснюючи виробничий метаболізм.

Для соціально-економічної системи товари є також носіями інформаційних сигналів, за допомогою яких приводяться в рух трансформаційні процеси в суспільстві – виникають одні галузі, сфери діяльності, професії, соціальні групи, і починають відмирати інші. Після цього відбувається зміна способу життя людей. Змінюються умови їхнього життя, пересування, зв'язку, види занять і розваг, галузі знань, навички, інше. Зазвичай, спостерігаючи за зміною пріоритетних видів товарів, можна оцінити і загальний характер прийдешніх трансформаційних процесів суспільного життя загалом.

Якщо на початку ХХ століття в економіці США домінували підприємства, які виробляли або транспортували матеріальні вироби, то на початку ХХІ ст. більше половини успішних підприємств виробляють інформаційний продукт. Варто зазначити, що основу багатства всіх десяти найбільш заможних людей планети становлять саме інформаційні види бізнесу (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 – Перша десятка найбагатших людей планети та основа їхнього бізнесу (Топ-10, 2020)

Ім'я	Основа бізнесу
1 Джефф Безос	Інтернет-компанія, аерокосмічна компанія, видавництво
2 Бернас Арно	Архітектура, модельний бізнес, спорт, парфумерія, напої
3 Білл Гейтс	Програмний продукт; серверне обладнання; співзасновник компанії Microsoft
4 Уоррен Баффетт	Програмний продукт; серверне обладнання; співзасновник компанії Microsoft
5 Марк Цукерберг	Інтернет-технології, створення соціальної мережі, засновник Facebook
6 Анас Ортега	Торговельний і фінансовий бізнес, готельний і туристичний бізнес, модельний бізнес, спорт
7 Ларрі Еллісон	Програмний продукт; серверне обладнання
8 Карлос Слім	Інфраструктурні проекти, інформаційно-комунікаційні технології, енергетика
9 Ларрі Пейдж	Інтернет-технології, співрозробник і співзасновник пошукової системи Google
10 Сергій Брін	Обчислювальна техніка, інформаційні технології, економіка, співрозробник і співзасновник пошукової системи Google

Цифри і факти

Можна навести й інші дані, що показують роль інформаційного бізнесу в розвитку світової економіки. На 2019 рік обсяг експорту послуг, що надають із використанням цифрових технологій, досяг майже 3 трлн дол. США. Це становило 50 % світового експорту послуг. Із 2005 р. експорт згаданих послуг інформаційного бізнесу зріс більш ніж утричі (Доклад, 2019).

Цифрові платформи, на яких будують бізнес, відіграють все більш вагомую роль у роботі підприємств. У 2018 році обсяг ринкової капіталізації компаній, основу роботи яких становлять цифрові платформи, перевищив 7 трлн дол. США. Водночас варто зазначити колосальний прогрес у їхньому розвитку. Лише за два останні роки згаданий показник зріс на 67 % (Доклад, 2019).

За рівнем капіталізації на 2020 рік у першу сімку корпорацій-лідерів входять компанії, бізнес яких заснований на використанні інформаційних технологій: Microsoft, Apple, Amazon, Alphabet, Berkshire Hathaway, Facebook, Alibaba. Зокрема вартість акцій

кожної з перших двох компаній перевищила 1 трлн доларів США, а вартість акцій Amazon наблизилася до цього показника (Бондаренко, 2019; Капіталізація, 2019).

Значного прогресу досяг ІТ-сектор в Україні:

- ІТ посідає третє місце за обсягом експорту послуг із часткою 20 % усього українського сервісного експорту;
- щорічно ІТ-сфера зростає на 25 %;
- на ринку працює близько 1 600 сервісних ІТ-компаній;
- кількість ІТ-фахівців у 2019 році досягла 200 тисяч;
- доходи в ІТ-сфері за оцінками експертів у 2019 році становили 5 млрд доларів США;
- дві українські ІТ-компанії перевалили за позначку в 7 000 фахівців;
- відразу 18 ІТ-компаній з офісами в Україні потрапили у 100 найкращих аутсорсерів світу (Яровая, 2019).

Більшість ІТ-фахівців працюють у Києві (68 500), Харкові (23 500), Львові (20 000), Дніпрі (12 000), Одесі (10 000). Українські ІТ-компанії почали також працювати за кордоном: у Малазі, Берліні, Варшаві, Кракові, Торонто, Турині, Лондоні, Бухаресті, Ейндховені, Чикаго та інших містах (Яровая, 2019).

Понад 60 % усіх згаданих фахівців працевлаштовані в аутсорсингових ІТ-компаніях. Українські аутсорсери співпрацюють переважно з компаніями із США (81 % всіх клієнтів). Серед основних замовників українських аутсорсерів такі компанії: Cisco, IBM, Atlassian, Travelport, OpenText, Fluke Corporation та інші (Яровая, 2019).

ІТ-сектор найбільш швидко зростає. За останні п'ять років (на початок 2020 року) частка галузі у ВВП країни зросла з 0,5 % до 4,5 %. Сума сплачуваних сектором податків щорічно збільшується на 27 % (Григоренко, 2019). Країна входить у 25 найбільших експортерів інтелектуаль-

ного продукту. 70 % експорту становить розроблення програмного продукту на замовлення (Ищенко, 2019).

5.4 Соціально-економічні тренди під час переходу до інформаційного суспільства

Загальною рисою будь-яких товарів є те, що їх створюють із метою продажу та отримання прибутку. Не є винятком і інформаційні товари. Специфіка ж таких товарів полягає в тому, що під час їхнього виробництва та використання (споживанні) провідну роль відіграє інформація.

Природа, зміст і форми реалізації продукції під умовною назвою «інформаційні товари» настільки різноманітні, що важко навіть перелічити всі їхні можливі прояви. Будь-які підходи до ідентифікації та оцінювання таких товарів мають вельми умовний характер. Пам'ятаючи про це, спробуємо охарактеризувати чинники, що визначають зміст інформаційних товарів, і схематично класифікувати їх за можливими ознаками.

За формою сутнісної природи інформаційні товари можуть розділятися на дві групи: матеріальні (матеріалізовані) і нематеріальні.

Матеріальні продукти реалізуються в матеріальній формі. Їхня «інформаційність» обумовлена пріоритетною роллю інформації під час виробництва або використання продукції.

Наприклад, інформація може бути провідним чинником у виробництві, відіграючи роль «сировини» та/або провідного виробничого чинника (наприклад, праці вчених). До таких товарів належать наукоємні вироби, продукти генної інженерії тощо. Іншою формою матеріалізованих товарів є продукція, призначена для збирання, зберігання, перероблення і тиражування інформації.

Прикладами можуть служити: комп'ютерна техніка з усім різноманіттям допоміжного обладнання та комплектування, що містять у собі пристрої, прилади, аналізатори, датчики, розмножувальну техніку та багато іншого.

Нематеріальні товари реалізуються в нематеріальній формі, само собою, за допомогою матеріальних носіїв інформації (паперу, магнітних носіїв тощо). Прикладами можуть бути різні права на продукцію інтелектуальної або художньої діяльності (зокрема науки, культури, освіти, мистецтва) – комп'ютерні програми, технології, художні твори.

За функціями, що виконують в економічній системі, інформаційні товари поділяють на дві групи: засоби виробництва і предмети споживання.

Засоби виробництва, зі свого боку, можуть відрізнятися функціями, які виконують у виробничому циклі. Зокрема інформаційні товари можуть виконувати роль:

- сировини (бази даних, статистична та аналітична інформація, експертні оцінки та ін.);

- засобів праці (комп'ютерні програми, технологічні рішення, управлінські технології тощо); зокрема інформація може виконувати роль навіть «робочого тіла» в разі впливу на матеріальні об'єкти (такими, наприклад, є засоби захисту, зокрема антивірусні комп'ютерні програми, засоби відлякування комах тощо);

- предметів праці або напівфабрикатів (генетична інформація, рукописи і варіанти художніх творів та ін.);

- продуктів праці (поради, рекомендації, інформаційні послуги посередників та ін.);

- комунікаційних засобів (наприклад, засобів зв'язку);

- трудових чинників (знань, навичок, світогляду, переконань, умінь працювати в команді тощо).

Предмети споживання можуть розрізнятися за призначенням використання в суспільстві. За сферами можливого застосування можна виділити такі групи товарів:

- виробничого призначення (наприклад, довідники для ведення підсобного господарства, допоміжні матеріали для самопідготовки та ін.);

- побутового призначення (наприклад, системи регулювання вологості або температури);

- екологічного призначення (моніторингові системи);

- засоби відтворення стану людини як біологічного організму (рекреаційні послуги та інвентар);

- засоби задоволення соціальних потреб людини (культурні і мистецькі твори, туристичні, культурні та спортивні послуги, видовища та ін.);

- засоби формування особистісних властивостей людини (освіта, тренінг та ін.);

- засоби виконання суспільно обумовлених функцій (законодавство, державне і територіальне управління, соціальний захист тощо.).

За об'єктами впливу, тобто об'єктами, на які впливають інформаційні продукти, останні поділяють на групи товарів, що здійснюють:

- вплив на людину (освітні технології, послуги, твори мистецтва та ін.);

- вплив на живу матерію поза людиною (генна інженерія, технології сільського та лісового господарства та ін.);

- вплив на неживу матерію (наукоємні засоби виробництва);

- вплив на нематеріальну реальність (комп'ютерні програми, технології збирання та оброблення даних тощо).

За ступенем закінченості циклу розвитку інформаційні продукти можуть бути диференційовані на дві групи:

– товари закінченого циклу розвитку (комп'ютери, обладнання, прилади, друкована продукція, монументальні твори та ін.);

– товари, здатні до саморозвитку без безпосередньої участі людей, які їх створили (виведені людиною біологічні сутності: породи тварин, сорти рослин, штами мікроорганізмів; деякі види комп'ютерних програм, наприклад, комп'ютерні віруси; у перспективі – робочі моделі штучного інтелекту, роботи, що саморозвиваються).

Щодо інформаційної реальності товари умовно можна поділити на такі групи:

– товари, що матеріалізують інформацію (наукоємні вироби і послуги);

– товари, що призначені для впливу на інформацію (комп'ютери, пристрої, що запам'ятовують);

– товари, що використовують інформацію у виробництві як «робоче тіло» (генна інженерія, освітні технології);

– товари, що використовують інформацію як предмет споживання (туризм, парфумерія);

– товари, що самі є інформацією (комп'ютерні програми, віртуальні послуги).

Специфіка інформаційних товарів стає зрозумілішою під час детальнішого ознайомлення з деякими видами інформаційної продукції.

Види інформаційних товарів. У 2000 році людство перейшло не тільки рубіж між двома тисячоліттями. Це стало віховою подією також і в економіці. Обсяг продажів інтелектуального продукту у світовій торгівлі зрівнявся з вартістю матеріальної товарної маси. Зараз частка інформаційних товарів ще вище, адже роль інформації навіть у

виготовленні товарів, що мають матеріальну форму, підвищується з кожним роком. За деякими оцінками витрати на інформацію ще на рубежі тисячоліть становили три чверті від доданої вартості виготовленої продукції (Дятлов и др., 2008; Социально-экономические, 2010). У новій економіці все більше продають і купують не речовини та енергію, а інформацію, сконцентровану знанням і працею людини у виробках і послугах.

Повний список таких товарів, мабуть, зайняв би сотні сторінок. До нього увійшли б наукоємні промислові вироботи (авіаційно-космічна техніка, прилади, хімічні реактиви, будівельні матеріали, зразки одягу, елементи інтер'єру, фармацевтичні препарати, парфумерна продукція, засоби оброблення інформації та зв'язку, твори культури і мистецтва, освітні технології та багато іншого). На рисунку 5.3 подані лише деякі зі значного спектра інформаційних товарів.



Рисунок 5.3 – Деякі види інформаційних товарів

Наведені види виробів є своєрідними лідерами на ринках інформаційних товарів в останнє десятиліття і своєю самобутністю відрізняються від звичних людині виробів і послуг індустріальної епохи. Наведений список можна істотно доповнити інформаційними продуктами, які існували протягом практично всієї соціальної історії людства, але лише сьогодні стрімко набувають властивості товарів. Вони активно продаються і купуються, маючи свої ринкові ніші і налагоджену систему ціноутворення. Їх виробництво і реалізація супроводжуються жорсткою (часом дуже жорстокою) конкурентною боротьбою з її неминучими перемогами і поразками.

До таких видів продукції можна віднести послуги:

- освіти;
- медицини;
- мистецтва;
- культури;
- шоу-бізнесу;
- туризму;
- спорту;
- рекреації;
- архітектури;
- адвокатури;
- політики і багато іншого.

З видів обслуговочої діяльності у виробництві і розподілі матеріальних благ ці види послуг стають основними групами найбільш споживаних товарів. Це знакове явище. У людині-споживачеві пальма першості переходить від матеріальної сутності «біо» до інформаційної (особистісної) людини «соціо».

5.5 Інформаційні вектори трансформації економіки і бізнесу

Процес освоєння нового інформаційного простору не обмежується сферою виробництва і споживання продукції. Це надзвичайно складне явище суспільного життя, що зачіпає і змінює весь комплекс суспільних зв'язків, виробничих відносин, базових засад, поведінкових принципів, стилю життя людей. Перехід до інформаційних товарів і послуг змушує докорінно трансформувати і соціально-економічні відносини, які є основою формування суспільства.

Властивості інформації взагалі змінюють усі усталені уявлення про соціально-економічні інститути, які століттями трималися на матеріальності засобів виробництва. Відома з часів Ломоносова колекція афоризмів щодо цього: «Якщо чогось десь убуде, то в іншому місці обов'язково додасться», «Нічого нізвідкіля не береться і нікуди не зникає тощо – доповнена вже у XX столітті Б. Коммонером – «Все повинно кудись діватися» (Коммонер, 1974).

Нормальними прикладними наслідками закону про збереження матерії для економіки завжди були: «за все треба платити», «кожна вироблена одиниця продукції потребує витрат матеріалів і енергії», «при продажу будь-якого товару він відчувається від продавця і передається покупцеві». Однак згаданий закон перестає діяти щодо товарів, основу яких становить інформація, унаслідок їхньої нематеріальності.

Властивості інформаційних активів. Інформаційні засоби порівняно з їхніми матеріальними аналогами мають безпрецедентні властивості.

Будь-якою комп'ютерною програмою, конструкторською ідеєю або технологічним «ноу-хау» одночасно можуть скористатися всі мешканці Землі.

Поява кожної з тиражованих програм не означає зникнення «десь чогось» (у розумінні матеріально-енерге-

тичної субстанції); копії програм виникають начеб із нічого легким натисканням кнопки.

Скільки не продавай програмну або відеопродукцію, її у продавця не убуває.

Покупець, ледь придбавши інформаційний товар, водночас отримує технічну можливість самому тиражувати його, а отже, і продавати.

Інформаційні продукти (на відміну від матеріальних товарів) не споживаються, а використовуються – адже їх не можна «спожити» (у значенні використати без залишку); скільки їх не використовуй, менше не стає.

Інформаційні продукти фізично не зношуються (на відміну від їхніх матеріальних носіїв); вони можуть зношуватися лише морально, зокрема, застарівати.

Розвиток будь-якої відкритої стаціонарної системи відбувається в процесі взаємозв'язку і вирішення суперечностей між двома процесами, що відбуваються в системі, – зменшення рівня її упорядкування (виробництва ентропії) і підвищення її впорядкування (відведення ентропії).

Провідна роль у цій безперервній гонці творення і руйнування належить інформації. Виграють системи, здатні краще накопичувати та закріплювати інформацію. Власне прогрес і є збільшенням ступеня інформативності систем.

Наведені приклади переконливо підтверджують той факт, що в сучасному світі інформаційні чинники стають основою суспільного виробництва, посідаючи провідні позиції в усіх ключових компонентах економічної системи і бізнесу.

Інформація стає основою засобів виробництва, обумовлюючи хід виробничих процесів, контролюючи основні його етапи та компоненти, забезпечуючи життя і діяльність самої людини на виробництві і в побуті. Інформація все більше посідає місце предметів праці, бо в провідних краї-

нах частка витрат, пов'язаних з інформаційними чинниками, становить більше половини загальних виробничих витрат. І, нарешті, згадана продукція все більше набуває форми товару, який продається і купується.

5.6 Еволюція інформаційного змісту економічних чинників у соціально-економічних трансформаціях

Принципово нові властивості засобів виробництва і товарів не можуть не змінювати характер традиційних економічних відносин, основою яких століттями залишалася матеріальність компонентів господарської системи, а також фізичні й економічні закономірності та принципи, що випливають із цього. Закладені в основу інформаційної економіки компоненти виробничої системи мають зовсім іншу природу реалізації. Це вимагає докорінного перегляду ключових принципів організації суспільного життя. Детальний аналіз можливих змін – предмет окремого дослідження. У таблиці 5.2 ми лише схематично позначимо контури тенденцій, що намітилися (назви видів трансформацій умовні).

Таблиця 5.2 – Тенденції соціально-економічних трансформацій під час переходу до інформаційного суспільства

Вид трансформації	Короткий зміст
1	2
Гуманітарна	Від пріоритету людини «трудо» до пріоритету людини «соціо»
Технологічна	Від технологій, заснованих на матеріальних засобах виробництва, до технологій, заснованих на інформації

Продовження таблиці 5.2

1	2
Просторово-часової концентрації виробничих чинників	Від концентрації виробничих чинників у просторі до їхньої концентрації в часі з розосередженням у просторі
Виробничого середовища	Від централізованого колективного середовища до децентралізованих робочих місць
Трудова	Від переважання економічно необхідної праці до переважання творчої діяльності
Форми мотивації праці	Від пріоритету мотивації, заснованої на економічному примусі, до пріоритету мотивації, заснованої на соціально-психологічному впливі
Економічних відносин	Від відносин, заснованих на економічних угодах, до відносин, заснованих на інформаційному контролі
Комунікаційна	Від передання(транспортування) переважно матеріальних субстанцій до передання переважно інформаційних чинників
Споживання	Від пріоритету споживання матеріальних продуктів до пріоритету споживання інформаційних благ
Охорони здоров'я	Від корекції стану організму через вплив на матеріальні субстанції до контролю інформаційної системи організму
Середовища проживання	Від урбанізованих поселень до формування життєблагодатних комплексів
Економічної парадигми	Від «ковбойської економіки» (необмежених ресурсів і відкритого простору) до «економіки космонавтів» (обмежених ресурсів і замкненого простору)
Політична	Від урядування власників засобів виробництва до урядування інтелектуальної еліти (здатної контролювати інформацію)
Соціальна	Від субрегіональної соціальної організації до глобальної соціальної організації
Культурна	Від етноцентричного розвитку культур до ейкуменістичного розвитку культур
Освітня	Від навчання знанням до навчання навичкам самонавчання

Продовження таблиці 5.2

1	2
Менталітету	Від пріоритету лінійного мислення до пріоритету нелінійного мислення
Конкурентної стратегії	Від прямої конкуренції на ринках товарів до суперництва за залучення коштів і уваги споживачів
Переважаючої мотивації в суспільстві	Від пріоритету негативної мотивації до пріоритету позитивної мотивації
Соціальної пам'яті	Від локальних систем пам'яті до формування єдиної глобальної системи соціальної пам'яті («хмари»)
Менеджменту	Від спеціалізованих функцій менеджменту до індивідуального самоуправління
Соціального регулювання	Від централізовано-ієрархічного управління до децентралізованого «екосистемного» (мережевого) регулювання

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.

Сьогодні ще зберігаються атрибути, які утримують каркас підвалин нинішнього суспільства – матеріальні засоби виробництва, матеріальні блага, матеріальні засоби захисту суспільних підвалин. Це вони зберігають соціальний «генетичний» код, тобто інформаційну програму, за якою живе суспільство матеріалізованої культури. Але ця захисна «огорожа» стрімко тане, як розмивається під час весняної повені дамба, що зберігає спокій долини, яка живе повнокровним життям.

На відміну від верстатів або інструментів, інформаційні засоби виробництва (наукові ідеї, принципи, ноу-хау та ін.) не можна оточити парканом, закрити на замок, пок-

ласти в сейф – вони у всіх на виду, і все менше залишається «парканів» для їхнього безперешкодного тиражування. Все менше надії на технічно витончені численні ступені захисту програм, кредитних карток, документів, товарних знаків. І чим ілюзорніше надії на матеріальні засоби захисту та інформаційні коди, що розділяють праведників і грішників, тим виразніше розуміння істини, що існує лише одна мембрана, яка розділяє цілі творіння і руйнування – це етичні засади не лише окремої людини, а людства загалом.

РОЗДІЛ 6

СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИЙ ТРЕНД ЦИФРОВІЗАЦІЇ ГОСПОДАРСЬКИХ СИСТЕМ¹

6.1 Технологічні основи цифровізації соціально-економічних систем

У ХХІ столітті в життя людини увірвалися нові поняття: «цифра», «цифровий», «цифровізація», «цифрова економіка», «цифрове суспільство». Власне термін «цифра» і «цифровий» існували і раніше у вузькій сфері математичних понять. Проте з настанням Четвертої промислової революції вони з блискавичною швидкістю почали захоплювати нові технічні та соціальні галузі знань і видів діяльності, знаменуючи перехід до нового суспільства, побудованого на інформації та інформаційних технологіях.

У вузькому розумінні *цифровізація* означає процес переходу від аналогового до цифрового методу запису і передавання інформації.

За *аналогового* методу інформацію записують і передають, по-перше, у *цілісному* вигляді, а по-друге, вона максимально наближена до оригіналу. Звідси і назва методу: копію відтворюють *аналогічно* до оригіналу. Наприклад, колір через систему технічних і хімічних засобів передається на копію у вигляді, наближеному до кольору оригіналу. Те ж саме можна зауважити про інші види інформації: звук, фізичні параметри, хімічні характеристики, форму тощо.

¹ Розділ підготовлений у співавторстві з О. І. Карінцевою, О.В. Кубатко та І. М. Сотник.

Цифровий метод відрізняється від аналогового двома суттєвими рисами. По-перше, інформаційна картинка передається на копію не в цілісному вигляді, а *дискретно*, тобто розділеною на окремі фрагменти. По-друге, передавання інформації не імітує оригінал, а здійснюється через ланцюжок цифр, у якому закодована первинна інформація про оригінальний об'єкт або явище. Звідси і назва методу – цифровий (англійською – digital).

Виявляється, що будь-які види інформації можна транслювати комбінаціями лише двох цифр: 0 (нуля) або 1 (одиниці). Саме так можна передавати не тільки літери або числа, але також і інші види інформації, зокрема параметри інтенсивності світла, спектральні характеристики кольорів, звукові коливання, фізичні параметри і хімічні характеристики. Така фіксація і трансляція інформації ланцюжком із двох цифр є доречною ще і через те, що кількість самої інформації вимірюється такою самою послідовністю цифр: нулів і одиниць.

Перехід на цифрову систему інформації почався у світі з 1990-х років. До кінця 1980-х років переважна більшість інформації фіксувалася і зберігалася в аналоговій (тобто безперервній) формі. Такими були малюнки, фото- та кіноматеріали, друкована продукція. І тільки 1 % світової інформації зберігалася у цифровій формі. 2002 рік став переломним, коли кількість аналогової і цифрової форм інформації, що зберігається людством, зрівнялася. У 2007 році кількість цифрової інформації вже досягла 94 %, а у 2014 році стала переважною (99 %).

Перехід на нову – цифрову систему запису інформації дає суттєві переваги і створює значні можливості в розвитку економіки.

Перше. Відцифрована (тобто розібрана на окремі *нули* та *одиниці*) інформація про будь-який предмет або явище може зберігатися без погіршення у вигляді цифр безкі-

нечно довго. Водночас її якість буде набагато кращою, ніж під час фіксації і зберігання за аналоговим методом. Наприклад, коли зберігаються фото- чи кінодокументи, їхній стан із часом погіршується. Послідовність же цифр погіршитися не може навіть теоретично: «нуль» завжди залишається «нулем», а одиниця «одиницею».

Картина про будь-який предмет (тобто узагальнена інформація про нього) може бути легко розібрана на цифри, а потім у будь-який момент знов зібрана в цілісну картину, на якій буде зображення оригіналу.

Друге. Стають непотрібними величезні суми грошей, які ще недавно були необхідними для оброблення і зберігання інформації аналоговими методами. Величезна купа обладнання та хімічних реактивів стає зайвою лише в разі оброблення інформації фото- і кіноматеріалів! Без усього цього було неможливе проявлення, друк і зберігання матеріалів. З переходом на *цифру* зникли як непотрібні сотні заводів і цехів, які виготовляли згадане знаряддя та хімію.

У це важко повірити! Збанкрутіла відома на весь світ компанія «Кодак», що понад ста років займалася виробництвом фото-матеріалів. Зараз її продукція стала геть нікому не потрібною.

Сьогодні можна без зайвого клопоту миттєво отримати на своєму мобільнику (не потрібно спеціальних коштовних апаратів) фото чи відео будь-якого об'єкта або події. Ще за кілька миттєвостей ми можемо передати отримане зображення в будь-який куточок Землі. Раніше на оброблення цих матеріалів знадобилися б дні і чималі кошти. А потім іще тижні посилка з фото могла йти адресату поштою. До речі, і тисячі одиниць готових фото чи відеоматеріалів зберігаються зараз не в об'ємних картотеках чи архівах, як колись, а на маленькій флешці (USB), яка легко поміщається в нас у кишені.

Третє. Перехід на цифру фактично зробив реальною телепортацію (тобто миттєве пересування в просторі на великі відстані) різних предметів: наприклад, друкованих матеріалів і навіть об'ємних об'єктів.

Звісно, переміщуються не самі оригінали, а їхні цифрові копії-клони. Вони, однак, повторюють ключові риси оригіналу, необхідні для виконання ними його функцій за місцем призначення.

Сьогодні завдяки цифрі ми миттєво отримуємо на свій мобільний пристрій залізничний квиток, за яким нещодавно доводилося вистояти у великих чергах на вокзалі. Та ж така цифра (тобто чорно-білий малюночок із візерунками у квадратику) дає гарантію, що цей квиток неможливо підробити. І, нарешті, знов-таки завдяки цифрі ми переказуємо гроші за квиток із свого банківського рахунку, де вони зберігаються, також у цифровій формі.

Цифра робить можливим те, що ще недавно ми не могли навіть уявити, зокрема миттєве переміщення у просторі *об'ємних предметів*. Американці передали за кілька хвилин на космічну станцію гайковий ключ, який там терміново знадобився.

Звісно, насправді передавався не сам ключ, а його інформаційний образ, комп'ютерна програма – *цифра* – за якою 3D-принтер вже на самій космічній станції надрукував у матеріальному вигляді необхідний ключ. У руслі сказаного необхідно відзначити одну важливу деталь. Реалізація зазначених дій можлива лише за умов використання двох обов'язкових предметів – *комп'ютера* і *принтера*. Перший кодує інформаційні образи реальних об'єктів, тобто перетворює їх на ланцюжки цифр і програм. А другий – декодує, тобто відтворює знову реальні предмети за їхніми інформаційними образами (цифрою). Без сучасних комп'ютерів, здатних запам'ятовувати величезні послідов-

ності цифр (0 та 1), впровадження цифрової мови взагалі було б неможливим.

Четверте. Нову (цифрову) мову розуміють машини, які легко зчитують і запам'ятовують довгі ланцюжки цифр. Проте для цього їм необхідні були комп'ютерні пристрої. Навряд чи нас сьогодні вже здивує той факт, що машини здатні виконувати команди людей, хоч ті й можуть віддавати їх на великій відстані. Але (це вже диво!) машини і навіть окремі речі почали через інтернет спілкуватися між собою вже без участі самих людей. Люди назвали це *Інтернетом речей*.

Почав швидко розвиватися штучний інтелект, на основі якого машини утворюють цілі «розумні» мережі. І, на решті, виникла «Хмара», яка здатна запам'ятовувати величезні обсяги всіх цифрових потоків інформації і керувати ними. Насправді ж «Хмарою» називають мережі суперкомп'ютерів і великих баз даних.

П'яте. Процес зберігання інформації є лише початковим етапом революційних змін у всьому суспільстві. Він дав поштовх цифровізації різних сфер діяльності людини. Електронні (тобто цифрові) підписи і печатки замінюють оригінали. Уже сьогодні ми маємо можливість засвідчити свою згоду на документі за тисячі кілометрів від самого документа. Втім і сам документ уже не той, до якого ми звикли, адже він фіксується не на папері, а в цифрі, тобто в електронному вигляді.

Шосте. Люди отримують можливість вибрати і замовити необхідну річ, не виходячи зі своєї кімнати, – за цифровим зображенням потенційної покупки. Скоро споживачі зможуть взагалі самі друкувати її на власному 3D-принтері. У багатьох містах відкрилися віртуальні музеї, де можна ознайомитися з усіма світовими художніми шедеврами. Вони тут репрезентовані у відцифрованому вигляді.

Сьоме. У різних куточках світу сотнями виникають віртуальні підприємства, які об'єднують одночасно виробників із різних країн. Це стало можливим через те, що предметом праці є інформація. Свою продукцію виконавці процесу виготовляють у цифровому вигляді. А цифра не знає кордонів.

Уже реальністю стало те, що люди, не виходячи зі своїх помешкань, беруть участь у різних голосуваннях, знайомляться зі справами у місцевих або центральних органах влади, контролюють процеси витрачання ними коштів, переглядають свої банківські рахунки та роблять грошові перекази. Все це – не рушачи з місця! І все це – завдяки *цифрі*, точніше цифровізації процесу запису інформації.

6.2 Соціально-економічний контекст процесів цифровізації

У широкому розумінні *цифровізація* (діджиталізація – digitalization) означає процес трансформації господарських систем, за якого зростає використання цифрових (інформаційно-комунікаційних) технологій у господарській діяльності як окремих домогосподарств і підприємств, так і національної економіки загалом. Зазначену трансформацію можна також назвати переходом до «цифрової економіки». Як своєрідні синоніми «цифрової економіки» вживають також терміни: «нова економіка» (new economy), «е-економіка» (e-economy), «мережева економіка» (network economy) та ін.

У першому наближенні «*цифрову економіку*» можна визначити як господарську систему, засновану на домінантному застосуванні цифрових технологій.

Зокрема, *цифровими технологіями* вважають такі технології, в основі яких лежить оброблення інформації.

Дж. Гармон (J. Harmon), проте, вносить у визначення більш чіткої критерій. Цифровими він вважає технології, які використовують інформацію у формі числового коду (numeric code) (Harmon, 2018).

Цифрові технології виконують надзвичайно важливу функцію. Вони формують віртуальну (інформаційну) копію фізичного (матеріального) об'єкта, що дає змогу керувати ходом матеріальних процесів через віртуальний простір, зокрема через електронні пристрої і інтернет.

Сьогодні дослідники виділяють кілька ключових напрямів розвитку цифрових технологій, а саме (Чеботарєв, 2020; Digital Economy, 2019; The Economics, 2013):

- штучний інтелект і машинне навчання;
- технології ідентифікації;
- великі бази даних;
- блокчейн і криптовалюти;
- доповнену і віртуальну реальність;
- Інтернет речей, роботизацію та кіберсистеми;
- комп'ютерний зір і машинну сенсоріку;
- нейромережі;
- кібербезпеку;
- адитивні методи на основі 3D-принтерів;
- хмарні технології.

Прихід Четвертої промислової революції (Industry 4.0) створює можливості для значного розширення арсеналу цифрових технологій.

Цифровізація є динамічним процесом, який розвивається в часі. У ньому постійно мають змінюватися цілі й завдання трансформації соціально-економічних систем, чередуватися групи трендів соціально-економічного розвитку (рис. 6.1).



Рисунок 6.1 – Ключові тренди цифровізації господарства України (Україна 2030 Е, 2020)

Варто зазначити, що цифрова економіка – це не якась окрема господарська галузь, а нова модель економіки, побудована на принципово інших технологічних методах і суспільних засадах.

Можна зауважити, що процес цифровізації господарства відбувається по всій глибині секторів національної економіки, зокрема в енергетиці, промисловості, будівництві, транспорті, зв'язку, агропромисловому комплексі, освіті, медицині тощо.

Як будь-яке складне багатогранне явище цифрова економіка відзначається різними вимірами своєї реалізації: технологічним, економічним, соціальним, політичним та ін. На рисунку 6.2 нами подані лише основні риси, що характеризують цифрову економіку в зазначених вимірах.

Важливу роль у розвитку цифровізації відіграє *цифрова інфраструктура*.

Цифрова інфраструктура – комплекс (сполучення) матеріальних засобів та інформаційних продуктів, що за-

безпечують обчислювальні, телекомунікаційні та мережеві процеси функціонування цифрових технологій. Компоненти цифрової інфраструктури є основою цифрової економіки. Вони поділяються на опорні (жорсткі – hard) та сервісні (м'які – soft) (The Economics, 2013).



Рисунок 6.2 – Основні риси цифрової економіки

Опорні (жорсткі) компоненти інфраструктури утворюють матеріальні засоби, що забезпечують дію цифрових технологій: магістральні, дистрибуційні та локальні мережі, точки обміну трафіком, засоби супутникового зв'язку, обчислювальна техніка тощо.

Сервісні (м'які) компоненти інфраструктури містять інформаційні продукти, необхідні для функціонування цифрових технологій: програми, стандарти, дані, алгоритми, сервіси тощо.

6.3 Процеси цифровізації соціально-економічних систем України

Цифровізацію потрібно розглядати не як самоціль, а як інструмент радикального підвищення ефективності функціонування національної економіки, підвищення якості життя людей і розв'язання комплексу соціальних проблем. Саме така ідеологія закладається у процеси цифровізації через її ключові принципи, на основі яких мають відбуватися трансформаційні процеси в Україні (табл. 6.1).

Таблиця 6.1 – Принципи цифровізації національної економіки України (Україна 2030 Е, 2020)

№ пор.	Зміст принципу
1	Цифровізація повинна забезпечувати кожному громадянину рівний доступ до послуг, інформації та знань, що надаються на основі інформаційно-комунікаційних і цифрових технологій
2	Цифровізація повинна бути спрямована на створення переваг у різних сферах повсякденного життя (в охороні здоров'я, освіті, розвитку підприємництва, агровиробництва, транспорті, природокористуванні тощо)
3	Цифровізація є інструментом економічного зростання через підвищення ефективності, продуктивності та конкурентоздатності завдяки використанню цифрових технологій
4	Цифровізація повинна сприяти розвитку інформаційного суспільства та засобів масової інформації, зокрема соціальний, культурний та економічний розвиток
5	Цифровізація повинна орієнтуватися на міжнародне, європейське та регіональне співробітництво з метою інтеграції України до ЄС , виходу на європейський і світовий ринок
6	Стандартизація є основою цифровізації, одним із головних чинників її успішної реалізації
7	Цифровізація повинна супроводжуватися підвищенням рівня довіри й безпеки
8	Цифровізація має бути об'єктом цілеспрямованого та комплексного державного управління . Основними завданнями держави на шляху до цифровізації країни є корегування вад ринкових механізмів, подолання інституційних і законодавчих бар'єрів, започаткування проектів цифрових трансформацій національного рівня та залучення відповідних інвестицій, стимулювання розвитку цифрових інфраструктур

До 2030 року в Україні поставлені такі цілі щодо цифровізації господарства країни (Україна 2030Е, 2020):

– **99 %** українського бізнесу має використовувати цифрові платформи господарської взаємодії (e-business): електронні рахунки та електронні (смарт) контракти, електронні податкові та митні документи, електронні можливості кредитування тощо. Паперовий документообіг між суб'єктами бізнесу повинен знизитися до 2–3 %;

– має бути упроваджено принаймні **вісім дорожніх карт** цифрової трансформації ключових індустрій: в агросекторі, машинобудуванні, туризмі, легкій промисловості, харчовій і переробній промисловості, енергетиці, гірничодобувній промисловості, оборонній сфері;

– частка високотехнологічного експорту у випуску промислової продукції має досягти 50 %;

– відтік інженерних кадрів промислового спрямування має бути зменшено удесятеро;

– **100 %** промислових стандартів Індустрії 4.0. має бути гармонізовано з ЄС;

– повинно відбутися **20-кратне зростання** кількості підприємств, що випускають цифрову продукцію – smart (digital) products (станом на 2018 рік кількість таких становила 30–40 підприємств);

– **200** українських міст мають перейти на цифрові платформи управління містом, інфраструктурою та обслуговуванням громадян;

– **100 %** ключових вузлів транспортної інфраструктури, туристичних маршрутів, природних заповідників, об'єктів культури та історії, дозвілля та відпочинку мають бути покрито бездротовими мережами Wi-Fi;

– **100 %** українських шкіл повинні повноцінно використовувати інтернет і цифрові технології в навчальному процесі;

– мають бути запроваджені інтелектуальні системи громадської безпеки та відповідні цифрові системи координації діяльності оперативних, чергових, диспетчерських і муніципальних служб. Кількість нещасних випадків необхідно зменшити **в 15 разів**;

– **70 %** працівників бізнесу та державного сектору повинні використовувати технології цифрових робочих місць;

– на **80 %** повинні зменшитися вранішні та вечірні автомобільні затори у великих містах завдяки технологіям цифрових робочих місць разом з інтелектуальними системами управління дорожнім трафіком;

– **99 %** селищ повинні мати можливість використання телемедицини та інтелектуальних систем взаємодії та отримання медичних послуг.

Формування цифрової економіки знаменує собою перехід до суспільства, заснованого на безпрецедентних в історії цивілізації засадах функціонування економічних систем. На очах розмиваються основи, які ще нещодавно здавалися фундаментальними і непорушними. Зникають обмеження, які визначали простір діяльності і закони реалізації суспільних відносин.

На відміну від матеріальних товарів, інформаційним продуктом може одночасно користуватися необмежена кількість споживачів. Після продажу споживачеві інформаційного продукту він не відчужується від виробника (продавця). Інформаційні продукти можуть миттєво транспортуватися (передаватися) у межах планети від одного суб'єкта до іншого. Ці продукти також не потребують об'ємних матеріаломістких складів, ангарів, сховищ для свого зберігання. Виробництво інформаційної продукції потребує мінімальної кількості матеріалів і енергії, отже, не пов'язано з масштабним руйнуванням природи. Під час використання інформаційних продуктів вони не зазнають фізичного спрацювання; крім того, виникають передумови їхнього удосконалення в процесі використання. Віддача від використання інформаційних продуктів збільшується із збільшенням кількості користувачів.

Однією з найважливіших властивостей цифрової економіки є створення передумов для формування нового типу економічних відносин, основаних на солідарній участі людей у процесах виробництва і споживання продукції. Переважна частина населення стає не тільки користувачами, але і власниками цифрових засобів виробництва (комп'ютерів, програм, 3D-принтерів, пристроїв альтернативної енергетики тощо), беручи активну участь в управлінні економічними системами.

Основним користувачем і споживачем у цифровій економіці стає особистісна сутність людини. Це створює умови для соціального удосконалення людини і сестейного розвитку суспільства.

6.4 Бізнес-моделі і трудовий чинник у цифровій економіці

Класифікацію бізнес-моделей здійснюють, зважаючи на суб'єкти, які беруть участь у процесах реалізації підприємницької діяльності. Серед них виділяють:

(1) споживачів (C – consumers); це суб'єкти кінцевого споживання продукції;

(2) суб'єктів підприємницької діяльності (B – business), під якими йдеться про виробників і посередників у економічних процесах;

(3) урядові організації (G – government), які забезпечують організацію і регулювання бізнес-процесів.

Бізнес-моделі залежно від зв'язків між зазначеними суб'єктами подані в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Зв'язки між суб'єктами в різних бізнес-моделях (Зайцева та ін., 2015)

Модель, суб'єкти	Характеристика бізнес-моделі
1	2
B2C (бізнес для споживачів, business to consumers)	Орієнтована на кінцевих споживачів – фізичних осіб. Наприклад, фірма продає товари або надає послуги фізичним особам. Сюди можна віднести: інтернет-магазини, платні сервіси для фізичних осіб, системи бронювання та продажу квитків, різні фірми, що продають консультаційні й інформаційні послуги. Цей вид бізнесу може розвиватися тільки за умови високої якості всіх його складових: 1) логістики; 2) транспортної інфраструктури; 3) поштової системи; 4) платіжних систем інтернет-магазинів

Продовження таблиці 6.2

1	2
<p>B2B (<i>бізнес для бізнесу, business to business</i>)</p>	<p>Основна модель інтернет-бізнесу для фірм, які працюють на міжкорпоративному ринку, де одні юридичні особи надають послуги і продають товари іншим юридичним особам. Такими, наприклад, є інтернет-біржі, фірми-виробники і продавці устаткування, сировини матеріалів, товарів і послуг, які потрібні іншим фірмам для того, щоб здійснювати підприємницьку діяльність. Основною відмінністю системи B2B є автоматизований обмін даними між двома взаємодійними системами, що означає наявність на обох сторонах комплексних автоматизованих систем управління</p>
<p>C2C (<i>бізнес між споживачами, consumers to consumers</i>)</p>	<p>Сайт під час впровадження цієї моделі є посередником між покупцем і продавцем. Споживачі укладають свою угоду і розширюють свою діяльність із допомогою третьої особи – провайдера (він надає послуги обміну). Навколо вебсайту складається інтернет-спільнота людей, об'єднаних конкретними інтересами. Модель C2C дозволяє укладати угоди будь-якої зручної миті, зменшуючи накладні витрати і заощаджуючи кошти кінцевого споживача. До моделі C2C залучаються інтернет-аукціони, на яких відбувається продаж безпосередньо від однієї людини іншій у межах електронного бізнесу, коли є один продавець і багато покупців</p>
<p>G2C (<i>бізнес між державними установами і кінцевим споживачем, government to consumer</i>)</p>	<p>Передбачає надання урядовими установами послуг кінцевим споживачам через інтернет. Особливістю цього напрямку електронної комерції є те, що споживачі оплачують послуги урядових установ наперед, сплачуючи податки. На сьогодні ця модель менш розвинена, однак на неї покладають великі надії, особливо в соціальній і податковій сферах. Серед послуг, які надають за допомогою цієї моделі, можна назвати заповнення податкових декларацій і збір податків, реєстрацію транспорту, оплату квитанцій за комунальні послуги та штрафів, надання інформації з питань законодавства і права</p>
<p>C2G (<i>бізнес між громадянами і державними організаціями, citizen to government</i>)</p>	<p>Надання громадянами послуг державі. Прикладами таких послуг можуть бути електронні голосування, опитування громадської думки тощо</p>

Продовження таблиці 6.2

1	2
<p>G2G (<i>бізнес між державними організаціями, government to government</i>)</p>	<p>Автоматизація відносин і документообігу між державними відомствами як у тій самій країні, так і між відомствами різних держав</p>
<p>B2G (<i>бізнес для державних організацій, business to government</i>)</p>	<p>Надання комерційними компаніями товарів і послуг державним установам. У розвинених країнах цю бізнес-модель використовують для проведення закупівель – від публікації оголошень до опублікування результатів угод. Реалізувати цей напрям можна за допомогою торговельних майданчиків, на яких проводять тендери чи аукціони</p>
<p>G2B (<i>державні організації – для бізнесу, government to business</i>)</p>	<p>Надання послуг державними органами бізнес-організаціям; прикладами таких послуг можуть бути автоматизація розрахунків за податками, сертифікація, надання інформації з питань законодавства і права тощо</p>

Завдяки процесам цифровізації підприємствам вдається отримати суттєві економічні переваги. Основні з них такі:

- *економія витрат* (скорочують видатки на опрацювання купівлі, придбання фізичних активів, зокрема матеріальні засоби (магазини) замінюються електронними);
- *збільшення обсягів продажів* (завдяки кращій комунікації між продавцями і клієнтами, додатковим маркетинговим можливостям тощо);
- *зростання продуктивності праці* (завдяки скороченню часу опрацювання купівлі й обслуговування покупців);
- *оптимізація процесів ціноутворення* (збільшуються можливості урахування різних чинників, які можуть впливати на ціну продажу та застосування більш гнучких методів ціноутворення).

Поліпшення економічного стану підприємств, що застосовують елементи цифрового бізнесу, дає змогу підпри-

емствам більш успішно конкурувати на ринку. Основні чинники підвищення конкурентоздатності подані на рисунку 6.3.

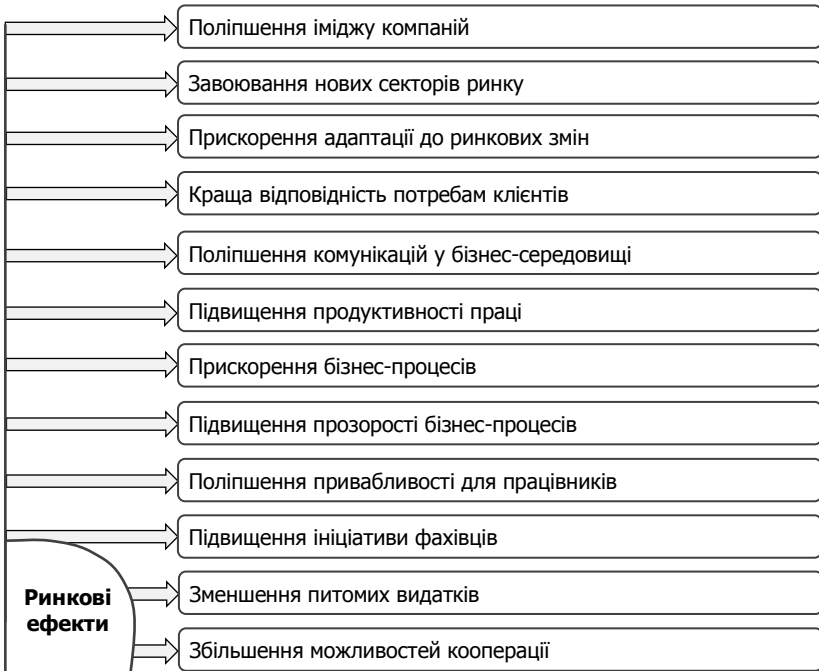


Рисунок 6.3 – Чинники підвищення конкурентоздатності на ринку завдяки цифровізації підприємств (розробка автора)

Як бачимо, цифровізація бізнесу створює передумови для значного підвищення ефективності економічної діяльності. Систематизуючи всі зазначені переваги цифровізації економічних систем, можна виділити такі напрями отримання конкурентних переваг: 1) поліпшення комунікацій між суб'єктами бізнес-процесів; 2) прискорення окремих бізнес-операцій; 3) скорочення витрат на здійснення економічної діяльності; 4) поширення сфер свого впливу на

ринку з відповідним збільшенням фінансових потоків, що залучають на підприємства.

6.5 Гуманітарна складова процесів цифровізації

Рушійною силою всіх зазначених цифрових трансформацій суспільства є сама людина. Фазовий перехід до нової економічної моделі буде тим успішнішим, чим швидше в самій людині відбуватимуться адекватні зміни, які створюватимуть передумови для життя, діяльності, творчості і комунікацій в умовах цифрового суспільства. Причому всі зазначені чинники весь час зазнаватимуть нових змін.

Цифри і факти

Про динамізм світу, у якому доводиться жити сучасній людині, свідчать такі факти (Мариновська та ін., 2020):

- сьогодні кожну хвилину у світі створюється стільки фотографій, скільки людство зробило протягом усього XIX століття;
- щохвилини на YouTube завантажується 100 годин відео;
- на початку 2020-х років кожні 2 дні у світі створюється більше нової інформації, ніж було створено її за всю історію людства до 2003 року;
- у середньому на одну людину випадає по 1 000 датчиків, які збирають різні дані;
- у кожної людини вдома в електронному вигляді зберігається інформації, для друку якої знадобилося б 600 000 томів книг.

Цілком природно, що для життя в сучасному цифровому світі людині потрібні нові знання, навички, світогляд. Загалом усе це вміщується в таке містке поняття, як *компетентність*. Не випадково, що у 2018 році Європейський Парламент та Рада Європи своїми рішеннями внесли *цифрову компетентність* до складу 8 ключових компетен-

тностей, необхідних сучасній людині впродовж життя, нарівні з такими традиційними компетентностями, як грамотність, мова, можливість самовираження, здатність до навчання, комунікативність, здатність до підприємництва та ін. (Ключові, 2018; Digital competence, 2020).

Цифрова компетентність (ЦК) містить у собі впевнене, критичне та відповідальне використання цифрових технологій для навчання, роботи та участі в суспільному житті.

ЦК передбачає наявність відповідних знань, навичок і світогляду, зокрема:

- інформаційну грамотність;
- здатність сприймати дані, здійснювати комунікації та співпрацю з іншими учасниками суспільних процесів;
- можливість створювати цифровий контент (зокрема програмування);
- організацію безпеки (зокрема цифрове благополуччя та розв'язання проблем кібербезпеки).

Цифрова компетентність має три рівні (Україна 2030 E, 2020):

- *базовий рівень* забезпечує використання цифрових технологій у повсякденному житті для спілкування та взаємодії один з одним, перегляду цифрового контенту тощо;
- *середній рівень* забезпечує цифрову творчість, тобто використання цифрових технологій для створення контенту та застосування в різних сферах діяльності тощо;
- *просунутий рівень* забезпечує цифрове підприємництво, тобто використання цифрових технологій для бізнесу, професійної діяльності, де цифровий контент перетворюється на предмет праці.

Зміст основних складових цифрових компетентностей поданий на рисунку 6.4.

- усвідомлення значення цифрових технологій у світі;
- усвідомлення причинно-наслідкових зв'язків у процесах цифрової трансформації;
- розуміння співвідношення цілей і завдань цифровізації економіки



Рисунок 6.4 – Зміст основних складових цифрових компетентностей (складено автором на основі: Digital competence, 2020; The Digital Competence, 2019)

Надзвичайно велику роль у забезпеченні цифрового вектора відтворення сучасної людини відіграє освіта. Оскільки зміни в сучасному світі умов суспільного життя відбуваються постійно, об'єктивною необхідністю має стати безперервна освіта людини. На сьогодні реально вимальовуються три головні напрями освітніх процесів:

- 1) традиційна формальна освіта (від дошкільних закладів до інституцій вищої освіти);
- 2) неформальна освіта, зокрема через різні види літератури та масмедіа;

3) підвищення кваліфікації та перепідготовка фахівців.

Існує немало можливостей реалізації також інших форм відтворення цифрових компетентностей через неурядові організації, приватний сектор та неформальні заходи.

Для активної участі громадян у цифровому суспільстві велике значення має вільний доступ людини до інформації. Міжнародними стандартами (International, 2012) обумовлені відповідні громадянські права. Процес доступу повинен бути простим, швидким і з мінімальними витратами.

РОЗДІЛ 7

ФОРМУВАННЯ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ

ЯК КЛЮЧОВИЙ РЕЗУЛЬТАТ INDUSTRY 4.0

7.1 Глибинна сутність Інтернету речей

Можна безпомилково стверджувати, що Інтернет речей є епохальним явищем у розвитку людства та еволюції природи. Адже вперше в історії Землі з'являються передумови, для того, щоб процеси обміну речовин, енергії та інформації на планеті відбувалися не під впливом сил природи або дій живих організмів, а під контролем штучних, створених людиною засобів і систем.

Інтернет речей (анг. *Internet of Things*) можна визначити як систему (мережу) зв'язаних через Internet фізичних пристроїв, оснащених датчиками, програмним забезпеченням і виконавчим інструментарієм (виконавчими пристроями), що виконують корисні для людини функції.

Якщо дуже спрощувати, то можна визначити, що IoT – це система автоматизації роботи та взаємодії між собою різних пристроїв (речей). Само слово «автоматизація» передбачає дію пристроїв без участі людини.

Історія створення

У 1970-ті роки поява комп'ютерів дала змогу розпочати автоматизацію виробничих процесів. Події почали розвиватися за двома напрямками. *Перший* був пов'язаний з автоматизацією управлінських процесів, що передбачало оброблення і зберігання даних, виконання розрахунків, обґрунтування оптимальних режимів роботи тощо (у деяких країнах це називалося АСУ – автоматизованими системами управління; сьогодні це об'єднано в понятті ІТ, тобто інформаційних технологій).

Другий напрям пов'язувався з автоматизацією операційних процесів, тобто роботи безпосередньо виробничого обладнання (колись цей напрям називався АСУ ТП – АСУ технологічних процесів;

зараз цей напрям називають ОТ – операційними технологіями – operational technology).

Понад сорока років ІТ та ОТ розвивалися незалежно. Щоб з'єднатися, їм не вистачало об'єднувального чинника, який з'явився з появою інтернету.

Подія, яка знаменувала фактичне приєднання до цих двох напрямків інтернету, відбулася майже випадково. У 1982 р. допитливі студенти другого курсу навчання університету Карнегі-Меллон (Carnegie-Mellon), м. Пітсбург, які працювали в його комп'ютерному науковому підрозділі, вирішили поекспериментувати. Вони спробували через інтернет покерувати процесом розливу содової у пляшки. Експеримент пройшов вдало. Пристрій міг передавати дані про кількість наповнених пляшок і про стан роботи агрегату. Так в інтернеті з'явився перший приєднаний прилад – машина для розливу содової води (Coke machine).

У 1990 р. випускник Массачусетського технологічного інституту, вчений і один із засновників протоколів інтернету Джон Ромки (John Romkey) підключив до інтернету свій власний тостер, який вважають однією із перших побутових інтернет-речей (Elder, 2019).

У 1991 р. керівник дослідницького центру компанії Херох Марк Вейзер (Mark Weiser) запропонував концепцію повсюдного комп'ютерингу (ubiquitous computing). У 1994 р. Реза Раджі (Reza Raji) запропонував власну концепцію інтеграції й автоматизації будь-яких речей: від домашніх приладів до цілих підприємств.

У 1993 р. компанія Microsoft запустила платформу «At Work», що містила спеціальну операційну систему і протокол передавання даних. Метою цього було об'єднати офісну техніку (факси, копіювальні механізми та ін.) з можливістю передати функції управління комп'ютеру, який би працював на Windows. Спроба не була успішною і не мала продовження. У 1994 р. схожий проект репрезентувала компанія Novell і повторила невдалий результат попередниці.

У 1999 р. в історії Інтернету речей трапилися відразу дві значні події. По-перше, представник компанії Procter & Gamble Кевін Ештон (Kevin Ashton), надаючи результати робіт з удосконалення радіочастотних ідентифікаційних міток (RFID), уперше використав термін «Інтернет речей». По-друге, науковець Білл Джой (Bill Joy) репрезентував на Всесвітньому економічному форумі в Давосі концепцію прямої інтеграції шести мереж («шести вебів»). У його типології такий зв'язок називався «device-to-device» (тобто «прилад-з-приладом»).

За оцінками фірми «Cisco Systems», датою народження Інтернету речей можна вважати рубіж між 2008 і 2009 роками, коли кількість під'єднаних до інтернету приладів зрівнялася з кількістю мешканців Землі. Отже, нарівні з «Інтернетом людей» почав функціонувати «Інтернет речей».

Крім наведеної вище дефініції IoT, існує і багато інших формулювань, у яких дають визначення IoT і висвітлюють окремі сторони такого багатогранного явища, яким є Інтернет речей (табл. 7.1).

Таблиця 7.1 – Визначення Інтернету речей і його складових від різних аналітичних компаній (Internet, 2020; Patel et al., 2016; Zennaro, 2017)

Джерело визначення	Формулювання визначення
1	2
<i>Інтернет речей</i>	
Аналітична компанія IDC	Мережа мереж з унікально ідентифікованими кінцевими точками, які комунікують (обмінюються інформацією) між собою у двох напрямках за інтернет-протоколами (IP) і зазвичай без втручання людини
Аналітична компанія Gartner	Мережа фізичних об'єктів, які мають вбудовані технології, що дають змогу взаємодіяти із зовнішнім середовищем, передавати дані про свій стан і приймати дані ззовні
Аналітична компанія McKinsey	Датчики і приводи (виконавчі пристрої), вбудовані у фізичні об'єкти і зв'язані з інтернетом через дротові або бездротові мережі на основі інтернет-протоколів (IP)
Експерти порталу про інновації «Wired»	Всесвітня павутина, зв'язаних між собою машин і інших фізичних предметів, за допомогою яких може здійснюватися обмін інформацією без участі людини; під'єднані до інтернету гаджети транслюють основні дані у «Хмару», звідкіля інші предмети, оснащені приймальними датчиками, можуть збирати ці дані і використовувати їх для управління роботою виконавчих пристроїв

Продовження таблиці 7.1

1	2
Рекомендації ITU-TY.2060	Глобальна інфраструктура для інформаційного суспільства, яка забезпечує просунутими (advanced) послугами, що здійснюють взаємозв'язані (фізичні і віртуальні) речі на основі реальних та еволюційних сумісних інформаційних і комунікаційних технологій (ICT)
<i>Речі (things)</i>	
Рекомендації ITU-TY.2060	Об'єкти фізичного світу (фізичні речі) чи інформаційного світу (віртуальні предмети), здатні бути ідентифікованими та інтегрованими в комунікаційні мережі
<i>Фізичні речі (physical things)</i>	
Рекомендації ITU-TY.2060	Фізичні речі існують у фізичному світі і здатні буди виявленими, приведеними в дію і приєднаними; приклади фізичних речей містять: навколишнє середовище (surrounding environment), промислові роботи, товари (goods) і електронне обладнання
<i>Віртуальні речі (virtual things)</i>	
Рекомендації ITU-TY.2060	Віртуальні речі існують в інформаційному світі і здатні до того, щоб зберігатися (be stored), оброблятися (be processed) і відтворюватися (be accessed); приклади віртуальних речей містять мультимедійний контент і програмне забезпечення (application software)

З наведених визначень можна зробити висновок, що Інтернет речей являє собою глобальну інфраструктуру, яка забезпечує виконання корисних для людини функцій у режимі, наближеному до автоматичного, тобто без прямої участі людини. У цій інфраструктурі гармонічно ув'язані керівні функції інформаційних засобів (комп'ютерів, пристроїв збирання та оброблення інформації) та матеріальних речей (датчиків, виконавчих пристроїв), здатних виконувати фізичну роботу.

7.2 Зміст і функції Інтернету речей

Як запевняють фахівці, Інтернет речей насправді складається з нежорстко зв'язаних між собою розрізнених мереж, кожна з яких розгортається для розв'язання власних специфічних завдань.

Зокрема в сучасних авто працює одночасно кілька мереж: одна керує роботою двигуна, друга – системами безпеки, третя підтримує зв'язок.

В офісних будівлях і житлових приміщеннях також встатковують окремі мережі для контролю за опаленням, вентиляцією, освітленням (Что такое, 2017).

Передбачається, що у міру розвитку IoT коло його мереж буде розширюватися, а рівень їхньої інтегрованості буде збільшуватися.

Загалом Інтернет речей можна подати як систему, що складається із п'яти ключових блоків. Три з них вбудовані в самі речі, а інші розміщуються віддалено в системі управління, зв'язок з якою здійснюється через інтернет (рис. 7.1).



Рисунок 7.1 – Укрупнена структура IoT

Значну роль у роботі Інтернету речей відіграють різні датчики. Їхня функція – здійснювати моніторинг за параметрами середовища, стан яких (наприклад, температура чи вологість приміщення) контролюють і підтримують відповідними виконавчими інструментами (приладами). На рисунку 7.2 подані можливі параметри, стан яких здатні контролювати датчики Інтернету речей (Zennaro, 2017).

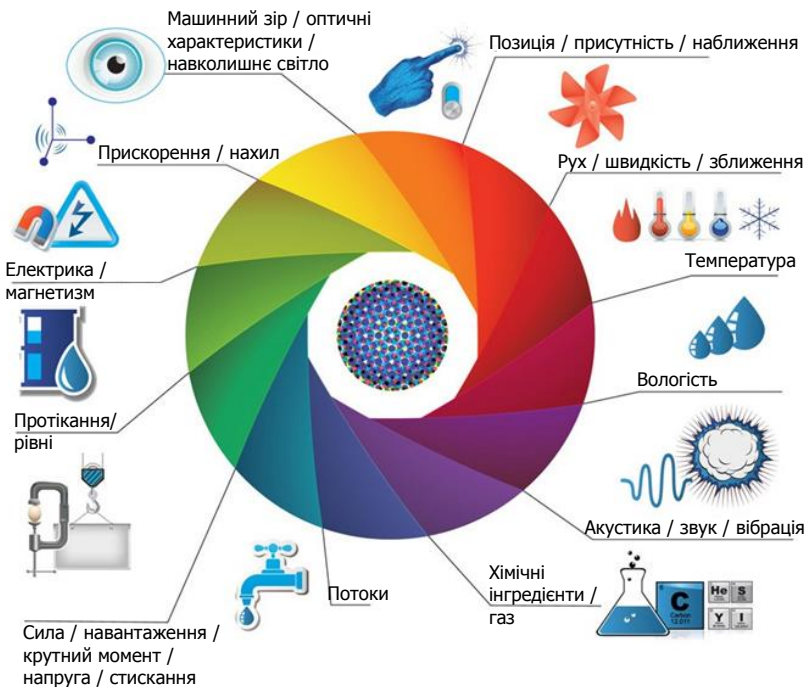


Рисунок 7.2 – Параметри стану, здатні контролювати датчики Інтернету речей

Інтернет речей поділяють на два види:

- IoT, який забезпечує кінцеве споживання товарів і послуг;
- IoT, який забезпечує виконання виробничих процесів; цей вид IoT заведено називати індустріальним (промисловим) IoT (industrial IoT – I IoT), хоча його все ж таки точніше було б назвати виробничим IoT, адже застосовується він не тільки в промисловій галузі.

Наприклад, уже сьогодні цілком сучасний «розумний» будинок («розумне» помешкання) вміє робити багато речей. Зокрема в разі вашої появи в будинку вмикається світло й починають працювати інші функціональні прилади (кондиціонери, вентилятори, опалювальні пристрої). Коли ви полишаєте приміщення, все це вимикається. Датчики руху слідкують за тим, щоб електроенергія не витрачалася дарма, вимикаючи світло там, де певний час не спостерігається рух. Датчики температури слідкують за підтриманням здорового мікроклімату, регулюючи режим опалення. За мікрокліматом ванної кімнати слідкує датчик вологості, який автоматично запускає витяжку, якщо вологість перевищить 50 %, і вимикає за вологості 45 %.

А ще «розумні» прилади можуть проаналізувати, скільки електроенергії протягом дня, тижня і місяця витратив кожен із побутових пристроїв. Вони вам дадуть знати, що відбувається в приміщенні, коли ви там відсутні. За це «відповідають» датчики руху і відеокамери. Дистанційно ви навіть зможете прослідкувати за вашими домашніми тваринами.

Основні складові IoT кінцевого споживання подані на рисунку 7.3.



Рисунок 7.3 – Складові IoT кінцевого споживання (Industrial, 2019)

Якщо потрібно, пристрої відчиняють чи зачиняють вікна або штори, завчасно приготують приміщення до вашого прибуття: увімкнуть кондиціонер чи опалення, приготують каву або чай і навіть пропилососять кімнату.

7.3 Інтернет речей у процесах розвитку підприємств і територій

Поняття про ІоТ. Індустріальним інтернетом речей заведено називати систему об'єднаних комп'ютерних мереж із під'єднаними виконавчими пристроями (датчиками, інструментами, приладами), здатними без прямої участі людини розв'язувати виробничі завдання в різних секторах (галузях) економіки.

Уявлення про коло завдань, які здатний вирішувати Індустріальний інтернет речей, до певної міри дає можливість отримати перелік умов, за наявності хоча б однієї з яких компанія J'son & Partners Consulting вважає за доцільне його використання (Industrial, 2019):

- випуск широкої номенклатури продукції, використання значного переліку комплектування;
- потреба в підвищенні якості продукції, що випускають, та зниження ступеня браку;
- потреба в забезпеченні ефективного сервісного обслуговування раніше поставленої продукції;
- потреба в зниженні експлуатаційних витрат виробництва;
- значна енергоємність виробництва;
- складні виробничі умови;
- потреба в оперативній діагностиці несправностей технологічного обладнання для зниження незапланованих зупинок виробництва;
- потреба в забезпеченні високої продуктивності персоналу;
- потреба в убезпеченні персоналу;
- необхідність системної інтеграції широкого спектра.

Застосування ІоТ дає можливість зв'язати в єдине ціле та оптимізувати діяльність чотирьох головних суб'єктів економіки (рис. 7.4).

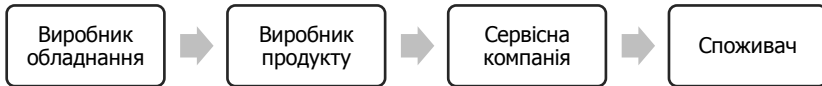


Рисунок 7.4 – Ланцюжок суб'єктів застосування ІоТ

Типові завдання ІоТ. До типових завдань, які дозволяє вирішувати ІоТ в різних секторах економіки можна віднести:

1) здійснення контролю за життєвим циклом продукції та оптимізація часу роботи обладнання (зокрема це дозволяє оптимізувати час проведення регламентних робіт);

2) прогнозування ризиків можливих аварій і своєчасне проведення планово-попереджувальних, а в разі необхідності – і позапланових ремонтних робіт (зокрема це передбачає завчасну підготовку необхідних деталей на заміну);

3) автоматизований (у режимі реального часу) контроль процесів просування продукції, що виготовляють, від постачальників сировини і матеріалів до споживачів продукції; цього досягають під'єднанням усіх виробничих майданчиків до єдиної програмної платформи, учасниками чого можуть бути юридично різні компанії;

4) здійснення оперативного контролю за процесами використання реалізованої продукції в замовника (споживача);

5) забезпечення переходу від моделі продажу виробленої продукції (пристроїв, обладнання, будівель) до моделі продажу функціоналу, тобто результатів використання зазначеної продукції «за вимогами».

В останньому пункті мова йде не просто про підвищення якості технічної підтримки (з використанням нових засобів теле-

метрії) реалізованої покупцям продукції, але взагалі про іншу бізнес-модель її реалізації. Кінцевим продуктом реалізації споживачам товару стають, наприклад, не обладнання чи пристрої, а послуги з їхнім використанням. Інакше кажучи, продукцію взагалі не передають у власність споживачеві, а він оплачує процеси її використання, зокрема на умовах оренди.

За таким прикладом вже працюють компанії в різних секторах діяльності.

Американська фірма Nikol Motors передає експлуатаційникам за абонентну плату (від 5 до 7 тисяч доларів на місяць) вантажівку на водні з повним її обслуговуванням (зокрема безкоштовне заправлення воднем). Після 7 років експлуатації або пробігу в 1 млн миль (1,6 млн км) водій зможе продовжити оренду вже нового авто. Ексклюзивним постачальником та сервісним центром у Північній Америці оголошено компанію Ryder System. Початок експлуатації заплановано на 2020 рік (Мельник, 2018 а).

Виробник сільгосптехніки John Deere передає споживачам в оренду свою продукцію, зокрема трактори. Оплату здійснюють згідно з фактичним часом використання техніки.

Провідний виробник промислових компресорів Kaeser застосовує систему оплати, за якою споживач оплачує використання компресорного обладнання щодо обсягу стислого повітря, який на ньому створюється.

Будівельні підприємства частину приміщень, розташованих у зведених компанією будівлях, не продають клієнтам, а здають їм в оренду.

На схожі бізнес-моделі переходять і багато підприємств, які виготовляють промислове обладнання. Підкреслимо, що застосування таких моделей було б неможливим без Індустріального інтернету речей. Саме він дає можливість проконтролювати у просторі і часі показники використання відповідної техніки, а також провести облік пов'язаних із цим витрат і отриманих результатів.

Індустріальний IoT у секторах економіки. ПоТ сьогодні вже застосовується в багатьох секторах економіки (рис. 7.5).



Рисунок 7.5 – Основні господарські сектори, де вже застосовується ІІоТ

Про те, як IoT може працювати в різних секторах економіки, можуть дати уявлення кілька конкретних прикладів (Интернет, 2018).

Розумне місто. Планування маршрутів транспорту на підставі даних про переміщення людей містом, відеоспостереження, контроль за рівнем води у водоймах, датчики шуму і забруднення роблять міста зручнішими і безпечнішими. А великі дані, зібрані приладами, дають можливість владі міста краще розуміти потреби жителів.

Столиця китайської провінції Нінся – Інчуань – примітна тим, що це єдине місто у світі, у якому не потрібні банківські карти, проїзні квитки, а також готівка. Замість них – обличчя. Для того щоб оплатити послугу, потрібно всього лише підставити його під систему розпізнавання осіб, і потрібна сума буде автоматично списана з особового рахунку.

Щоб купити продукти, тут більше не потрібно йти до магазину – досить замовити товар через мобільний додаток. Чекаючи кур'єрську доставку також не буде потрібно: сплативши за покупку, спокійно можна забрати товар в найближчому холодильнику чи камері схову.

Усі сміттєві контейнери працюють від сонячних батарей, а коли бак заповнюється, у комунальну службу надходить відповідний сигнал, і контейнер вивозять.

У будівлі місцевої адміністрації на вході співробітників замінили голографіями. Багато процедур, які потрібно було вирішувати раніше, спілкуючись із чиновниками, тепер виконуються онлайн (Интернет, 2018).

Агровиробництво. Нова модель взаємодії людини з пристроями значно спростила процес моніторингу стану ґрунтів – пропала потреба контролювати врожай «вручну». Тепер датчики в землі фіксують показники, вимірюючи, зокрема, температуру, кількість вологи і оцінюючи потреби рослин. Далі дрони передають отриману інформацію інженерам, які в режимі реального часу можуть коригувати догляд за рослинами. Крім того, близько 25 % врожаю може бути збережено завдяки онлайн-спостереженню за погодними умовами.

Нідерланди стали одним із світових лідерів із вирощування сільськогосподарської продукції та посіли 2-ге місце з експорту насінневої картоплі саме завдяки системі IoT.

Smarter дозволяє управляти поживними розчинами, поливом, кліматом і іншими процесами в теплиці. Розробники обіця-

ють приріст врожаю на 20–40 %, підвищення якості продукції, економію на енергоресурсах і повний контроль виробництва.

Особливістю іншого стартапу «EVA-PRO» є те, що теплиця сконструйована у вигляді барабана – це економить займану площу. Джерело освітлення розміщене в центрі барабана, тому світло рівномірно покриває всю площу.

Торгівля. Одна з найбільших міжнародних роздрібних мереж Walmart, яка налічує понад 10 тис. магазинів майже в 30 країнах світу, багато в чому зобов'язана своїм успіхом IoT-технологіям. Завдяки їм Walmart забезпечує покупців саме тими товарами, у яких вони відчують потребу, що дозволяє мінімізувати кількість списаних і зіпсованих товарів.

Наприклад, впровадження системи «розумного» прилавку з вбудованими датчиками дозволяє відстежувати «подорож споживача» по всій площі маркету та аналізувати, які товари викликають найбільший інтерес у покупців.

Магазини без касирів, доповнена реальність, яка дозволяє розповісти про продукт більше, камери, що розпізнають емоції покупців – все це істотно покращує якість сервісу.

Логістика. Завдяки Інтернету речей доставка будь-яких товарів із виробництва або зі складів стала більш передбачуваною. Транспортні компанії можуть відстежити, коли саме автомобілю потрібно під'їхати для навантаження, а клієнт має можливість спостерігати за переміщенням його посилки до пункту призначення.

«Розумні» системи також розв'язують проблему постачання продуктів харчування. За аналітичними даними компанії Verizon, до 50 % зібраного врожаю не досягає кінцевого споживача. Автоматизація методів логістики допомагає зменшити цей відсоток і вдосконалити якість перевезення.

Медицина. Медичні прилади, підключені до інтернету, можуть збирати дані, відправляти їх лікарю-куратору, вчасно сповіщати про ускладнення і дати запланованих аналізів.

За даними Gartner, у 2018 році кількість таких пристроїв становила 350 млн шт., а до 2021 року ця цифра збільшиться в 1,5 раза і наблизиться до 505 млн шт.

В Австралії вже зараз лікарі, ґрунтуючись на даних із персональних гаджетів, можуть віддалено відслідковувати стан здоров'я пацієнтів і реагувати в режимі реального часу. А мобільний оператор AT & T у США розробив систему, покликану розв'язати одну з найнебезпечніших проблем для літніх людей – несподівані падіння.

В Україні нові технології використовують не менш охоче. Так, у 2017 році з'явилися «розумні» футболки HeartIn із вбудованою системою, яка проводить діагностику серця, зокрема і кардіограму. У режимі реального часу дані транслюються в програму на смартфоні, де людина може оцінити свій стан.

Крім того, у деяких країнах медичний Інтернет речей підтримують на державному рівні. Наприклад, влада Кореї працює над тим, щоб «розумні» пристрої були доступними для людей похилого віку, а в Туреччині впроваджують програми партнерства між державою і бізнесом для боротьби з діабетом, засновані на технологіях IoT.

Дорожнє будівництво. Фахівці-розробники з Університету Ватерлоо сьогодні репрезентували унікальний і цікавий проєкт спеціального штучного інтелекту, який може допомогти в суттєвому прискоренні ремонту доріг і дорожніх покриттів – цей проєкт передбачає як штучний інтелект, так і концепт машинного навчання для виявлення тріщин, ям та інших деформацій на дорогах. Розробники запевняють, що система є повністю автоматичною і практично нічого не потребує для своєї роботи, крім камери смартфона, прикріпленої до автомобілів, на яких зазвичай виїжджають ремонтні бригади для виявлення і лагодження дорожніх деформацій.

Застосування штучного інтелекту в такому важливому і пріоритетному напрямку, як дорожня безпека, має вже кілька років практичних напрацювань. Однак проєкт фахівців з Університету Ватерлоо особливо цікавий тим, що пропонує повністю автоматичну систему виявлення і реєстрації деформацій, починаючи від помітних пошкоджень і закінчуючи мікротріщинами. Не варто недооцінювати останніх, адже часто вони, будучи непоміченими, «розростаються» в більш масштабні пошкодження, особливо в зимовий період часу.

Ефективність застосування IoT. Компанія Honeywell разом із корпорацією KRC Research провели дослідження із залученням провідних аналітиків щодо напрямків, де можна очікувати прояв ефектів від застосування IoT. Серед основних були названі такі (Industrial, 2019):

- зменшення поломок обладнання;
- скорочення незапланованих простоїв;
- зменшення позапланового техобслуговування;

- попередження збоїв в управлінні постачанням;
- прискорення управління рішень;
- скорочення обсягу браку;
- прогнозування ризиків простоїв;
- відставання від конкурентів у застосуванні провідних технологій.

У кінцевому підсумку застосування ІоТ дає змогу підвищити ефективність виконання різних видів діяльності і збільшити конкурентоздатність підприємств, які його застосували.

Розвиток ІоТ в Україні. Кілька мереж Інтернету речей починають працювати в Україні. Ініціаторами стали оператори мобільного зв'язку (зокрема Vodafone). Така мережа вже доступна в Києві, Львові та Кропивницькому (Кулеш, 2020; Оліярнык, 2020).

Ще один мобільний оператор Lifeell спільно з компанією ІоТ Ukraine запустив кілька комерційних проєктів на основі Інтернету речей:

- Харківська область – агробізнес, контроль вологості і температури ґрунтів;
- Кропивницький – дистанційний збір показників газу;
- Чернівці – «розумне» управління відходами, контроль якості повітря в приміщенні;
- Львів – дистанційний збір показників електроенергії;
- Луцьк – дистанційний збір показників води;
- Київський регіон – дистанційний збір показників води, «розумні» парковки; моніторинг навколишнього середовища, «розумне» освітлення, логістика, агробізнес, контроль параметрів зберігання харчових відходів.

Загалом мережа Lifecell розгорнула структури Інтернету речей у 20 обласних центрах і в декількох менших містах (Богапов, 2020; Медленно, 2020).

7.4 Базові проривні технології і формування Інтернету речей: взаємозв'язок і взаємозалежність

Щоб краще зрозуміти характер виникнення передумов для створення Інтернету речей, спробуємо поринути в умовну казку. Це доречно зробити з двох причин. По-перше, через те, що за швидкістю процесів, які відбуваються, і за характером забезпечувальних подій це явище насправді нагадує якусь фантастичну історію. А, по-друге, сам Інтернет речей, що дозволяє речам функціонувати без людини, мов живим істотам, – хіба це не диво!

Уявімо собі, що речі такі стали живими істотами і вирішили створити свій власний інтернет, у якому б вони могли спілкуватися, а головне – без участі людини виконували б різні функції для задоволення потреб тих самих людей.

Були ж бо дві обставини, які змусили речі «дійти до такої думки». Перша обставина – це те, що люди з різних причин робили неякісну продукцію або ж неякісно виконували різні види робіт. А причинами такими могли бути лінь, незнання, невміння, недолугість, байдужість, неухважність, а коли й нечесність. Друга обставина була цілком об'єктивною. Через надмірні навантаження (фізичні умови, високі швидкості, психологічний прес) люди були просто не в змозі витримувати ритми сучасного виробництва. Як результат – все частішали аварії і катастрофи і все збільшувалися шкідливі наслідки від цього, і зростали ризики отримання ще більших халеп.

Тож і «вирішили» речі нарівні з *Інтернетом людей* створити *Інтернет речей*. Втім, а як ти таке бажання реалізуєш?

Коли кожна річ сама собою? А об'єднатися речі не можуть... Вони навіть одна одну не розуміють, бо всі говорять різними мовами. Для однієї головне – форма, для іншої – зміст, для когось –

склад матеріалів, для когось – звук, а для когось – запах. Про яку спільну мову і об'єднання може йтися?

Втім раптом відбулася ціла низка подій, яка всю ситуацію геть чисто змінила... Можна навіть сказати, перевернула з ніг на голову. Потім через це таке явище назвуть революцією – Четвертою промисловою революцією, або Industry 4.0. Лишається лише гадати, чи випадково ті події відбулися практично одночасно (за історичними, звісно, мірками), чи може гаряче бажання речей підштовхнуло людей до необхідних для цього винаходів, а, може, якісь інопланетяни крадькома прилетіли полегшувати людям відповідні відкриття...

Щоб там не було, але ці події сприяли тому, що на Землі з'явилися всі необхідні вузли (як сказали б інженери, запчастини) для створення Інтернету речей (рис. 7.6). Винахід і виробництво кожного із зазначених вузлів забезпечувала відповідна проривна технологія.

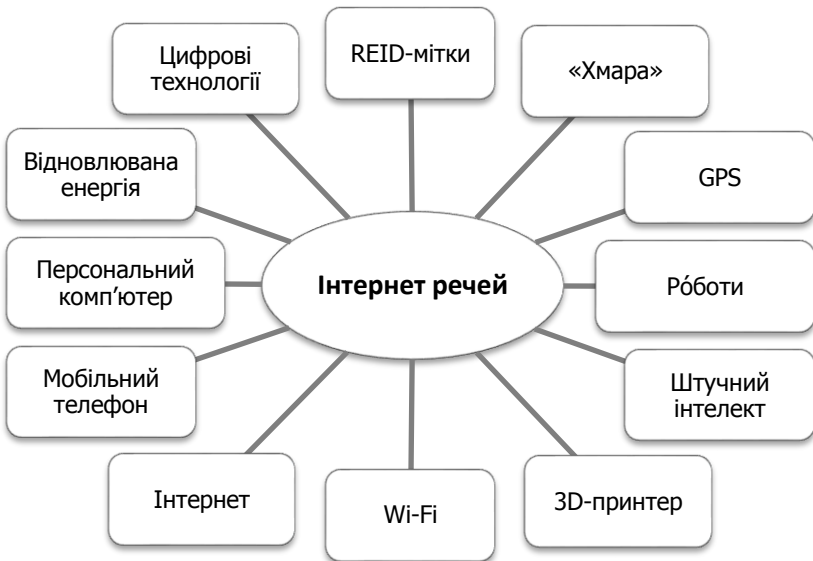


Рисунок 7.6 – Базові проривні технології, що забезпечують створення Інтернету речей (складено автором)

Персональний комп'ютер. Почалося все з того, що з'явився персональний комп'ютер (ПК). І справа навіть не стільки в тому, що він з'явився взагалі (тобто що його винайшли і виготовили), а в тому, що він з'явився в мільйонах родин. Він став настільки дешевим, що його могла придбати пересічна сім'я. Тепер поруч із конкретною особою, яку обслуговували речі, стояв свій власний інформаційний центр, здатний, власне кажучи, фіксувати все, що відбувається навколо цієї людини. Звісно, для цього вона повинна була надавати йому відповідну інформацію.

Засмучувало лише те, що ПК, хоч і були вже помірними за розміром, але не настільки, щоб їх можна було носити за собою. Крім того, вони були «прив'язані» до електричної розетки, а людина – до клавіатури та дисплею.

Мобільний телефон. Другою подією був винахід мобільного телефону, так званого *мобільника*. Досить швидко він став настільки маленьким і зручним, що вміщався в кишені. Але головне в іншому: завдяки своїй мініатюрній акумуляторній батарейці йому вдалося стати автономним і «відірватися» від дротів, які з'єднували його з електричною мережею. Людина отримала свободу руху і могла пересуватися у просторі, не втрачаючи можливості інформаційного контакту з іншими людьми.

Залишалося об'єднати ПК із мобільником, щоб персональний інформаційний центр став пересувним. Його назвали айфоном, тобто розумним телефоном. Заодно він вмістив у собі безліч різних речей, які раніше були окремими предметами: диктофон, радіо, записну книжку, телефонний довідник, годинник, будильник, фото- і відеокамери, словник, пульт дистанційного контролю, ліхтарик і багато іншого. Водночас усі ці речі отримали можливість інформаційного контакту із зовнішнім середовищем.

Важливо те, що маленький і відносно дешевий мобільник став масовим, доступним практично кожному

мешканцю Землі. На початок 2018 року на планеті кількість мобільних телефонів уже перевищила 8 мільярдів (переважна більшість із яких є «розумними», тобто містять також ПК). Це більше, ніж мешканців на Землі. Ще раз підкреслимо: це означає, що більшість населення планети завжди має поруч із собою не просто мобільний телефон, а пересувний інформаційний центр (а дехто навіть і не один).

Інтернет. Третьою подією стало виникнення *Інтернету*, який дав можливість об'єднати всі ПК в одну спільну мережу. Щоправда, спочатку Інтернет був, як і перші ПК, стаціонарним. Його можна було використовувати лише залишаючись на одному місці, – біля точки під'єднання ПК до мережі.

Wi-Fi. Так би все і залишилося, якби не відбулася *четверта* подія. З'явився wi-fi – *бездротовий спосіб* під'єднання ПК або айфону до мережі «Інтернету» за допомогою електромагнітних хвиль. Після цього можна зазначити, що ПК остаточно вирвався на свободу, адже цей спосіб не має принципових перешкод у просторі для забезпечення стабільного інтернет-зв'язку з ПК, куди б його власник не потрапив. Так, персональні інформаційні центри, об'єднані в єдину мережу, стали динамічними і рухомими. Пересування власника речей (а разом із ним і самих речей) стало видимим у просторі.

«Ну то й що? – можливо, запитає хтось. – Як це стосується самих речей? Від цього ж самі речі не отримали можливості спілкуватися між собою?»

Поки що ні. Але ж ми не розповіли ще про кілька важливих подій.

Цифровізація. П'ятою подією стало виникнення «цифри» (англійською – digit) – єдиної системи фіксації

будь-яких видів інформації. Для всіх речей з'явилася спільна мова. Тепер усі вони могли розуміти одна одну. Адже будь-який вид інформації (про кількість, якість, форму, колір, звук чи запах) можна було записати і передати за допомогою ланцюжка лише двох дискретних цифр – нуля та одиниці.

Полегшено зітхнули і люди, які отримали можливість миттєво фіксувати і передавати інформацію про будь-які події, які відбуваються довкола них. Зокрема тепер можна миттєво зробити і передати фото чи відео просто за допомогою своїх мобільних пристроїв.

Відновлювальна енергія. Завдяки *шостій* події речі набули енергетичної незалежності. У великій кількості з'явилася *відновлювана енергія*. Речі могли отримувати енергію безпосередньо від сонця або вітру, не потребуючи допомоги людей, щоб видобути, перевезти та спалити паливні ресурси.

3D-принтери. *Сьома* подія дала речам виробничу самостійність. Завдяки тому, що з'явилися *3D-принтери*, вони могли без втручання людини виготовляти («друкувати») будь-які вироби. Таку технологію назвали адитивною (від англ. слова add – додавати). Адже вироби створюють додаванням матеріалів шар за шаром. Уже сьогодні так виготовляють різні деталі, взуття, кулінарні вироби і навіть будинки, мости, автомобілі й вузли космічної техніки.

Цифрова мітка. *Восьмою* подією стало отримання кожною річчю своєї ідентифікаційної характеристики – спеціальної *цифрової мітки*. Вона стала для речі і паспортом, і адресою, і фотокарткою, і рекомендацією, і резюме (CV), тобто життєписом. Тепер речі могли надсилати інформаційні повідомлення одна одній. Точніше, могли б,.. якби вміли читати і писати. Але ж для цього хоч якийсь

інтелект мати потрібно. І тут дуже своєчасно настала ще одна подія.

Штучний інтелект. Дев'ятою подією і стало створення *штучного інтелекту* (ШІ). Наділені ним речі набувають навичок аналітичної роботи. Зокрема можуть читати й аналізувати отримані повідомлення. Це дає можливість роздруковувати на 3D-принтері різні речі за отриманим інформаційним образом. ШІ дозволив також підлаштовуватися під зміни зовнішнього середовища і навіть самоудосконалюватися, а це означає – самонавчатися.

Роботи і GPS. Десятою і одинадцятотою подіями стало створення роботів і GPS (глобальної системи позиціонування предметів у просторі). Перші стали вільними від людей виробниками, а друга – допомагала їм орієнтуватися та пересуватися у просторі.

Так, усі речі отримали свої ідентифікаційні мітки. Багато з них стали «розумними». Не вистачало лише когось, хто зміг би взяти на себе координацію їхніх дій та інформаційно об'єднав усі речі в єдину систему. Повинен був з'явитися хтось, хто, по-перше, тримав би в пам'яті всю інформацію про речі (зокрема їхні, так би мовити, «адреси»), а, по-друге, міг би ту інформацію аналізувати. І цим «кимось» стала «ХМАРА» – система потужних комп'ютерів і великих баз даних. І ті, й інші, як ми розуміємо, теж належать до родини речей.

Хмара. Виникнення «ХМАРИ» стало дванадцятотою подією, що поставила фінальну крапку у створенні Єдиної системи виробництва речей та обслуговування людей. Система могла працювати без участі самих людей. Цілком заслужено вона отримала назву «Інтернет речей».

Його виникнення означає, що тепер речі можуть виробляти себе самостійно, не знаючи втоми, ліні і неточностей у роботі. Водночас вони самі можуть відстежувати потреби людини і здійснювати моніторинг свого власного стану. Якщо якась деталь по-

дасть сигнал про можливі проблеми в її роботі, на заводі, де вона вироблялась, виготовлять їй відповідну заміну. Речі швидко «вивчають» уподобання своїх власників, режим їхньої роботи і розклад дня. У потрібний момент буде приготований сніданок, увімкнена улюблена музика та подане авто до виходу.

«Хмара» пам'ятає для кожної речі джерело ресурсів, вид енергії, необхідної для виготовлення як сировини, так і самих речей. Отримана інформація дасть можливість підприємствам, містам і країнам створити *рециркуляційну економіку*, у якій відходи одного виробництва стануть джерелом ресурсів для іншого.

Ну що ж, здійснилася мрія речей про свою незалежність від людей і свій власний інтернет. Та обійтися без людей вони все одно не можуть. Адже лише людина є кінцевим споживачем виробів і послуг. Самі речі можуть лише використовувати різні предмети – споживати їх вони іще не навчилися.

Виникає цікаве питання: чим займуться люди, коли все за них робитимуть речі?

Нерідко реальне життя підносить сюрпризи, дивніше будь-яких найсміливіших фантазій. На перший погляд, усі зазначені цикли подій відбувалися у відносно різні періоди часу...

Як же здивується читач, коли дізнається, що практично всі зазначені цикли подій відбувалися, без перебільшення, синхронно. Це, зважаючи на те, що вони залежали від діяльності тисяч людей, які працювали в різних сферах діяльності і жили в різних куточках Землі. Крім того, виявилось, що в переважної більшості зазначених технологічних циклів ключові події взагалі сталися в один і той самий час (1973 рік – плюс-мінус від одного до кількох років). У цьому читач зможе переконатися, ознайомившись із даними таблиць 7.2 і додатка А, або впевни-

тися, якщо не полінившись, зайти на відповідні сторінки інтернету.

Таблиця 7.2 – Цикли подій, що передували формуванню Інтернету речей (цифрові посилання в стовпчику «Подія» відповідають номеру пояснення в таблиці додатка А)

Предмет	Рік	Подія
1	2	3
1. Персональний комп'ютер – ПК	1973 2000 2010	випуск першого прототипу ¹⁾ ; 140 млн користувачів; 1,5 млрд користувачів (близько чверті жителів Землі)
2. Мобільний телефон, у який переселився ПК	1973 1996 2010	випуск першого прототипу ²⁾ ; випуск першого комунікатора ³⁾ ; близько 3 млрд абонентів (близько половини жителів Землі)
3. Інтернет	1973 2000 2010	набуття міжнародного статусу ⁴⁾ ; 700 млн абонентів; близько 2 млрд користувачів (близько третини жителів Землі)
4. Wi-Fi	1971 2000 2009	перша реалізація ідеї ⁵⁾ ; початок комерційного використання; ухвалення офіційних стандартів
5. Відновлювана енергія	1973 2000 2010	активізація робіт у галузі відтворювальної енергетики (сонячні панелі, годинник, калькулятори, ін.) ⁶⁾ потужність СЕС у світі – 1 ГВт; потужність СЕС у світі – 100 ГВт; 10 % енергії в розвинених країнах
6. 3D-принтер	1981 2000 2010	випуск першого прототипу ⁷⁾ ; випуск промислового 3D-принтера; «надруковані» десятки видів виробів
7. Цифрові технології	1973 2002 2010	реалізовано промисловий цифровий запис інформації ⁸⁾ ; 50 % цифрової інформації; 98 % цифрової інформації
8. Штучний інтелект	1972 2000 2010	створено мову Пролог ⁹⁾ ; розпочато використання в різних сферах; створені штучні мозок, антитіла, нейрони

Продовження таблиці 7.2

1	2	3
9. RFID-мітки	1973 1997 2010	перша демонстрація ¹⁰⁾ ; ухвалено міжнародні стандарти; повсюдне поширення (бібліотеки, магазини, паспорти)
10. GPS	1973 2000 2010	ініціювання програми; отримання назви ¹¹⁾ ; отримано цивільний статус; повсюдне поширення
11. Роботи. промисловий робот	1968 2000 2010	випуск промислового зразка ¹²⁾ ; продемонстровано побутовий робот; освоєні десятки професій
Дрон	1969 2000 2010	випуск промислових прототипів ¹³⁾ ; активізація громадянського застосування; десятки професій
Автомобіль- безпілотнок	1984 1995 2010	випробування безпілотного автомобіля ¹⁴⁾ ; пробіг: Мюнхен – Данія – Мюнхен; початок комерційного використання
12. «Хмара»	1972 1999 2011	створена віртуальна мережа комп'ютерів ¹⁵⁾ ; перші «хмарні» послуги; сформульовано стандарти
Інтернет речей	2012	Початок циклу IP

У автора немає серйозного пояснення такому феномену. Із несерйозних версій «крутиться» лише одна. За часів «перебудови» останніми роками Радянського Союзу ходив анекдот про те, що існують два способи налагодити порядок у країні: один – фантастичний, а інший – реальний. Фантастичний – означав, що ми самі все належно організуємо. Реальний же спосіб припускав, що це зроблять за нас інопланетяни. Сьогодні своєрідну перебудову переживає в глобальних масштабах вся людська цивілізація. Спало на думку, чи не з реальним способом пов'язане настільки чітко організоване подання на збірку «комплектування» Інтернету речей.

Зазначені в таблицях 7.2 і додатку А цикли подій фактично є ключовими компонентами для початку «збирання» Інтернету речей. Усі вони спиралися на відповідні проривні технології.

Водночас названі лише основні цикли. Їхній перелік не є вичерпним щодо всього спектра подій, які формують необхідний інструментарій зазначеної збірки. Крім них, доречно згадати передусім створення необхідної технічної основи, що становить систему датчиків і сенсорів, формування «розумних» енергоінформаційних мереж (ЕнерНет) роботи зі створення кіборга, створення систем бездротового передання енергії, створення компактних акумуляторних джерел живлення (батарей) багаторазового використання і багато іншого. За іронією долі ключові події за більшістю з цих циклів також випадають на початок 1970-х років. Завдяки всім згаданим циклам подій до початку 2010-х років були сформовані основні передумови для «збірки» та старту функціонування Інтернету речей.

7.5 Еволюція Інтернету речей і формування соціально-економічних трендів

Технічне удосконалення IoT. Для подальшого розвитку IoT необхідно розв'язати комплекс технічних проблем. Зокрема сьогодні технічне удосконалення IoT спрямоване на досягнення фантастичної складності, захмарної потужності і здатності адекватно реагувати в режимі живого часу на команди за астрономічної кількості підключень у тисячі трильйонів одиниць (пристроїв, контактів, речей) (табл. 7.3).

Таблиця 7.3 – Майбутній розвиток технологій і потреби в їхніх наукових розробках (Patel et al., 2016)

Технологія	Майбутній розвиток	Потреби в наукових розробках
1	2	3
Електронні пристрої	Нанотехнологія. Зменшення розмірів чипів	Дешеві модульні пристрої

Продовження таблиці 7.3

1	2	3
	Значно нижче споживання електроенергії	Низькоенергетичні EPROM/FRAM-технології. Автономна мережа живлення
Сенсорні системи	Розумні сенсори (наприклад, біохімічні). Мікросенсори. Сенсори з нижчим рівнем споживання електроенергії. Бездротові сенсорні мережі	Сенсори, що самозаряджаються. Чипи зі штучним інтелектом
Комунікаційна технологія	Вбудовані в мікросхему антени. Широкоспекторні технології. Об'єднані протоколи широкого спектра. Багатофункціональні чипи з переналаштуванням конфігурації	Протоколи взаємодії. Багатопротокольні чипи. Мережа вбудованих чипів. Ширший діапазон частот (до десятків ГГц). 5G-технології
Мережева технологія	Мережі, що самоорганізуються. Мережі, що саморемонтуються. IPv6-розширення. Постійне впровадження Інтернету речей, що ґрунтується на IPv6	Grid / Хмарна мережа. Програмно-конфігуруюча мережа. Сервісна мережа. Need-based, основані на потребах мережі
Програмне забезпечення (ПЗ) та алгоритми	Цілеспрямоване ПЗ. Розподілений інтелект розв'язання проблем. Програмне забезпечення, орієнтоване на користувача	Контекстно-усвідомлене ПЗ. ПЗ, що саморозвивається. Самоконфігуруюче ПЗ. Самовідновне ПЗ. Самокероване ПЗ
Обробка даних і сигналів	Контекстно-усвідомлене оброблення даних. Когнітивне оброблення та оптимізація. IoT-аналіз даних. IoT-візуалізація даних.	Загальноносенсорна об'єктна модель. Енергоєфективне оброблення даних. Автономне обчислення

Продовження таблиці 7.3

1	2	3
	Оброблення даних з урахуванням енергетичних потреб і спектра частот	
Пошукова система	Автоматичне тегування маршрутів і центри ідентифікаційного управління. Можливість відкриття / інтеграції на вимогу	Поєднання пошуку об'єктів і послуг через служби знаходження
Технології безпеки та конфіденційності	Контекстно орієнтовані технології конфіденційності та приватності. Конфіденційно спрямована оброблення даних	Низьковартісні, захищені та високоефективні пристрої ідентифікації / автентифікації. Децентралізовані підходи до конфіденційності через локалізацію інформації

Інтернет всього (Internet of Everything – IoE). Поняття IoE було запропоновано корпорацією CISCO як «розумне (intelligent) поєднання людей, процесів, даних, речей» (Rouse, 2020). На відміну від IoT, що реалізує переважно комунікації між машинами (M2M), IoE концептуально має більш широку сферу дій, зокрема комунікації машин і людей (people-to-people – M2P), а також інтерактивні комунікації між людьми (people-to-people – P2P). Інакше кажучи, IoE містить у собі сукупність Інтернету речей і традиційних підключених пристроїв, таких як комп'ютери, смартфони, планшети.

Останнім часом на ринку IoE почали активно проявляти себе відносно нові типи підключених пристроїв (годинники, окуляри, підключені TV, авто і багато іншого). Розвитку цього ринку сприяють нові прогресивні тренди: хмарні технології, високошвидкісні інтернет-мережі нового покоління (зокрема 5G) та інше. У впровадженні IoE лідирують Азія та Європа.

Важко навіть уявити собі гігантську інформаційну складність завдання, яке дозволяє розв'язувати Інтернет всього! За оцінками компанії Cisco, на кінець 2020 р. до інтернету має підключитися понад 50 млрд різних пристроїв і речей. Це означає, що кількість з'єднань повинна збільшитися до астрономічної цифри в понад 13 квадрильйонів 300 трильйонів одиниць. Водночас підключення кожного нового предмета (50 млрд + 1) збільшуватиме кількість з'єднань іще на 50 млрд. Але й це ще не все. Якщо хоча б частина предметів буде підключена до інших речей, кількість мережевих з'єднань збільшуватиметься в геометричній прогресії (Еванс, 2013).

Втім IoT існує не заради підключень, а заради користі, яку приносять ці підключення. Згідно з гіпотетичним законом Меткалфа цінність мережі зростає в геометричній прогресії залежно від кількості підключень.

Уперше цей закон сформулював Дж. Гілдер у 1993 році, посилаючись на Роберта Меткалфа. Останній сформулював його ще в 1980 році на прикладі підключення абонентів телефонних мереж. Закон Меткалфа заснований на факті, що кількість унікальних зв'язків (які виражають корисність мережі) з кількістю вузлів (n) може бути математично виражена трикутним числом $n(n-1)/2$, яке асимптотично наближається до n^2 (Еванс, 2013).

Проте не варто забувати, що справжня цінність IoT полягає навіть не в кількості підключених пристроїв, а в значущості контактів (спілкувань) між людьми, процесами, даними та об'єктами, які сприяють підвищенню якості життя людей і їхньому особистісному розвитку.

Розвиток соціально-економічних комунікацій. Інтернет усього дозволяє реалізувати цілий комплекс комунікацій (інтерфейсів). На основі аналізу публікацій (Bloem et al, 2014; Вострилова, 2015; Груман, 2014) автори сформулювали зміст основних із них. Кожна із зазначених комунікацій також ґрунтується на відповідних технологіях,

які, зі свого боку, відкривають нові низки проривних технологій.

Комунікація особистісної людини («соціо») із самою собою. Може бути реалізована, зокрема, через соціальні мережі, коли людина отримує зворотний зв'язок на висловлені думки. Це може сприяти переосмисленню її переконань або, навпаки, посиленню впевненості в них. Являє собою своєрідне посилення рефлексії.

Комунікація особистісної людини («соціо») зі своїм тілом (людиною «біо»). За допомогою датчиків, що постійно удосконалюються, людина буде в змозі контролювати системний стан свого здоров'я і виявляти (діагностувати) критичні відхилення певних параметрів.

Комунікація людини з машиною (Human + Machine). Такі комунікації використовуються все частіше, хоча людина не завжди їх помічає, адже вони стають звичними. Такі комунікації використовуються на виробництві (де машини дозволяють контролювати хід виробничих процесів або попереджають про небезпеку зривів) і в побуті (досить згадати пульт для відкривання гаражу, контроль за плитою, дистанційний ключ від авто в машині та ін.).

Крім того, системи, наділені штучним інтелектом, можуть допомагати ухвалювати рішення, наприклад, прораховувати відповідність запропонованих рішень (проектів) існуванню наявних на підприємстві чи в державі ресурсів або встановлювати їхню відповідність чинній правовій основі.

Особливої актуальності цей вид комунікацій набуває у світлі П'ятої промислової революції, центральне місце в якій набуває сама людина. Магістральним напрямом розвитку соціально-економічних систем стає формування синергетичної єдності людини і когнітивних комп'ютерних систем, озброєних штучним інтелектом. Стоїть завдання досягти максимального використання на виробництві саме

творчого потенціалу людини, яка завдяки впровадженню кіберфізичних систем може бути звільненою від виконання рутинних виробничих функцій.

Комунікація людини з речами, якими вона користується. Одяг, взуття, годинник, мобільний телефон – усе, що носить людина з собою, може завдяки зворотному зв'язку стати предметом оптимізації та підвищення ступеня сумісності в даній парі.

Електромобіль Tesla розумнішає з кожним місяцем експлуатації користувачем, отримуючи оновлення через Інтернет і обмінюючись інформацією зі смартфоном користувача. Вивчаючи звички власника, електромобіль адаптується до маршрутів, розраховує час виїзду залежно від планів у календарі і місця наступної зустрічі, прогріває салон перед розрахунковим часом виходу з дому. Скоро багато предметів навчатися взаємодіяти між собою, і кавоварка сама буде готувати каву після дзвінка будильника, на плиті буде готуватися сніданок, а електромобіль сам під'їде від парковки до ваших дверей (Комиссаров, 2015).

Одним із напрямів розвитку цього виду комунікацій, що має відбуватися у світлі згаданої вище Industry 5.0, буде *персоналізація* виробництва споживчих товарів (виробництво товарів, адаптованих під індивідуальні запити споживачів). Втім на виробничій стадії процес персоналізації зупинятися не буде. Значна частка товарів (оснащена відповідною інформаційною основою) зможе і надалі адаптуватися під уподобання та бажання споживачів.

Ще однією особливістю процесу *персоналізації* є орієнтація на запити саме особистісного начала людини. Це сприятиме соціальному розвитку людини, що обумовлено цілями сестейнового розвитку.

Комунікація машин із машинами (M2M) або речей із речами (речей із машинами). Розв'язує за допомогою системи зворотних зв'язків цілу низку завдань, найважливішими з яких є: підвищення ефективності виробництва та

експлуатації речей, удосконалення споживчих властивостей товарів (за допомогою встановлення комунікації між споживачем і виробником), екологічне вдосконалення виробництва і споживання товарів.

Комунікація людини з іншою людиною або групою людей (суспільством). Industry 4.0 обіцяє змінити не лише техносферу і середовище помешкання людини, а й відносини між людьми. Значну роль тут повинно відіграти, з одного боку, посилення психологічної стійкості кожної людини та її вміння працювати в команді, з іншого – удосконалення інструментарію міжособистісного спілкування (бізнес-етика, крос-культурні відносини та ін.).

Існують ще два важливі аспекти цієї проблематики. Це ставлення *людини до суспільства* (що відіграє значну роль в умовах істотного збільшення вільного часу і підвищення добробуту людей), а також ставлення *суспільства до людини*. Як одну із можливостей тут необхідно розглядати цілеспрямований вплив із боку суспільства з метою формування в людині особистісного начала, готового до соціального розвитку в умовах інформаційного суспільства та жорстких екологічних обмежень.

Кроки до циркуляційної економіки. Один із важливих результатів IoT може проявитися в екологічній сфері. IoT може допомогти замкнути цикли використання різних видів ресурсів, перетворивши, за влучним висловом К. Боулдінга, «ковбойську економіку» на «економіку космонавтів». Передумови для цього містяться в самій природі виробничо-споживчих систем, до яких сьогодні рухається світ. Невипадково економічну систему «Індустрії 4.0» багато дослідників називають «циркуляційною», або «циркулярною» (circular) економікою.

Крім Дедикот, 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 і країнам ефективніше відновлювати і переробляти відповідні ресурси» (Dedicoat, 2016).

Сучасні тренди розвитку IoT. Застосування нових прогресивних технологій і освоєння суспільством концепції IoT обумовлюють появу нових трендів у розвитку цього суспільного явища.

Технології нового покоління. Застосування таких технологій (насамперед 5G) дає змогу максимального ущільнення наявних мереж. Це ліквідує бар'єри, які сьогодні гальмують розвиток IoT. Зокрема проблемою є навіть отримання унікальних інтернет-адресів різними підключеними пристроями. Нові технології такі перешкоди знімають. Це, зокрема, дозволить впровадити інтелектуальні технології для розвитку «розумних міст». Як приклади можна назвати: камери відеоспостереження, ефективне управління дорожнім рухом, розумне вуличне освітлення, вивезення сміття, впровадження кнопок негайного реагування на екстрені ситуації. Те, що було неможливим ще рік або два тому, наразі стає реальністю.

Друк компонентів IoT на принтері. IoT став популярним завдяки тому, що пристрої, оснащені чіпами, відносно недорогі. Однак зараз зростає інтерес до нових технологій і матеріалів, зокрема до гнучкої друкованої електроніки. Щоб використовувати її для IoT-датчиків, потрібно модифікувати процес виготовлення.

Виробники гнучкої друкованої електроніки, найімовірніше, перейдуть на нові матеріали, наприклад на рідкий силікон (ціклогексасилан), бо для його використання не потрібно піддавати пристрій дії високих температур.

Удосконалення аналізу даних. Розвиток IoT робить реальною проблему: мало отримати можливість збирати

дані – бізнесу потрібно навчитися їх швидко обробляти та аналізувати. Розумні автомобілі та обладнання, підключене до інтернету, будуть виробляти величезні обсяги даних із відміткою часу, які компанії повинні збирати й аналізувати. Водночас чинник часу матиме вирішальне значення для аналітики таких даних. Багато підприємств зрозуміють, що їм потрібна спеціальна стратегія для цих часових рядів, щоб максимально вилучити з них всю цінність.

Оброблення даних іде в хмару. Обсяг даних з IoT надзвичайно зростає, через це їхнє оброблення піде в хмару. Технології IoT будуть розвиватися разом із хмарними платформами: користувачам індустріального Інтернету речей буде простіше вбудовувати його в бізнес-процеси і отримувати достовірні дані.

Можна виділити три вектори розвитку:

- платформи IoT стануть постачальниками достовірних великих даних для двигунів машинного навчання, на базі яких можна знаходити нові бізнес-гіпотези або вбудовувати інтелектуальні стратегії (наприклад, планувати дії), які допомагають збільшити прибуток або кількість покупців;

- призначені для користувача пристрої з кожним роком ставатимуть мініатюрнішими і дешевшими, водночас збираючи все більше і більше даних;

- з'являться вертикально інтегровані хмарні M2M-рішення на базі IoT та інших технологій. Це дозволить отримати готові хмарні IoT-сервіси та економити на розробленні спеціальних платформ, тобто швидше і дешевше впроваджувати системи індустріального Інтернету речей.

Тотальне впровадження IoT на підприємствах. Індустріальний IoT вийде за межі пілотних проєктів. Такі рішення почнуть впроваджувати в глобальному масштабі. За останні кілька років багато компаній із списку Fortune 500, наприклад Mitsubishi, випробували IoT-проєкти, тепер

процеси впроваджують у виробництво. Впровадження IoT зазвичай починається на одному заводі, тепер прийшов час масштабувати напрацювання на десятки і сотні заводів по всьому світу.

Також виробничі компанії і далі рухаються до впровадження сторонніх «хмар». Отже, інтеграція між пристроями індустриального Інтернету речей і «хмарами» стає все більш важливою.

Цивілізаційне значення IoT. Необхідно підкреслити одну дуже важливу деталь. Формування Інтернету речей означає не тільки тотальну автоматизацію виробничих і побутових процесів. Це явище означатиме якісну зміну характеру соціально-економічної системи. Річ у тім, що радикально змінюються умови життя і діяльності людини. По-перше, вона звільняється від рутинних обов'язків у виробничому процесі, отримуючи небачені до цього можливості концентрації своїх зусиль на своєму особистісному (соціальному) розвитку. По-друге, кожен індивід отримує можливості підключення через «хмару» до всепланетного потенціалу глобальної системи пам'яті, що дрейфує в бік формування всепланетної сфери розуму (за В. І. Вернадським – «ноосфери»). Проте за це людині доведеться заплатити дорогу ціну. Вона поступово перетворюватиметься на «людину мережеву».

Варто звернути увагу ще на один момент. Прийдешні зміни являтимуть собою не тільки черговий фазовий перехід до нової соціально-економічної формації, а й метаконвергентний перехід, що означає безпрецедентне формування нової соціально-економічної цілісності вищого системного рівня – всепланетної людської спільноти як «екіпажу космічного корабля Земля» із загальними органами управління та єдиною системою життєзабезпечення.

РОЗДІЛ 8

ПРИРОДНІ ТА СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНІ ОСНОВИ СЕСТЕЙНІЗАЦІЇ СУСПІЛЬСТВА

8.1 Ключові віхи на шляху до сестейнового розвитку

Навряд чи в останні кілька десятиріч перед людством стояла більш гостра проблема, ніж подолання глобальної екологічної кризи, що поставила цивілізацію на межу виживання. І чим більше поглиблювалася криза, тим очевиднішою ставала істина, що розв'язати проблему можна лише на основі радикальної трансформації природно-ресурсних основ і соціальних відносин, на яких побудована цивілізація.

У 1966 році американський економіст Кеннет Боулдінг опублікував статтю «Економіка прийдешнього космічного корабля Земля» (Boulding, 1966). Загалом ключову ідею автора можна сформулювати так. Зростання населення Землі, виснаження природних ресурсів та порушення асиміляційного потенціалу планети зумовили вичерпання можливостей «відкритої економіки», заснованої на умовно необмежених ресурсах і необмеженому потенціалі планети переробляти відходи цивілізації. Таку економіку вчений назвав «ковбойською» за асоціацією з безкрайними рівнинами та безтурботним, споживчим способом життя.

Екологічні умови змушують переходити до нових принципів «замкненої економіки» (її автор називає «економікою космонавтів»). У ній, як і в космічному кораблі, усі джерела ресурсів і всі резервуари для відходів обмежені з погляду як припливу, так і відтоку. Через це людина повинна організувати свою діяльність

на основі циклічних систем відтворення необхідних засобів життєзабезпечення.

Основною оцінкою успіху такої економіки будуть не кількісні показники виробництва і споживання продукції, або, інакше кажучи, не обсяги матеріально-енергетичних потоків, що переводяться з ресурсів у відходи – як це відбувається зараз, зокрема через застосування ключового економічного показника ВВП. Останнє характеризує лише пропускну здатність виробничих потужностей. Провідним же стане інший показник – якість і складність загального капіталу (total capital stock), що містить фізичний і розумовий стан людини (the state of the human bodies and minds) (Boulding, 1997) (рис. 8.1).

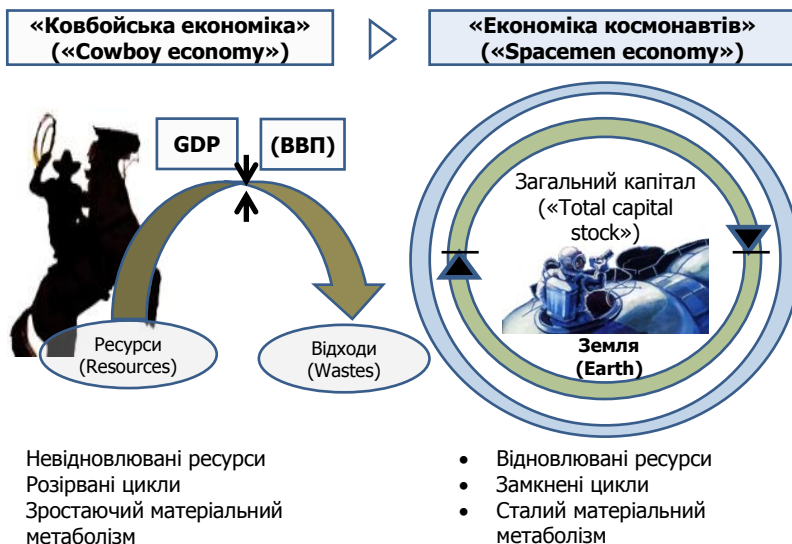


Рисунок 8.1 – Від «ковбойської економіки» до «економіки космонавтів» (концептуальна схема переходу за Боулдінгом) (складено автором)

Чверть століття після опублікування зазначеної статті у 1992 р. в Ріо-де-Жанейро на Конференції ООН із навколишнього середовища і розвитку (КНСР-92) була ухвалена концепція *сестейнового розвитку*, у якій фактично були

відображені ідеї К. Боулдінга про його рециркуляційну «економіку космонавтів».

Згідно з визначенням, яке було ухвалене в 1992 році на конференції, *сестейновим* необхідно вважати такий розвиток, який забезпечує задоволення потреб поколінь сьогодення, але не ставить під загрозу здатність майбутніх поколінь задовольняти свої власні потреби (Програма, 1993).

Однак, щоб забезпечити досягнення поставленої мети, має бути побудована економіка абсолютно нового типу. За формою вона може бути названа *сестейновою* (адже сприяє досягненню цілей *сестейнового* розвитку), а за змістом вона повинна повторювати контури «*економіки космонавтів*» (у чому ми переконаємося далі). Сестейнова економіка має ґрунтуватися на використанні відновлюваних ресурсів, будуватися на замкнених циклах і близьких до постійних обсягах індустріального метаболізму.

Віхи переходу до сестейнового розвитку

У 2002 році в Йоганнесбурзі відбувся другий Всесвітній саміт із питань сестейнового розвитку. На саміті були підбиті деякі підсумки напрямку, який людство пройшло за десять років із часу першого саміту. На Конференції була зроблена спроба трансформувати теоретичні цілі сестейнового розвитку в конкретні практичні завдання з розв'язання найважливіших економічних, соціальних та екологічних проблем (Ріо-де-Жанейро, 2002; Woop, 2004).

У 2012 році в Ріо-де-Жанейро через 20 років після першого саміту відбувся третій Всесвітній саміт із питань сестейнового розвитку (СР). На саміті «Ріо +20» приділялася увага практичному розв'язанню проблем СР; зокрема широко обговорювалися перспективи формування «зеленої» економіки, у межах якої б досягалися цілі СР (Ріо +20, 2012).

У 2015 році в Нью-Йорку глави 193 країн ухвалили новий документ «Цілі сестейнового розвитку» (Sustainable Development Goals), відомий ще під назвою «Глобальні цілі». У документі сформульовані 17 найважливіших стратегічних цілей сестейнового розвитку на період до 2030 року (далі формулювання цілей

нами подано у спрощеному вигляді): 1) подолання бідності; 2) ліквідація голоду; 3) забезпечення здоров'я і добробуту; 4) забезпечення якісної освіти; 5) гендерна рівність; 6) чиста вода і санітарія; 7) недорога і чиста енергія; 8) забезпечення сестейнового економічного зростання і гідної роботи; 9) створення необхідної інфраструктури; 10) зниження нерівності в країнах; 11) створення сестейнових поселень; 12) забезпечення моделей сестейнового споживання і виробництва; 13) запобігання зміні клімату; 14) збереження морських екосистем; 15) забезпечення цілісності екосистем суші; 16) забезпечення миру, правосуддя та ефективних громадських інститутів; 17) посилення партнерства в інтересах сестейнового розвитку. Зазначені цілі покликані замінити колишні «Цілі сестейнового розвитку тисячоліття» (Millennian Development Goals) (World, 2015).

У 2015 році в Парижі відбувся Саміт із питань клімату. Його учасники (представники 196 країн) затвердили нову рамкову угоду ООН, що визначає норми викидів парникових газів після 2020 року і заходи щодо запобігання зміні клімату. На Саміті була узгоджена базова мета – не допустити глобального збільшення температури більше ніж на 2 °C (Paris, 2015).

Формування *«зеленої» економіки*, заснованої на принципово новому типі технології та економічних відносин, має закономірний характер. З одного боку, це обумовлено необхідністю переходу до сестейнового розвитку, що дозволяє подолати загрозу глобальної екологічної катастрофи і забезпечити перехід до пріоритетів соціального (особистісного) розвитку людини. З іншого боку, досягнутий науковий і технічний рівень суспільства на сучасному етапі створює передумови для розв'язання поставлених завдань.

Завдання формування *«зеленої» (сестейнової) економіки* на цьому етапі цивілізаційного розвитку стає можливим завдяки тому, що Третя промислова революція створює передумови для переходу на значно ефективніші технологічні рішення щодо виробництва і споживання продукції.

8.2 Природно-ресурсна та соціально-економічна обумовленість формування сестейнового суспільства

Об'єктивні передумови переходу до сестейнового розвитку мають два ключові взаємозв'язані виміри, які умовно можуть бути названі *ресурсним* і *енергетичним*.

Ресурсний вимір. Ресурсна проблема обумовлена істотним перевищенням допустимого навантаження на екосистеми, що підтримують стабільність фізичних умов життя на Землі.

На сьогодні виробничий комплекс використовує лише незначну частину видобутих природних ресурсів. Їхня лівова частка (за деякими оцінками, від 90 % до 95 %) повертається в природу, проте вже в значно токсичнішому і більш неврегульованому стані, обумовлюючи процеси руйнування і забруднення природних систем.

Про те, наскільки об'єктивний характер мають підстави для стурбованості світової громадськості проблемами глобальної екологічної кризи і зміни клімату, свідчать численні приклади. Ми проілюструємо це на прикладі індикаторів «екологічного сліду» (footprint) і показників екологічних порогів (за Н. Ф. Реймерсом).

Показник «екологічного сліду» характеризує розмір усередненої площі нашої планети (у глобальних гектарах) у розрахунку на одного жителя (або на одиницю виробництва продукції), необхідних для забезпечення необхідними природними ресурсами та утилізації (поглинання, захоронення, очищення) відходів, що утворюються. За даними доповіді некомерційної організації Мережа глобального сліду (Global Footprint Network) і Всесвітнього фонду дикої природи (WWF) за 2014 рік, уже упродовж останніх 40 років споживання людством природних ресурсів перевищує можливості Землі для їхнього відтворення. За оцінками зазначених організацій, для відтворення всіх ресурсів, які споживає людина, щорічно потрібно використовувати природно-ресурсний потенціал, що в півтора раза перевищує можливості

планети Земля. Якщо бути точним, сьогодні середнє значення «екологічного сліду» в розрахунку на одного жителя планети наближається до 2,6 глобальних гектарів за місткістю біопотенціалу планети в 1,7 га на одного жителя (Global footprint, 2016). Це означає, що перевищення допустимої межі навантаження на екосистеми планети становить понад 50 %. За такого гіпертрофованого навантаження екосистеми не тільки починають гірше виконувати свої функції з відтворення природних ресурсів та очищення забруднень, але, власне, і самі починають руйнуватися під впливом екодеструктивного преса, що, зі свого боку, призводить до подальшого уповільнення їхньої функціональної діяльності.

Надзвичайно бентежить той факт, що темпи деградації екосистем планети постійно зростають. У серпні 2017 р. вже згадані організації WWF і Global Footprint Network опублікували звіт, у якому констатували, що 2 серпня 2017 року людство перевищило витрачання ресурсів, які планета здатна відтворити лише за один рік. Інакше кажучи, за 7 місяців людство використало стільки води, повітря, тваринних і рослинних ресурсів, скільки воно повинно було використати (витратити) за 12 місяців. Зазначений показник розраховують з 1986 р. Перетинання цієї червоної межі відбувається кожного року все раніше. Зокрема в 1993 році це відбулося 21 жовтня, у 2003 році – 22 вересня, а у 2015 р. – 13 серпня (Человечество, 2017).

До речі, Україна посідає 51-ше місце серед 121 країни за показником «екологічного сліду», маючи його значення 3,19 га. Це менше, ніж у Росії (4,4 га), ЄС (4,72 га) і США (7,19 га) (Мировая, 2012).

Вихід полягає в зміні технологічної основи наявного виробництва і переході від субтрактивних до *адитивних* технологій. Перші ґрунтуються на відсіканні всього зайвого в ході виробничого процесу (від англ. subtract – відняти), другі – навпаки – на додаванні (від англ. add – додати) лише необхідного, що практично усуває неминучість відходів. Реалізацію зазначених технологій забезпечують широким впровадженням 3D-принтерів. Неважко зрозуміти, що потреба в сировині і матеріалах за такого підходу знижується в рази, а з урахуванням ефектів мультиплікації

за стадіями виробництва (де усувається необхідність значної кількості переробних підприємств, а також потужностей для виготовлення для них засобів виробництва), то і на порядки. Перехід до нової технологічної основи покликана здійснити Третя промислова революція (Т. п. р.), яка розпочалася за ініціативи ЄС на межі ХХ і ХХІ століть.

Проте цим екологічний ефект матеріально-ресурсних інновацій Т. п. р. не вичерпується. Технологічний інструментарій, що формується в її процесі, дозволяє обмежити матеріали, які застосовують у виробництві, тими речовинами, що органічно сприймаються екосистемами планети. Зокрема «чорнило» (так називаються матеріали, з якими працюють 3D-принтери) все більше виготовляють на основі кремнію і целюлози, тобто матеріалів, що переважають у природі.

Енергетичний вимір. Проблеми енергетичного виміру беруть свої витoki в ресурсному вимірі. Вони є законним наслідком саме перевищення допустимих меж впливу на природні системи.

Свого часу радянським ученим Н. Ф. Реймерсом були сформульовані екологічні пороги навантаження на природні системи (рис. 8.2).

На думку Н. Ф. Реймерса, екологічне навантаження на біосферу Землі вже наприкінці 1980 р. наближалось до небезпечних порогів саморуйнування енергетичної системи планети (пори́г виходу зі стаціонарного стану – 0,1–1,5 % від норми; пори́г деградації (деструкції) – десятки частки і відсотки від норми). Відтоді становище лише погіршилося.

Отже, ключову проблему, що лежить в основі енергетичного виміру, у дещо спрощеному вигляді можна сформулювати так. Виробництво енергії на Землі досягло межі, за якою слідує руйнування енергетичної системи планети

(саме такі процеси обумовлюють, зокрема, явище, що визначають таким містким поняттям, як глобальна зміна клімату).



Рисунок 8.2 – Екологічні пороги за Н. Ф. Реймерсом (Реймерс, 1990)

З урахуванням зазначеного обмеження задоволення енергетичних потреб зростаючого населення Землі може забезпечуватися лише двома напрямками. Перший – пов’язаний з отриманням енергії без збільшення її загальної кількості, що утворюється на поверхні планети. Відповідно потреби в енергії повинні задовольнятися не завдяки виробництву додаткової кількості енергії, а через перерозподіл того енергетичного потенціалу, який надходить на Землю з космосу, зокрема від Сонця. Це обумовлює перехід на відновлювані джерела енергії.

Другий напрям пов’язує з значним зниженням енергоемності процесів життєзабезпечення людини. Це

передбачає істотне підвищення енергетичної ефективності процесів життєдіяльності людини.

Загалом обидва зазначені напрями покликані розв'язати проблему, яка об'єктивно існує в економіці, а саме – необхідно знизити енергоємність процесів життєдіяльності людини не на відсотки, а в рази (!). Як переконаємося далі, обидва завдання успішно розв'язуються в процесі Т. п. р. заради досягнення стану сестейновості (зокрема стійкості) природи і суспільства.

Сестейновість (sustainability) – це стан упорядкованості (rearrangement) технічних, наукових, екологічних, економічних і соціальних ресурсів, який досягається і постійно підтримується на основі дії зворотних зв'язків і за якого система здатна забезпечувати динамічну урівноваженість процесів свого метаболізму в часі і просторі (Хенс и др., 2007).

Концепція сестейнового розвитку фактично передбачає підтримання сестейнового (динамічно рівноважного) стану триєдиного системного цілого, що містить три базові компоненти: людина (як біологічна істота) – природа – суспільство.

Це завдання надзвичайної складності. Адже мова йде про приведення до збалансованого стану рівнів гомеостазу (тобто відносно вузьких інтервалів зміни параметрів) трьох ключових взаємозв'язаних систем:

- організму людини (а фактично – мільярдів людей, що живуть на Землі);
- біосфери (а фактично – трильйонів особин, що утворюють екосистеми планети);
- економіки (а фактично – сотень мільйонів економічних суб'єктів, які забезпечують функціонування економічних систем світу).

Завдання це нескінченно складне ще й через динамізм зазначеної системної тріади. Будь-який її стан має відтворюватися заново щомomentно в кожній точці простору.

Щоб згадане триєдине системне ціле: «людина (у розумінні людської популяції) – біосфера – економіка» зберігало свою цілісність і стійкість, необхідно, щоб підтримувалася (точніше – самопідтримувалася) стійкість кожної із згаданих систем. Біологічна природа людини значною мірою обмежує умови середовища, у яких вона може фізично існувати, підтримуючи рівень свого гомеостазу. Будь-яке відхилення за межі допустимих порогів у той чи інший бік температури, тиску, сонячної радіації і сотень інших параметрів середовища, від яких залежать умови життя і діяльності людини, буде для неї фатальним. Але щоб підтримувати наявні на Землі природні умови (поки що придатні для життя людини), біосфера, зі свого боку, повинна зберігати свій самовідтворювальний потенціал і параметри свого гомеостазу, а отже, кількісний склад своїх екосистем і якісні характеристики процесів, що відбуваються в них.

Саме біосфера забезпечує умови існування для біологічної природи людини і розвитку її особистісної (соціальної) сутності. Вона також є середовищем для функціонування соціально-економічної системи (джерело ресурсів і середовище утилізації відходів). А соціально-економічна система в кінцевому підсумку задовольняє лівову частку матеріальних та інформаційних потреб сучасної людини. Адже сучасна людина існує саме в індустріалізованому соціальному світі. Несуча здатність біосфери та її складових екосистем може без шкоди для себе «витримати» обмежену кількість населення планети, точніше – те екологічне навантаження, яке спричиняє виробнича система, що працює, щоб прогнати і створити умови життя для тієї кількості людей, які живуть на планеті.

Якщо не змінюється технологічний рівень виробництва, і залишається незмінним рівень питомого еколо-

гічного навантаження від обслуговування одного мешканця планети (останнє вимірюється, зокрема, показниками природоємності, матеріаломісткості, енергоємності, «екологічного сліду» та ін.), то будь-яке збільшення кількості населення автоматично посилює навантаження на природні системи Землі. Після того, як антропогенне навантаження переходить певну критичну межу, екосистеми, не витримуючи такого впливу і не встигаючи самовідтворюватися, починають руйнуватися. Це, до речі, ми і спостерігаємо зараз як на локальному, так і на глобальному рівні.

Отже, якщо ми прагнемо зберегти несучу здатність біосфери та хочемо, щоб її екосистеми не втрачали основи своїх самовідтворювальних потенціалів, потрібно домагатися одного з двох:

1) або зупинити зростання населення планети, стабілізувавши його в межах, які здатна забезпечити життєвими ресурсами біосфера планети;

2) або навчитися так якісно трансформувати виробничий комплекс (а заодно і потреби населення), щоб питома екологічне навантаження (у розрахунку на одного мешканця), яке діє на природу планети, знижувалося хоча б з такою самою швидкістю (краще – швидше), з якою зростає населення Землі.

Однак фізична стійкість зазначеної системи (людина – біосфера – економіка) – лише передумова того, що на Саміті в Ріо в 1992 році названо *сестейновим розвитком*. Бо цей розвиток передбачає не тільки фізичне виживання людської цивілізації, але і її неухильний соціальний прогрес. Без нього цивілізація може перетворитися на якусь подобу мурашника (за влучним висловом радянського філософа О. Зінов'єва, – «человейник»), мешканці якого виживуть, законсервувавши природні умови свого помеш-

кання (як це зробили мурахи у своїх мурашниках), а одночасно із цим і рівень свого особистісного розвитку.

Парадоксом є те, що людина сама ж руйнує наявний гомеостаз біосфери. Відбувається це з двох причин: по-перше, через зростання населення планети (новим мешканцям потрібні нові природні блага, яких на Землі залишається незадіяними все менше), по-друге, через якісну зміну потреб людей. У ході наукового прогресу з'являються нові форми впливу на довкілля. Перебудовуючи своє життя, людина змінює і природу.

Згідно з прогнозами (Капица, 2010) стабілізація населення (демографічний перехід) Землі може настати в межах 2050 року.

Констатуючи незаперечливий факт негативного, руйнівного впливу виробничого комплексу на природу, не можна не визнати, до того ж, значну стимулювальну роль цього явища для прогресивного розвитку людини. Уявімо собі, що людство постійно перебуває в гармонії із природою, не створюючи екологічних криз, не обумовлюючи виникнення відповідних суперечностей і необхідності їхнього розв'язання. Фактично це означатиме припинення розвитку людини і перетворення історії соціального розвитку на історію біологічного існування популяції людей.

Тому згубне з екологічного погляду зростання населення відіграє насправді важливу роль рушійної сили соціального прогресу. За умов стабілізації кількості населення Землі людству доведеться відшукувати інші форми мотиваторів для забезпечення свого прогресивного соціального розвитку.

Отже, іще раз зазначимо. В умовах, коли процеси впливу людини на природу досягли глобальних масштабів, у її арсеналі залишилося лише два можливі напрямки для збереження стійкості природних умов на планеті (а отже, і самої себе). Перший – обмежити зростання населення Землі. Другий – навчитися змінювати процеси суспільного виробництва і споживання продукції, зменшивши їхній

негативний вплив на природу. Це можна зробити, лише різко знизивши природоємність (матеріаломісткість, енергоємність) систем життєзабезпечення людини; причому швидкість цього зниження повинна обганяти темпи зростання населення або хоча б їм відповідати (Бобылёв, 2012; Вайцеккер и др., 2013; Сотник, 2012).

З урахуванням причинно-наслідкових зв'язків можна виділити три рівні цілей: *генеральна мета* – збереження людини як біологічного виду і прогресивний особистісний розвиток людства; *забезпечувальні цілі* – збереження умов, у яких може існувати і розвиватися людство; *підтримувальні цілі* – збереження біосфери і локальних екосистем, які підтримують умови існування людства (рис. 8.3).

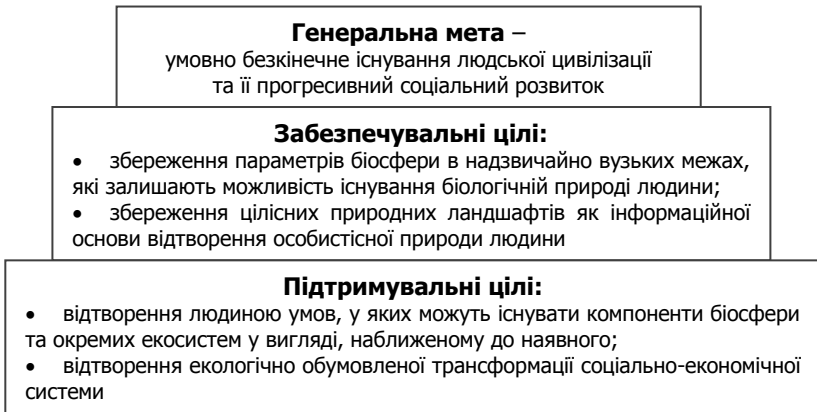


Рисунок 8.3 – Взаємозв'язок цілей сестейнового розвитку (складено автором)

Ще раз підкреслимо, що генеральна мета має два рівні виміру, або розпадається на два рівні підцілей: 1) необхідний – фізичне виживання людини біологічної; 2) достатній – особистісний розвиток людини соціальної. Обидва

рівні надзвичайно важливі, хоча це не завжди відразу можна усвідомити.

Забезпечувальні цілі на підставі вищезазначеного мають два рівні орієнтирів:

1) збереження в досить вузьких межах параметрів біосфери, у яких здатна існувати біологічна природа людини (тобто, у яких людський організм може підтримувати рівень свого гомеостазу); серед цих параметрів необхідно виділити ключові: характеристики клімату, фізичні параметри довкілля (температура, електромагнітні показники, космічні випромінювання та ін.), склад атмосфери та води, склад ґрунтів для виробництва продукції сільського господарства;

2) збереження цілісних природних ландшафтів, інформаційний контакт із якими життєво необхідний для відтворення особистісних властивостей соціальної людини.

Підтримувальні цілі передбачають створення (підтримання) умов, у яких можуть існувати біосфера та її складові екосистеми. Саме вони і підтримують (відтворюють) життєво важливі параметри існування людини як біологічної істоти та особистості.

Досягнення зазначених цілей – важливе завдання, яке повинна взяти на себе людина. Воно розв'язується за допомогою консервування (збереження в незмінному вигляді) окремих ландшафтів дикої природи (створення заповідників) або мінімізації антропогенного впливу на екосистеми (створення заказників і природних парків), а також обмеження можливостей втручання людини в природу (розроблення і дотримання екологічних стандартів, нормування умов життя і діяльності та ін.).

Але це лише частина проблеми. Інша складова пов'язана з перебудовою людиною своєї технологічної основи. Річ у тім, що якщо кількість населення Землі зрос-

татиме і далі (як це, зокрема, відбувається зараз), за умови збереження наявного технологічного рівня жодні екологічні стандарти й обмеження не врятують екосистеми від згубного для них техногенного впливу. Технологічні системи повинні удосконалюватися так, щоб у міру зростання населення їхня відносна екодеструктивність (за величиною екологічних наслідків у розрахунку на одного жителя планети) знижувалася. Причому ця екологічно обумовлена трансформація виробництва повинна відтворюватися постійно. Інакше кажучи, повинно постійно відтворюватися підвищення ефективності (зокрема екоефективності) функціонування соціально-економічної системи.

До зазначеного необхідно додати, що постановка завдання, у межах якого реалізація цілей сестейнового розвитку досягалася б одночасно зі стійкістю як соціально-економічної системи, так і біосфери, серед фахівців отримала назву *сильної стійкості (сестейновості)*.

У тому разі, якщо передбачається досягнення відносної стійкості лише соціально-економічної системи (без урахування зміни стану довкілля), відзначають про *слабку стійкість*. Мабуть, такий вибір термінології не є випадковим, оскільки без забезпечення стійкості природного середовища не може бути надовго досягнута і стійкість соціально-економічної системи.

Названі проблеми і покликана розв'язати «зелена» (сестейнова) економіка, що формується в процесі Третьої промислової революції.

8.3 Контури «зеленої» (сестейнової) економіки

«Зелена» (сестейнова) економіка – це господарська система, що забезпечує досягнення цілей *сестейнового розвитку*.

Теорія «зеленої» економіки ґрунтується на трьох аксіомах (Вернадский, 2003; Дейлі, 2002; Коммонер, 1974):

– неможливо нескінченно розширювати сферу впливу в обмеженому просторі;

– неможливо вимагати задоволення нескінченно зростаючих матеріальних потреб в умовах обмеженості ресурсів;

– усе на поверхні Землі є взаємозв’язаним.

На підставі наявних природно-екологічних реалій, що накладають у кінцевому підсумку обмеження на розвиток продуктивних сил і відповідні параметри матеріально-енергетичного метаболізму людської цивілізації в умовах Землі (Global footprint, 2016), формуються основні контури сестейнової (або «зеленої») економіки (рис. 8.4), саме її покликана побудувати Третя промислова революція (Т. п. р.).

- застосування відновлюваних ресурсів;
- замкнені цикли використання ресурсів;
- матеріальні компоненти гармонійно вписуються в екосистеми;
- стабільний обсяг індустріального метаболізму;
- дематеріалізація метаболізму (у рази!);
- ефективне акумулювання енергії;
- режим постійної самооптимізації (самонастроювання) технічних систем на оптимальні параметри гомеостазу;
- режим постійного самовдосконалення;
- неперевищення екологічних порогів;
- збереження біорізноманіття та екосистем;
- пріоритет відтворення особистісної основи людини



Контури сестейнової («зеленої») економіки

Рисунок 8.4 – Основні характеристики «сестейнової» («зеленої») економіки (складено автором)

Порівняльний аналіз особливостей традиційної та «зеленої» економік дозволяє краще зрозуміти змістовну специфіку останньої.

Характеристики «зеленої» економіки багато в чому відтворюють контури «економіки космонавтів», про яку ми згадували на початку розділу. У цьому неважко переконатися, порівнявши дані рисунків 8.4 та 8.1.

Аналізуючи наведені вище передумови досягнення сестейновості розвитку, можна сформулювати необхідні риси сестейнової економіки. Вони одночасно будуть позначати ті напрямки, за якими повинна просуватися сестейнізація економіки. Основними з них назвемо:

- *ресурсовідновлюваність*; принциповою основою «зеленої» економіки повинні стати відновлювані ресурси;
- *дематеріалізація*; кардинальне зниження матеріаломісткості, енергоємності та природоємності;
- *трансформаційність*; постійне просування в бік удосконалення через прогресивні трансформації;
- *інноваційність*; сприйнятливість до швидкого впровадження прогресивних інновацій;
- *натуралізація*; наближення форми задіяних матеріалів, видів енергії і технологічних процесів до тих, що існують у природі;
- *соціальна орієнтованість*; домінантною метою є перехід від пріоритету економічних цілей до пріоритету цілей соціального розвитку людини;
- *інформаційна спрямованість*; пріоритетною є інформатизація сфер виробництва і споживання продукції;
- *етизація і гуманізація економіки*; реалізація етичних принципів сестейнової справедливості;
- *синергетизація*; об'єднання окремих економічних суб'єктів у цілісні системи («системи систем»), які можуть

набувати масштабів локальних, регіональних, континентальних або глобальних мереж;

– *децентралізація*; збільшення свободи окремих економічних суб'єктів в ухваленні рішень і реалізації діяльності за принципом: «центр всюди, периферія – ніде»;

– *самоорганізованість*; підвищення ступеня самоорганізації систем за принципом: «думай глобально – дій локально».

Впливаючи один на одного, зазначені характеристики формують складну багатофакторну систему функціональних властивостей соціально-економічної системи, здатної здійснити перехід до сестейнового розвитку. Водночас кожна з характеристик є одночасно і метою реалізації певного напрямку, і засобом реалізації інших характеристик (напрямків). Зокрема *дематеріалізація* суспільного виробництва може бути досягнута лише через *ресурсовідновлюваність*, *постійну прогресивну трансформацію* господарських систем, їхнє *інноваційне* оновлення, *натуралізацію* та відтворення інших зазначених характеристик, зокрема *соціально орієнтованість*. Водночас сама *дематеріалізація* виробництва та споживання продукції (що забезпечує істотне здешевлення та екологізацію процесів задоволення потреб), зі свого боку, є необхідним засобом переходу до *соціально орієнтованого розвитку*.

Розвиток систем передбачає збільшення ступеня їхнього самоупорядкування. Так само, упорядкованість систем формується за чотирма основними напрямками, які умовно можуть бути названі: *матеріально-енергетичним*, *інформаційним*, *синергетичним* та *інтегральним*. Перші три обумовлені впливом на відповідні групи чинників формування системи, а четвертий напрям пов'язаний з інтегральним процесом відтворення всіх трьох груп чинників, тобто обумовлений впливом на весь відтворювальний фе-

номен формування системи. Відтворювальний феномен, який реалізує в кожній природній системній сутності (від елементарної частинки до біосфери) властивість відтворювати триєдність зазначених природних начал, і є тим феноменом, через який проявляється здатність систем до їхньої самоорганізації.

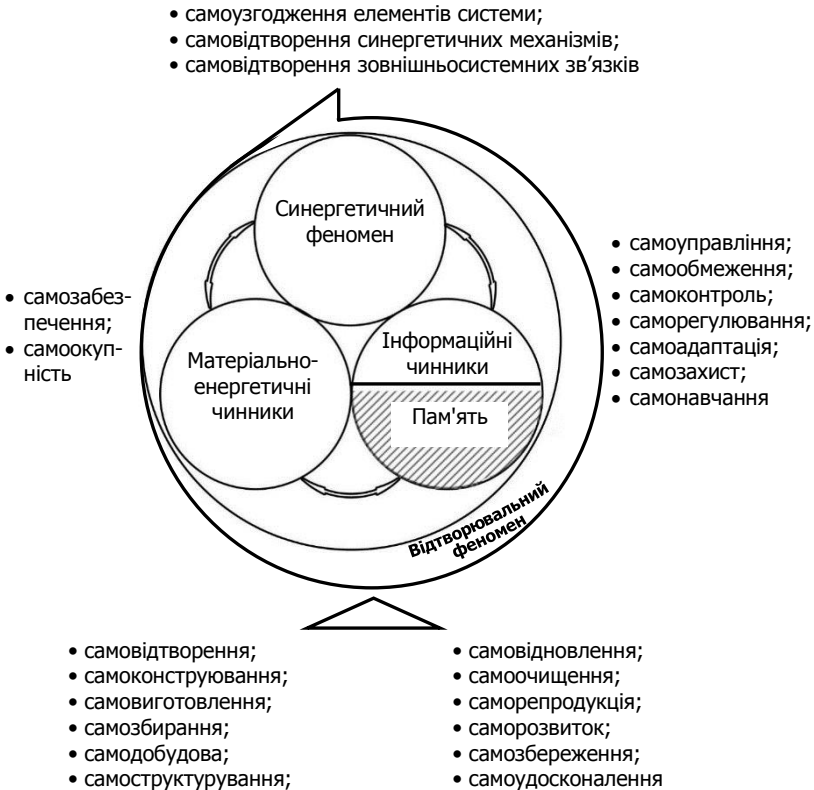


Рисунок 8.5 – Напрямки самоорганізації систем (складено автором)

На рисунку 8.5. подана умовна схема реалізації триєдності природних начал і види процесів самоорганізації.

Пам'ятаючи про триалектичність механізму формування систем, можна сформулювати чотири ключові напрямки сестейнізації економіки:

- 1) прогресивна трансформація матеріально-енергетичної складової;
- 2) удосконалення інформаційного алгоритму (програми) формування економічних систем;
- 3) удосконалення синергетичної компоненти (комунікацій, зв'язку, відносин, інфраструктури);
- 4) підвищення рівня самоорганізації економічних систем.

8.4 Механізми відтворення «зеленої» економіки

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

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

Доцільно підкреслити глибинний зміст терміна «сестейнізація». Процеси переходу до *сестейнового розвитку* значно ширші, власне, екологічного вдосконалення, що можна розуміти як зниження технократичного навантаження на природні системи. Вони

охоплюють широкий спектр явищ зміни якості соціально-економічних систем, зокрема їхню гуманізацію, дематеріалізацію, етизацію та ін. Усі вони і повинні задіюватися в згадані трансформаційні процеси.

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

У зв'язку із зазначеним доречно прокоментувати застосувану термінологію англомовного поняття «sustainable»; воно означає: те, що стосується сестейнового розвитку. Це важливо для адекватного перекладу значної кількості відповідних термінів (особливо з урахуванням тієї україномовної термінології, яку використовують зараз). Зокрема не будемо ж ми перекладати сполучення «sustainable transport» або «sustainable goods» як «стійкий транспорт» і «стійкі товари» (адже це означатиме насамперед те, що ці речі не перекидаються, – а вони і не повинні бути іншими, за рідкісними винятками). Ще більш проблемним є намагання перекласти на українську мову згаданий термін «sustainable transport» із застосуванням вживаного терміна «сталий» (виходить, транспорт, який не рухається). Не виникає сумнівів, що більш вдалим для використання є термін, утворений як калька з англомовного терміна «sustainable», а саме: «сестейновий» (наприклад, транспорт, стиль життя та ін.), «сестейнове» (наприклад, поселення) або «сестейнові» (товари). Термін незвичний, проте точний, що однозначно передає значення оригіналу.

Ланцюжок послідовних процесів руйнування природи, накопичуючись, веде до споживача. Споживач є єдиною ланкою у виробничо-споживчому циклі, на виході якого існують лише відходи. Дуже важко точно дати інтегральну оцінку екодеструктивним процесам усього ланцюжка виробництва і споживання продукції. Однак якщо врахувати, що їхню основу становлять енергоємні процеси, то структура впливу споживчого попиту на природу може бути приблизно оцінена за енергоємністю окремих складових процесів споживання. Існують інші підходи до оцінювання рівня екологічності, наприклад, за збиткоємністю виробничих процесів, кількістю екологічно несприятливих

ланок у загальному циклі виробництва і споживання продукції та ін.

Складові відтворювального механізму. Процес екологізації виробництва повинен становити собою систему (рис. 8.6), що постійно відтворює основні взаємозв'язані і взаємообумовлені системні елементи. До основних компонентів відтворювального механізму екологізації народногосподарського комплексу можуть бути віднесені відтворення:

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

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

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

У кожному конкретному випадку механізм реалізації завдань сестейнізації передбачає формування чотирьох взаємозв'язаних компонентів системи, які, умовно кажучи, утворюють «квадрат» управлінського механізму, зокрема, екологізації (рис. 8.7): цільових установок; об'єктів екологізації; суб'єктів екологізації; інструментів екологізації (переходу до сестейнового розвитку).



Рисунок 8.6 – Схема відтворювального механізму сестейнізації економіки (складено автором)

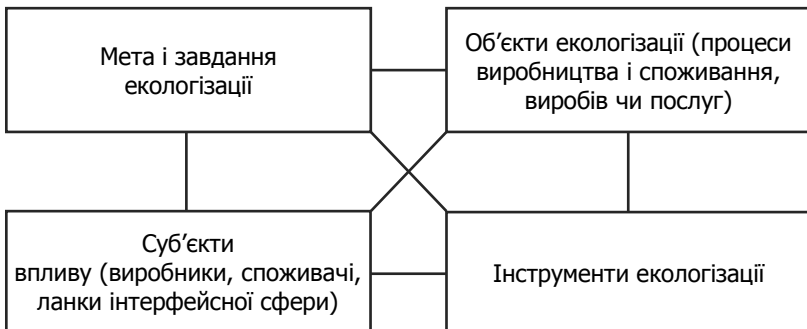


Рисунок 8.7 – Схема механізму реалізації завдань екологізації (складено автором)

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

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

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

Напрями екологізації. Аналіз найбільш гострих вузлів екодеструктивного впливу у виробничо-споживчому циклі дозволяє сформулювати основні напрямки формування завдань екологізації, що є складовою загального процесу сестейнізації національної економіки (рис. 8.8) (Øosterhuis et al., 1996).

Об'єкти екологізації. Під об'єктами екологізації йдеться про компоненти економічної системи (вироби, послуги), виробництво або споживання яких пов'язане з чинниками екодеструктивного впливу і які можливо (необхідно) трансформувати для досягнення цілей екологізації. Так само під чинниками екодеструктивного впливу необхідно розуміти процеси виробництва і споживання продукції або самі продукти (вироби, послуги, виконувана робота), застосування (використання) яких створює причини порушення природного середовища.



Рисунок 8.8 – Схема концептуальних напрямів формування завдань екологізації (Øosterhuis et al., 1996)

Суб'єкти екологізації. Аналіз потенційно можливих суб'єктів екологізації дозволяє виділити кілька груп «цільових осіб» процесу екологізації, тобто підприємств, організацій та/або фізичних осіб, впливаючи на які можна досягати цілей екологізації. Відповідно до розглянутої проблеми екологізації вони умовно можуть бути названі: *первинними* (безпосередньо відповідають за процеси екологічної деструкції, тобто є виробниками і споживачами продукції), *вторинними* (впливають на первинних суб'єктів; це, зокрема, можуть бути міністерства і відомства, до складу яких входять підприємства); *обслуговчими* (формують правове та мотиваційний поле діяльності первинних суб'єктів; ними, зокрема, можуть бути урядові та регіональні органи управління) і такими, що *сприяють* суб'єктам (зокрема це неурядові організації, ЗМІ та ін.).

Стратегії екологізації. На основі відібраних напрямків можуть бути запропоновані три базові і три проміжні стратегії для визначення об'єктів екологізації (рис. 8.9).

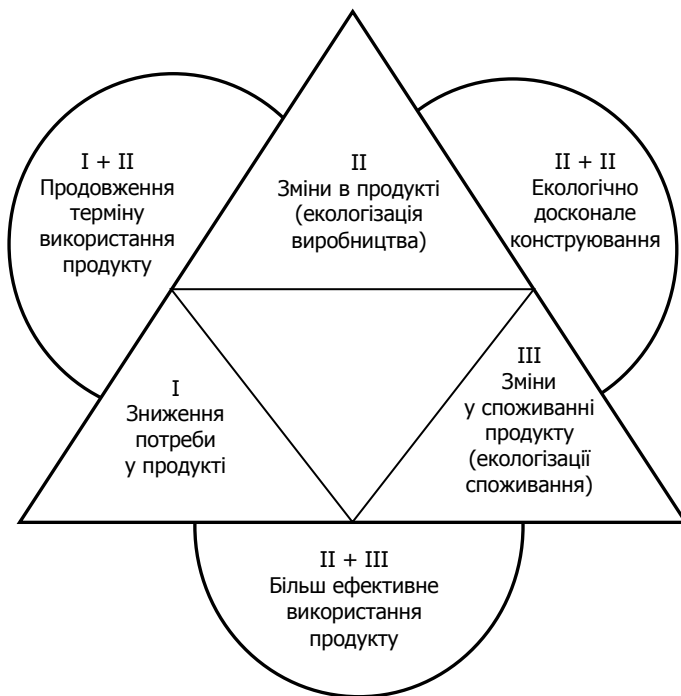


Рисунок 8.9 – Інноваційні стратегії впливу на об’єкти екологізації (Øosterhuis et al., 1996)

Стратегії впливу на сфери господарювання. Як відомо, у ринкових умовах механізми регулювання економічних відносин між господарськими суб’єктами реалізуються через взаємодію попиту та пропозиції. Вплив на ці дві компоненти ринку і сферу, яка б пов’язала їх, є вихідною передумовою формування ключових стратегічних схем управління процесами екологізації. У літературі з проблем екологізації (Øosterhuis et al, 1996) називаються, зазвичай, три ключові стратегії впливу на економічних суб’єктів із метою реалізації екологізації (сестейнізації) економіки:

- 1) вплив на пропозицію (виробництво);
- 2) вплив на попит (споживання);
- 3) вплив на інтерфейсну сферу, тобто взаємозв'язки між виробниками і споживачами. Схематично це подано на рисунку 8.10.

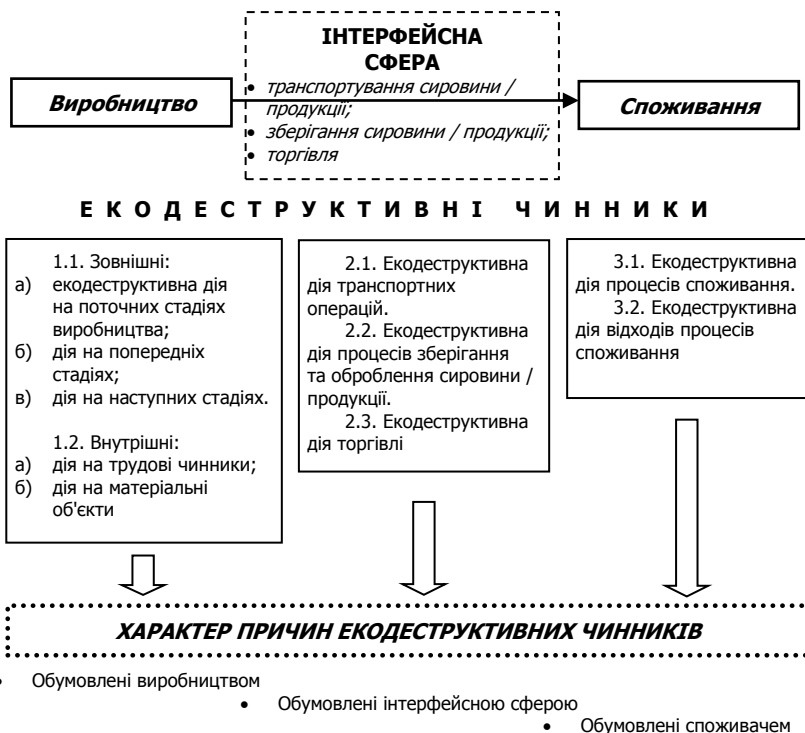


Рисунок 8.10 – Схема реалізації стратегій впливу на сфери діяльності з метою екологізації економіки (складено автором)

Як бачимо, явище сестейнізації господарської системи має низку відмінних ознак. По-перше, воно дуже динамічне і в разі успішної реалізації повинне являти собою не разову міру і навіть не комплекс заходів, а постійний процес відтворення трансформацій економіки. По-друге, ці

зміни повинні стосуватися не окремих ланок, а цілісної системи господарського механізму. По-третє, рушійною силою згаданих процесів повинні бути не тільки стимулювальні сигнали, що надходять із верхніх ешелонів влади, а й мотиваційні імпульси сестейнового самовдосконалення, внутрішньо властиві економічним суб'єктам різних управлінських рівнів.

8.5 Діалектика сутнісної основи людини в процесах сестейнізації

Людина як ключовий чинник економічної системи. Основною рушійною силою будь-якої соціально-економічної системи є розвиток людей. В економічній системі людина виконує ключові функції:

- *проектувальника* (засобів виробництва, конструкційних матеріалів, технологій, систем енергозабезпечення, споживчих благ, середовища проживання людини, комунікацій та ін.);
- *виробника* (усього зазначеного вище);
- *організатора* (процесів проектування, виробництва і споживання продукції);
- *комунікатора* (суб'єкта, що визначає реалізацію відносин у суспільстві);
- *споживача* (матеріальних та інформаційних благ).

Не можна зрозуміти напрямків розвитку людини, не усвідомивши системну природу її сутнісних начал.

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 відбуваються в її організмі. «Соціо» являє собою немате-

ріальне, інформаційне начало, що реалізує особистісну сутність людини. «Трудо» функціонує на основі здатності людини здійснювати роботу завдяки інтеграції силових властивостей людини «біо» та особистісних властивостей людини «соціо». Різниця сутнісних начал людини обумовлює формування трьох різних груп потреб, які значно відрізняються одна від одної, а багато в чому навіть є взаємосуперечливими.

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

Людина і далі залишається одним із представників тваринного світу з властивим їй обміном речовин, терморегуляцією, рухами. Інакше кажучи, вона залишається організмом, якому для існування постійно потрібно підтримувати фізіологічні функції.

З іншого боку, у людині виникає і починає розвиватися особистісна сутність, тобто певний нематеріальний, інформаційний фантом, який споживає лише інформацію. Цілком імовірно, саме про цю людську сутність йдеться, коли згадують про «душу» людини. Особистість людини може сформуватися лише в суспільстві, тобто взаємодіючи з іншими схожими особистостями. Отже, особистісну сутність людини можна ще назвати людиною соціальною, або «соціо».

Порівняльний аналіз потреб різних сутнісних начал людини. Особистісні потреби «трудо» значною мірою відрізняються від особистісних потреб людини «соціо», а в чомусь і суперечать останнім. Особливо виразно це можна простежити на потребах «трудо-» і «соціо-людини» щодо природного середовища. Така ситуація обумовлена принципово різними установками людини «трудо» і «соціо».

«Трудо-людина» змушена постійно орієнтуватися на досягнення кінцевого виробничого результату та підвищення ефектив-

ності праці. Це закономірно обумовлює її прагнення до зниження витрат, стандартизації та спрощення виробничих процесів (усунення зайвих елементів), стандартизації предметів і знарядь, праці, зокрема тих, що мають природне походження.

На відміну від людини «трудо», «соціо-людина» за своєю природою має нескінченний зміст формування своєї сутності. Це обумовлює необхідність для її розвитку, відповідно її контактів, навпаки, з цілісними, складними, нестандартними, різноманітними природними системами. Так само це визначає принципову відмінність у поведінкових установках «трудо-людини» і «соціо-людини» (табл. 8.1).

Таблиця 8.1 – Порівняльна схема поведінкових установок-прагнень «трудо-людини» і «соціо-людини» (складено автором)

Людина «трудо»	Людина «соціо»
До кінцевого	До нескінченного (в обмеженому)
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 багатофункціональності

Безумовно, наведений поділ людських сутностей на «біо», «трудо» і «соціо» має здебільшого умовний характер. Через те, що зазначена тріада змушена існувати в єдиному тілі, часом навіть складно виділити характерні риси кожної з цих сутностей. Своїм розумом і волею людина прагне до того, щоб цілі функціонування кожної з частин її сутнісної тріади збігалися або були близькі до цього. У цьому разі можна вважати, що, коли настає гармонія різних начал у людині, сама вона переживає душевний комфорт.

Проведений аналіз надзвичайно важливий для формування уявлень про роль людини в економічній системі.

Тут людина може бути в кількох взаємозв'язаних ролях, про які ми вже зазначали вище (конструктора, виробника і споживача).

Економічна система спрямована на задоволення потреб усіх трьох умовних складових сутнісної тріади людини. Однак структура цих сукупних потреб постійно змінюється. Водночас можна відзначити тенденцію поступового збільшення частки соціальних (особистісних) потреб людини в їхній загальній структурі. Зокрема в умовах сучасного виробництва виявляється все простіше (у розумінні з меншими витратами) нагодувати і забезпечити умовами для проживання людину «біо» та все важче задовольнити зростаючі потреби людини «соціо», яка набуває все складніших якостей.

Інформаційні потреби людини «соціо» покликані трансформувати всю систему ціннісних орієнтирів, визначаючи своєрідне суспільне замовлення. Його основне призначення – задоволення запитів, необхідних для розвитку особистісних властивостей людини. Саме це передбачено цілями П'ятої промислової революції, покликаної гармонізувати місце людини, з одного боку, у кібергізованому виробничому середовищі, а з іншого – у природному довкіллі.

На зміну фізіологічним потребам людини «біо» (потреби в їжі, воді, умовах проживання тощо) і технократичним інтересам людини «трудо» (прагнення до наживи, кар'єрне зростання, престиж та ін.) приходять потреби людини «соціо»: *фізичне вдосконалення, інтелектуальний розвиток, реалізація творчих здібностей, отримання знань, відпочинок, естетичне задоволення.*

Людина-споживач інформаційної економіки принципово відрізняється від людини-споживача попередніх епох. Головним є те, що всі зазначені компоненти особистісних потреб людини стають самоціллю існування, а не засобом отримання в подальшому матеріальних благ. До речі, і останні обіцяють поступово перетворюватися з першомети

на засіб отримання інформаційних благ. Сьогодні автомобіль перетворюється із засобу поїздки за місто для вирощування та збирання врожаю, щоб нагодувати людину-біо, на засіб для поїздки на природу 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 (формування інформаційних образів). Навіть у разі виготовлення матеріальних виробів завдання людини-виробника все більше зміщується від трансформації матеріальних субстанцій (ця функція буде перекладатися на машини) до формування інформаційних програм комбінування і взаємодії в просторі і часі матеріальних виробничих активів.

Людина-конструктор проєктує контури того середовища, де буде жити і працювати людина, а також тих продуктів, які вона буде споживати. Цілком імовірно можна очікувати дві ключові трансформації в діяльності людини-конструктора:

– сфера споживання: перехід від проєктування окремих товарів і послуг до формування життєблагодатних комплексів (створюють умови для комфортного існування людини «біо», максимального розвитку людини «соціо» та реалізації творчого потенціалу людини «трудо»);

– сфера виробництва: перехід від створення чужих (неприйнятних) природі (за своїм складом і властивостями) предметів праці та «розірваних» виробничих циклів до формування властивих природі за змістом компонентів предметів праці, виробництво і використання яких організовано за замкненими циклами.

Описані напрями зазначених змін, звичайно ж, дуже схематично характеризують лише деякі окремі риси складного багатогранного явища під назвою «*фазовий перехід до нового суспільства*».

РОЗДІЛ 9

СЕСТЕЙНІЗАЦІЯ ЕНЕРГЕТИКИ

ЯК БАЗОВИЙ ТРЕНД INDUSTRY 3.0

9.1 Економічні передумови

сестейнізації енергетики: досвід ЄС

Енергетика є базовою ланкою будь-якої економіки. Ціна енергії значною мірою визначає ціну вироблених товарів і послуг. А від екологічності процесів отримання енергії залежить ступінь техногенного навантаження суспільства на природні системи. Отже, екологічно обумовлена трансформація енергетики відіграє вирішальну роль у сестейнізації економіки.

Не випадково із п'яти напрямків (принципів) реалізації Третьої промислової революції (Т. п. р.) у країнах ЄС, ухвалених як директивні планові завдання Парламентом ЄС в червні 2007 року, чотири – безпосередньо пов'язані зі змінами в енергетичному секторі, а п'ятий – повною мірою залежить від них (Рифкин, 2016).

Ось ці напрямки.

1. Розвиток відновлюваних джерел енергії.
2. Використання просторів наявних соціальних і промислових об'єктів (наприклад, дахів і фасадів будинків, поверхонь доріг та ін.) для установки генераторів відновлюваних джерел енергії (сонячної, вітрової, геотермальної тощо).
3. Розроблення високоефективних засобів акумулювання енергії.
4. Інтеграція розподілених відновлюваних джерел енергії в єдину загальноєвропейську інформаційно-енергетичну мережу (ЕнерНет).
5. Електрифікація транспорту.

Згідно зі згаданим Директивним планом Євросоюз взяв на себе зобов'язання, які в адміністративних колах були названі як «Три двадцятки (20–20–20)». Це означає, що до 2020 року має бути досягнуто: підвищення ефективності енергосистем на 20 %; зниження викидів двоокису вуглецю на 20 %; підвищення частки відновлюваних джерел енергії в енергобалансі країн Євросоюзу в середньому на 20 %.

Як ми переконаємося далі, досягнення останнього показника відбувається зі значним випередженням (Рифкин, 2014).

Як уже зазначалося, відновлювані джерела енергії мають незаперечні переваги. Вони більш екологічні порівняно із традиційними способами отримання енергії, заснованими на спалюванні викопних видів палива.

Крім того, вони мають кілька очевидних властивостей, які вигідно відрізняють їх від об'єктів традиційної енергетики.

По-перше, джерела відновлюваної енергії характеризуються *відносною стабільністю і невичерпністю*, що дозволяє їм забезпечувати стійкий режим роботи енергетичних систем, а водночас – і всієї економіки. Мабуть, когось ці слова можуть здивувати. Про яку стабільність може йти мова, якщо сонце світить не постійно, і не завжди дує вітер? Це правда. Але ця нестабільність відрізняється стійкою регулярністю. А, крім того, уже існують технічні рішення, що забезпечують роботу вітрових електростанцій за мінімальної швидкості вітру і навіть повного штилю. Ще стабільнішим джерелом є геотермальне тепло. У поєднанні з ефективними засобами *акумуляування і зберігання енергії* зазначені джерела забезпечують дійсно стійкий режим роботи енергосистеми як за енергопостачанням, так (що надзвичайно важливо) і за ціною виробленої енергії. Це дозволяє встановлювати стійкий порядок регулювання (диверсифікації відпускних цін залежно від періоду доби і сезонності споживання). Щоб було зрозуміло, про що йде

мова, порівняємо цю картину із ситуацією зміни економічної кон'юнктури, залежно від цін на ринках традиційних енергоносіїв.

Мабуть, не випадково період ухвалення п'яти згаданих принципів реалізації Т. п. р. збігся в часі з енергетичною кризою 2007 року, коли ціна на нафту на світових ринках підскочила з 30–40 доларів, які були лише за кілька років до цього, у середньому до 120 дол. за барель. Економіки провідних країн світу відреагували на це різким стрибком цін на вироблені товари і гальмуванням своєї активності. Коли ж у липні 2008 року ціна за барель нафти підскочила до 147 дол., і ціни на вироблені товари по всьому ланцюжку злетіли вгору, подвоївшись і потроївшись на деякі групи товарів, через різке зниження купівельної спроможності населення провідні економіки світу практично зупинилися зовсім. Через два місяці після цього вибухнула жорстка світова фінансова криза.

Природною реакцією економічних систем на енергетичну кризу стало значне зниження їхньої активності. Унаслідок цього у 2009 році ціни на нафту впали взагалі до 30 доларів за барель. Дешеві ціни на нафту активізували економічну активність, що, зі свого боку, з часом мотивувало підвищення ціни на нафту. І до 2012 р. вона знову досягла позначки 120 дол. За нею поповзли вгору і ціни на інші товари. Через два роки маятник хитнувся у зворотному напрямку, довівши ціни на нафту до 30 дол. І економіка знову пішла «зачарованим» замкненим колом.

Як бачимо, сам характер енергетики, заснованої на спалюванні викопного палива, обумовлює надзвичайно нестійкий режим поведінки економічних систем. Цей недолік дозволяє подолати відновлювана енергетика. За умов достатньо розвиненої власної інфраструктури (акумуляційні системи, «розумні» мережі розподілу енергії та ін.) вона досить легко може не тільки забезпечити стабільний режим поставок електроенергії, але і впоратися з проблемами істотних коливань споживання енергії протягом добових і тижневих періодів часу. Це, як відомо, створює досить серйозні труднощі для традиційної енергетики.

У березні 2011 року сталася ще одна подія, яка підштовхнула країни ЄС до активізації робіт із реалізації Т. п. р. Такою подією стала одна з найбільших у сучасній історії радіаційна катастрофа (максимального 7-го рівня за Міжнародною шкалою ядерних подій) на АЕС Фукусіма-1 (Японія). Саме вона змусила терміново переглянути стратегічні плани розвитку ЄС.

Як зазначалося в підрозділі 1.2, у багатьох країнах Євро-союзу частка електроенергії, що вироблялася на атомних електростанціях, становила в середньому від 30 % до 40 %, в окремих країнах вона становила більше ніж половину національної електроенергії (Бобылёв, 2016; Одессер, 2016). Шок від японської катастрофи був настільки сильним, що змусив шукати заміну енергетичному атому. Європа не мала достатньо природних паливних енергоресурсів для такої компенсації. Проблема могла бути розв'язана лише через інтенсифікацію використання відновлюваних джерел енергії. Це і дало старт системному явищу під назвою «Третя промислова революція».

Іншою відмінною рисою відновлюваних джерел енергії можна вважати їхню відносну *економічність*. Вона обумовлена тим, що вартісні показники виробництва альтернативної енергії мають одну чудову особливість. У її собівартості практично відсутні (або наближаються до нуля) *змінні витрати*. Це справедливо щодо більшості видів відновлюваної енергії, за винятком хіба що біогазової.

Економісти знають, що до змінних витрат належать ті види, які реагують на зміни обсягів виробництва продукції. Наприклад, для традиційної енергетики (чи то теплової, чи атомної електростанції) операційні витрати виробництва зростають із зростанням обсягу виробленої електроенергії. А вже з кожною виготовленою кВт-годинию електроенергії необхідно більше платити за придбання палива і людську працю, що забезпечує виробничий процес.

Сонячний, вітровий або геотермальний генератори не потребують палива. Джерелами їхньої роботи безкоштовно служать сили природи. Так само і праця людини за умови їхньої роботи ніяк не пов'язана з обсягом виробленої енергії. Вона спрямована передусім на усунення можливих неполадок. За винятком початкових витрат (інвестицій) на установку генератора, саме вироблення електричної або теплової енергії обходиться безкоштовно.

Як бачимо, «зелена» енергетика (сонце, вітер, геотермальне тепло, приливна енергія) дозволяє взагалі обходитися без палива і хімічних процесів його спалювання. Це означає, що з виробничих циклів видаляються цілі галузеві ланки, які забезпечують: видобуток викопних ресурсів, рекультивацію порушених ландшафтів, транспортування сировини (вагонами / суховантажами – в разі вугілля або цистернами / трубопроводами / танкерами – в разі нафти і газу), спалювання палива в електростанціях; виготовлення очисного обладнання й утилізацію відходів, а також процеси створення машинобудівних і будівельних підприємств, де формуються потужності для реалізації всіх згаданих процесів. Хоча, безумовно, не можна забувати, що створення самих установок для генерування відновлюваної енергії теж не може обійтися без значних витрат. Необхідно пам'ятати також про ті витрати, які знадобляться для утилізації генераторів альтернативної енергетики, коли вони будуть вичерпувати терміни своєї роботи. Втім за значних обсягів відпрацьованих генераторів ця робота може бути поставлена на потік. Це буде істотно полегшено, якщо процеси розроблення та утилізації генераторів будуть передбачені конструктивно під час проєктування самих генераторів.

Все ж необхідно визнати, що майже всі напрямки відновлювальної енергетики, зокрема сонячна та вітрова, забезпечують виробництво енергії з мінімальними витратами праці на стадії їхньої експлуатації. Американський

економіст Дж. Ріфкін назвав це явище енергією «з нульовими змінними витратами». Крім того, порівняно з вуглецевою й атомною енергетикою під час експлуатації відновлюваних джерел енергії практично унеможливаються витрати, матеріалізовані у видобуток і перероблення вихідних енергоносіїв (Рифкін, 2016).

На межі 2015–2016 років середньосвітова вартість виробництва одиниці енергії в альтернативній енергетиці вже зрівнялася з такими самими показниками в традиційній енергетиці.

Адміністрація США з Інформації в енергетиці (EIA) виконала прогноз питомих витрат на виробництво 1 МВт-год електроенергії на період до 2022 р. для різних джерел енергії за умови, що вона буде отримана на новозбудованих потужностях. У прогнозі враховувалася динаміка (за 30 років) приведених показників повної вартості (LCOE) по всьому виробничому циклу (табл. 9.1).

Таблиця 9.1. – Показники приведених питомих середньосвітових витрат (LCOE) виробництва енергії з різних джерел (Solar, 2020)

Тип виробничої потужності	Повна приведена вартість, USD/МВт-год (USD/MWh)
Офшорні ВЕС	138,0
Вугільні е/с з 30 % залишковим змістом CO ₂	130,1
Вугільні е/с з 90 % залишковим змістом CO ₂	119,1
Електростанції на біомасі	95,3
Сучасні АЕС	92,6
Газові е/с (з уловлюванням CO ₂)	74,9
Фотовольтажні (PV) СЕС	63,2
ГЕС	61,7
Наземні ВЕС	59,1
Газові (без уловлювання CO ₂)	50,1
Геотермальні	44,6

Водночас необхідно врахувати, що завдяки технічному прогресу питомі витрати на одиницю встановленої потужності в альтернативній енергетиці стрімко знижуються. Наприклад, тільки з 2016 р. до 2018 року вартість виробництва одиниці сонячної енергії скоротилася майже на 50 %, а вітрової – майже на 35 % (Mokhtar, 2019; New Energy, 2016; Shahan, 2016; Weaver, 2016). І це відбувається за нескінченних джерела відновлюваної енергії.

Зовсім інша перспектива спостерігається для традиційної енергетики. Її технічна основа – уже на межі вдосконалення і поліпшення питомих економічних показників. Це тоді, як природні умови видобутку викопних енергоносіїв постійно погіршуються через виснаження запасів природної сировини. «Сланцева революція» може лише уповільнити процес об'єктивного подорожчання традиційної енергії. Зупинити його неможливо.

Ще однією перевагою відновлюваних джерел енергії є їхня розподіленість. На відміну від джерел палива традиційної енергетики, які мають одиниці, відновлювані джерела енергії доступні більшості жителів планети. Причому це стосується не тільки повсюдної фізичної наявності самих джерел енергії (сонця, вітру, геотермального тепла), але і економічних можливостей самого генерування енергії. Вже сьогодні багато домовласників можуть собі дозволити мати свою власну електростанцію, що задовольняє їхні потреби в електроенергії. Завтра це буде доступно мільйонам, а післязавтра – мільярдам мешканців Землі.

Один з ідеологів здійснення Т. п. р. революції в Європі Дж. Ріфкін у своїх працях неодноразово підкреслював необхідність системної реалізації усіх п'яти напрямків (принципів), згаданих на початку цього підрозділу. Реалізація будь-якого з них у відриві від інших значно знижує ефективність проведення заходів.

9.2 Розвиток альтернативної енергетики в ЄС та в провідних країнах світу²

Про те, що альтернативна енергетика давно вже перейшла з наявних на папері планів у реальну дійсність, переконливо свідчать численні цифри і факти.

Напрямки сестейнізації енергетичного сектора пов'язані з трьома основними напрямками у використанні енергії: 1) генерування електроенергії; 2) опалення й охолодження приміщень; 3) приведення в рух транспорту. Збільшення частки відновлюваної енергії за кожним із цих напрямів пов'язане із розв'язанням складних технічних проблем, які мають системний характер. Зокрема перший напрямок пов'язаний із розробленням технічних засобів генерації електроенергії і систем довгострокового зберігання (акумуляування) енергії. Другий напрямок потребує розв'язання комплексу інженерних, архітектурних і містобудівних завдань. Третій напрям обумовлює розроблення інженерних рішень електрифікації та водневізації транспорту.

Як приклад можна назвати показники частки відновлюваної енергії за зазначеними трьома напрямками у Швеції, яка є лідером сестейнової політики серед європейських країн. У 2017 році загальна частка відновлюваної енергії в загальному енергетичному балансі країни становить 55 %. Ця середня по країні цифра забезпечувалася такими показниками за окремими напрямками: 69 % – в процесах обігріву та охолодження приміщень, 66 % – в електрогенеруванні; 27 % – на транспорті (Energy in Sweden, 2020).

Згідно з даними Міжнародного енергетичного агентства близько 70 % всієї нової електрогенерації в найближчі 5 років буде здійснюватися завдяки поновлюваним джерелам. Їхня сумарна частка у світовому виробництві електроенергії виросте з

² Розділ підготовлений у співавторстві з О. І. Маценко

25,0 % до 29,4 % (з урахуванням гідрогенерації), а у виробництві тепла для обігріву – з 10,8 % до 11,0 % (Китай делаєт, 2019).

Автори звіту відзначають стрімкий ривок Індії, яка збільшила частку сонячної і вітрової генерації з 3 % у 2015 році до 10 % у 2020 (Global, 2020; Jones et al., 2020). У США і ЄС частка вугільної генерації впала за п'ять років відповідно на 31 % і 32 % (Calma, 2020). Від себе додамо, що ще більш істотних успіхів домоглася альтернативна енергетика України, яка збільшила за п'ять років свою частку в електрогенерації з 1,5 % у 2015 р. до 8,6 % у 2020 році.

Значних успіхів досягнув ЄС, який ставив перед собою амбітне завдання підвищити частку генерації з поновлюваних джерел енергії (без урахування ГЕС) до 20 %. На ділі тільки вітрова та сонячна генерації забезпечили частку виробництва електроенергії у 2020 році 21 % (Jones et al., 2020). Усього ж у ЄС з урахуванням гідроенергетики частка поновлюваних джерел енергії зросла у 2020 році до 40 %, перевищивши частку електрогенерації на основі викопного палива (вугілля, газ, нафта), яка у 2020 році становить лише 34 % (King, 2020). В окремих країнах (Австрія, Німеччина, Великобританія, Норвегія, Португалія, Швейцарія, Швеція) результати ще більш разючі.

Німеччина. За рік Німеччина змогла збільшити частку відновлюваних джерел під час виробництва електроенергії з 44,4 % у 2019 році майже до 52 % (51,9 %) у 2020 р. Структура «зеленої» електроенергії становить: наземні вітрові електростанції – 28,9 %; енергія біомаси – 7,7 %; офшорні вітрові електростанції – 6,2 %; сонячна енергетика – 5,0 %; гідроенергетика – 3,1 %; відходи – 1,0 %, незначну частку відсотка становить геотермальне тепло (Waldholz, 2020). Як бачимо, «зелена» енергетика країни змогла переступити позначку в половину енергетичного балансу. Водночас цьому альтернативна енергетика наростила свою частку за рік майже на 14 %. АЕС і вугільна енергетика знизили свій внесок, відповідно, на 18 % і 44 % (там само).

Велика Британія. У 2020 році відновлювана енергетика Британії встановила низку рекордів. Частка електрогенерації з поновлюваних джерел енергії досягла 47 %, впритул наблизив-

шись до позначки в половину енергетичного балансу. Структура цього внеску відновлюваної енергетики така: наземні ВЕС – 14,0 %; СЕС – 13,0 %; офшорні ВЕС – 10,0 %; біоенергетика – 8,0 %; ГЕС – 2,0 %. Якщо до цього додати частку атомних електростанцій, то загальний внесок низьковуглецевої енергетики зростає до 62 %. Водночас частка енергетики на викопному паливі вперше в історії стала нижча ніж 40 % і становить лише 35,4 % (Cockburn, 2020; Sarah, 2020).

Португалія. Виробництво електроенергії з поновлюваних джерел досягло в країні на початок 2020 року 51 %, зокрема 27 % виробленої енергії було забезпечено вітровими генераторами. Частина, що залишилася, розподілилася між сонячною енергією (13 %) і гідроелектроенергією (11 %). У грудні 2019 року у зв'язку з традиційним скороченням споживання енергії на різдвяні свята частка відновлюваних джерел енергії взагалі зросла до 76 %, а на частку традиційної паливної енергетики випало 24 % (надлишок енергії експортувався в Іспанію (Renewables supply, 2020)).

Швейцарія. У країні реалізується політика постійної екологізації енергетичного сектору, зокрема, і через зниження частки атомної енергії. Зокрема у 2018 році частка споживання енергії з поновлюваних джерел досягла 68 % (роком раніше – 62 %). Водночас частка атомної енергетики в електрогенерації скоротилася із 17 % до 15 %. Найбільший внесок у виробництво електроенергії забезпечують ГЕС – 60,5 %; на частку сонця, вітру і біомаси випадає 7,2 % (роком раніше – 5,9 %), ще по 1 % дають спалювання сміття та біологічне паливо (Swiss, 2019).

Австрія. Країна успішно розв'язує завдання, поставлене ЄС: вийти до 2020 року на рівень 34 % частки відновлюваних джерел у загальному споживанні енергії. До того ж 10 % енергоносіїв на транспорті випадає на поновлювані джерела. Частка відновлюваних джерел під час виробництва електроенергії перевищує 80 %, зокрема, 60 % випадає на ГЕС. До 2030 року частку гідроелектроенергії планується збільшити до 85 % (Austria 2020, 2020).

Норвегія. Країна є однією з найбільш просунутих у сфері екологізації енергосектору. Використання поновлюваних ресурсів характеризується такими цифрами. Частка ВДЕ становить: у загальному споживанні енергії – 69,4 %, в опаленні й охолодженні – 43,0 %, в електрогенерації – 114 %; на транспорті – 10 %. Цілком ймовірно, потрібно прокоментувати показник частки ВДЕ під час виробництва електроенергії. Цифра, що перевищує 100 %, означає значний експорт виробленої енергії, яка повністю виробляється завдяки відновлюваним джерелам. Якщо ж

розглядати загальний баланс виробленої енергії, то його структура за окремими джерелами виглядає так: гідроенергія – 88,0 %; біоенергія – 10,5 %; вітрова енергія – 1,5 % (Norway, 2018).

США. У першій половині 2020 року частка відновлюваних джерел у виробництві електроенергії США досягла 22,2 %, вперше обігнавши як джерело енергії вугілля (16,9 %). У першій половині 2019 року це співвідношення було на користь вугілля: 19,9 % (альтернативні джерела) проти 23,6 (вугілля). Перевершили поновлювані джерела й атомну енергетику (20,5 %), з якою у 2019 році ще йшли нарівні.

За видами джерел структура відновлюваної енергетики у 2020 році становила: вітер – 9,1 % від загального виробництва електроенергії в США (у 2019 р. – 7,7 %, 2018 р. – 7,1 %); сонце – 3,4 % (у 2019 року – 2,7 %; 2018 року – 2,3 %); гідроенергетика – 7,8 %, інші поновлювані джерела (геотермальна енергія, деревина, відходи біомаси, біопаливо) – 1,9 % (Shahan, 2020).

Австралія. Країна-континент на 2020 р. домоглася вагомих успіхів. Частка відновлюваних джерел у загальному електрогенеруванні досягла 25 %, постійно збільшуючись останніми роками (21 % – у 2019 р.; 19 % – у 2018 р.). Водночас внесок викопного палива в генерації електроенергії щорічно знижується (зокрема вугільна генерація знизилася у 2020 році порівняно з 2019 роком на третину – 33 %, а у 2019 році (порівняно з 2018 р.) річне зниження становило 20 %; по газу ці цифри зниження становили, відповідно: 4,2 % і 20 %. У 2020 році на частку вугілля випадало близько 67 % генерації, а на частку газу – 8 %.

Австралія поки єдина країна, де в енергетичному балансі з'явилися рядки: «енергія з акумуляційних систем» і «енергія в акумуляційні системи». Нехай поки ця величина становить лише 0,03 % енергобалансу, але вона вже починає відігравати відчутну роль для «пом'якшення» перепадів у виробництві – споживанні енергії.

Альтернативна енергетика Австралії досягла ще одного значного результату: вартість «зеленої» електроенергії (56,64 австр. дол./МВт-година) стала значно дешевшою за вартість електроенергії, виробленої з викопного палива (вугілля – 61,69, газ – 86,45).

Уряд країни ставить амбітні плани довести частку відновлюваної енергії до 50 % на 2030 рік і до 94 % – на 2040 рік (Vorrath, 2020).

Китай. Після деякої паузи в розвитку відновлюваної енергетики (2018–2019 рр.) Китай знову став нарощувати її потужності.

Згідно з повідомленням Державного Комітету у справах розвитку і реформ Китаю, частка ВДЕ, зокрема гідроенергетика, досягла у 2020 році 28,2 %, що на 0,3 % вище, ніж у попередньому році. Частка ВДЕ без урахування ГЕС (переважно сонячної і вітрової енергетики) виросла на 0,7 % порівняно з 2019 роком і становила 10,8 % (Китай установив, 2020). Водночас у десяти провінціях і регіонах виробництво електроенергії з поновлюваних джерел (без урахування ГЕС) становить не менше ніж 30 %, а дев'ять провінцій і регіонів вийшли на рівень 15 % (там само).

Японія. У країні існує ціла низка передумов, які, з одного боку, зумовлюють вжиття заходів щодо прискорення розвитку відновлюваної енергетики, з іншого – формують бажання не надто поспішати з цим. До першої групи передумов можна віднести насамперед об'єктивну необхідність забезпечити енергетичну безпеку країни в умовах крайнього дефіциту енергоресурсів і бажання після фукусімської аварії максимально обмежити виробництво атомної енергії. Цей чинник посилюється бажанням знизити залежність економіки країни від чутливого коливання цін на енергоресурси. Ще одна причина обумовлюється необхідністю боротьби з глобальним потеплінням, тим паче, що базовий документ, пов'язаний із цим, називається «Кіотським протоколом». Нарешті, розвиток відновлюваних джерел енергії є прекрасною нішею, де потужний сектор науково-конструкторських досліджень Японії міг би непогано заробляти. Ще у 2009 р. прем'єр-міністр Японії Т. Асо проголосив мету збільшення частки поновлюваних джерел енергії в енергобалансі країни з 8,4 % у 2005 році до 20 % до 2020 року (що корелюється з планами країн Євросоюзу) (Японія, 2020).

Сьогодні в країні діють певні мотиваційні інструменти, що стимулюють розвиток «зеленої» енергетики. Застосовують систему дотацій на первинні інвестиції (закупівля та встановлення обладнання), а також комерціалізацію «зеленої» електроенергії (витрати входження в ринок, часткове страхування ризиків). З 2010 року до чинного податку на імпорт палива додана 50 % надбавка, зібрані кошти від якої витрачаються на екологічні цілі, зокрема для стимулювання розвитку альтернативної енергетики. Крім того, введений цільовий податок (2 % від тарифу на електроенергію), кошти від якого безпосередньо витрачаються на стимулювання розроблення нових джерел енергії, введений також «зелений тариф» на поновлювані джерела енергії (Стрельцов, 2020).

Водночас потрібно зазначити, що Японія пізніше, ніж інші передові країни ввела широко використовуваний у світі «зелений

тариф». Однією з причин є опір найбільших електрогенеруючих компаній, що працюють на викопному паливі. Крім того, розвиток «зеленої» енергетики певною мірою гальмувався Міністерством економіки, торгівлі і промисловості. Воно також курирує сферу енергетики і не зацікавлене в збільшенні закупівель дорожчої «зеленої» енергії (там само).

Проте значні капітальні вкладення в розвиток «чистої» енергетики починають приносити свої плоди. У період із 2010 року до 2019 року Японія була третім найбільшим світовим інвестором (після Китаю і США) у виробництво відновлюваної енергії, виділивши на ці цілі понад 200 млрд доларів США (там само).

Японія практично досягла виконання поставленого завдання. На середину 2020 року частка відновлюваної енергії становить 19 %, з них 8 % виробляється сонячними електростанціями (45 ГВт із загальних 107 ГВт «зеленої» енергії). За зовні цілком помірних відносних показників виробництва відновлюваної енергії абсолютні значення обсягів «зеленої» енергетики вражають. За цим показником Японія залишається на третьому місці у світі (після Китаю і США) (Hall, 2020).

Відмінною особливістю «зеленої» економіки Японії є значний внесок приватних домашніх сонячних електростанцій, розташованих на дахах будинків. Він становить близько третини виробництва «зеленої» енергії і 12 % загального енергетичного балансу в країні. За цим показником Японія поступається тільки Австралії (24 %), Бразилії (20 %) і Німеччині (15 %) (Доклад, 2017).

Бразилія. Поновлювані джерела енергії становили у 2019 році в загальному балансі використання енергетичних ресурсів у країні 46,1 %, збільшившись із 45,5 % порівняно з 2018 роком.

Під час виробництва електроенергії частка поновлюваних ресурсів взагалі досягла 84 %. Структура водночас має вигляд: 64 % – гідроенергія, вітер – 9 %, біомаса – 9 %, сонце – 2 %. До того ж виробництво абсолютної кількості енергії щорічно зростає. Так із 2018 р. до 2019 р. електрогенерація за сонцем зросла на 92 %, а за вітром – на 155 % (Renewables gained, 2020).

Стоїть завдання наростити частку поновлюваних ресурсів в інших сферах енергетичного комплексу: на транспорті і в комунальному господарстві (опалення та охолодження приміщень). Зокрема на транспорті з 2020 року реалізують програми збільшення частки біопалива (біоетанолу, біодизелю та інших біопалив) (там само).

Згідно з енергетичним планом Міністерства енергетики Бразилії частка ВДЕ повинна до 2027 року зрости до 28 % (без урахування частки гідроенергетики) порівняно з 20 % у 2020 році.

Водночас частка гідроенергетики до 2027 року повинна знизитися до 50 %, що буде сприяти диверсифікації джерел енергії і зниженню проблем, які виникають у гідроенергетиці в посушливі і маловодні роки (там само).

У 2020 році відбувся приріст потужності сонячних електростанцій у світі на 14 % до 142 ГВт знову встановленого обсягу потужностей. Якщо у 2010 році у світі було всього сім країн із встановленою потужністю понад 1 ГВт, то до кінця 2020 року їх вже 43 (IHS Markit, 2020).

Китай, як і раніше, залишається лідером сонячної енергетики, проте його відрив від інших країн і регіонів почав скорочуватися. Якщо в піковий 2017 рік у країні було встановлено 50 ГВт потужності сонячних електростанцій, то у 2020 році цей приріст значно менший. Це пояснюється різким зниженням державної фінансової підтримки розвитку сонячної енергетики. Вона вже стала цілком спроможною для природного виживання в конкурентній боротьбі.

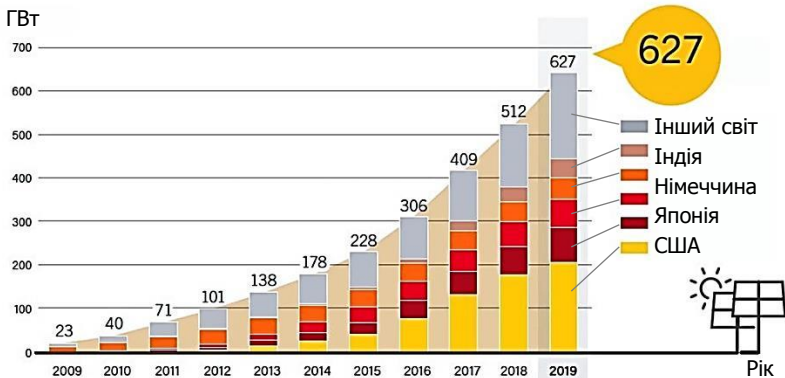


Рисунок 9.1 – Обсяги фотосонячної енергії, виробленої у світі і провідних країнах, у 2009–2019 роках (Hunt, 2020)

І далі нарощують свої сонячні потужності інші регіони світу. У 2021 році в США очікують приріст на 20 %. Європа у 2019 році майже подвоїла свої потужності, а у 2020 році порівняно з попереднім роком збільшила ще на 5 % (IHS Markit, 2020). На рисунку 9.1 подані світові обсяги виробництва сонячної (pv) енергії.

Отже, ми бачимо, що 2020 рік став ще одним роком двозначного зростання сонячної енергетики. На думку Едурне Зоко, директора відділу чистих технологій і відновлюваних джерел енергії IHS Markit, якщо 2010-ті роки в сонячній енергетиці знаменувалися впровадженням інновацій, значним скороченням питомих витрат, великими державними субсидіями, то 2020-ті, мабуть, будуть характеризуватися потужним розвитком відновлюваної енергетики вже без підтримки держави, диверсифікацією форм отримання енергії і кількості виробників, а також розширенням попиту на сонячні електростанції (IHS Markit, 2020).

9.3 Аналіз економічних трендів у розвитку сонячної та вітрової енергетики³

Однією з вирішальних сфер боротьби «зеленої» енергетики за своїх споживачів є економічна. Саме ціна за одиницю виробленої енергії найчастіше є визначальним чинником під час ухвалення рішень на користь розвитку цього виду енергії.

На межі 2016 і 2017 років відновлювальна енергія, згідно зі звітом Всесвітнього економічного форуму (ВЕФ), стала дешевшою за енергію з викопних енергоносіїв або зрівнялася з останньою за ціною в більш ніж 30 країнах світу (зокрема в 11 країнах ЄС) ра-

³ Розділ підготовлений у співавторстві з О. І. Маценко.

зом з Австралією, Бразилією, Німеччиною, Данією, Ізраїлем, Новою Зеландією, Мексикою, Туреччиною, Чилі, Швецією, Японією та іншими країнами. Найближчими роками паритет вартості енергії буде досягнуто вже у 80 % всіх країн (Renewables, 2017; Возобновляемая, 2017).

Зниження ціни на відновлювану енергію відбувається постійно. Лише за один рік (з 2018 р. до 2019 р.) середньосвітова ціна «зеленої» електроенергії впала: по сонцю на 26 %, біоенергії – на 14 %, наземних ВЕС – на 13 %, гідроенергії – на 12 %, геотермальних станціях та офшорних ВЕС – на 1 % (The cost, 2019).

На більшості новозбудованих електростанцій у 2019 році ціна електроенергії на фотосонячних (pv) і наземних вітрових електростанціях була більш ніж на 75 % дешевшою за ціну електроенергії, отриманої на нових електростанціях, які працюють на вугіллі, мазуті і газі (The cost, 2019).

У 2016 році ціна на сонячну електроенергію в 3 доларових центи за 1 кВт-год (отримана на аукціоні в Чилі) була рекордною і називалася «фантастично низькою» (Нижче некуда, 2016). Сьогодні таку ціну вважають цілком нормальною на аукціонах в Чилі, Мексиці, Перу, Данії, Саудівській Аравії та ОАЕ (The cost, 2019).

У серпні 2020 року Португальський уряд підтвердив продаж на аукціоні 700 МВт сонячної енергії за ціною 0,01114 євро (0,01316 USD) за 1 кВт · год. Це нижче, ніж ціна в 0,0135 USD / кВт · год, яка була зафіксована в січні 2020 р. в Абу Дабі під час продажу 2 ГВт сонячної енергії (Bellini, 2020; Delbert, 2020).

Досягнення лідерів змушують слідувати за ними й іншим представникам сектору виробників відновлюваної енергії, підвищуючи ефективність виробничих технологій і знижуючи питомі виробничі витрати.

Зокрема у 2017 році середньосвітова приведена вартість (LCOE) сонячної (pv) електроенергії становила 0,096 USD / кВт-

год. У 2018 і 2019 роках вона знижувалася, відповідно, до 0,085 і 0,062 USD/кВт-год. Показники 2020 року експерти IRENA оцінюють на рівні 0,048 USD / кВт-година (Нормированная, 2019).

Схожа ситуація спостерігається і у вітровій енергетиці. У 2017 році середньосвітова приведена вартість (LCOE) електроенергії, що виробляється на наземних ВЕС, становила 0,063 USD/кВт-год. У 2018 і 2019 роки вона неухильно знижувалася до показників, відповідно, 0,056 і 0,049 USD/кВт-год. У 2020 році очікується вартість у 0,045 USD/кВт-год. Це характеризує наземні ВЕС як найдешевше у світі масове джерело електроенергії (Нормированная, 2019). (У цьому разі використовують показник LCOE-Levelised Cost of Energy, тобто середня розрахункова вартість виробництва одиниці електроенергії протягом всього життєвого циклу реалізації технології, разом з усіма можливими інвестиціями, витратами і доходами).

Чи не вдвічі дорожчою залишатиметься електроенергія, яку отримують на станціях-концентраторах сонячної енергії (CSP), тобто з використанням теплової енергії сонця. На 2022 рік її оцінюють експерти в 0,073 USD/кВт-год. Ще дорожче на цей самий період оцінюють електроенергію офшорних ВЕС – 0,108 USD/кВт-година (Нормированная, 2019).

Набагато більший інтервал коливання питомих витрат мають електростанції, що працюють на біомасі. І це цілком зрозуміло, тому що вони істотно відрізняються технологіями, видом біомаси та умовами роботи. Проте і тут найдешевші з установок починають випереджати за вартісними показниками паливні електростанції: 0,05–0,25 USD/кВт-година (Dudley, 2019). Але навіть найдорожчі з цих електростанцій за прямими показниками отримання електроенергії, зазвичай, мають цілий комплекс супутніх ефектів (зниження забруднення, отримання корисної біомаси, вилучення води та ін.), які значно виправдовують їхню роботу.

Наведені цифри переконують, що 2019 рік був певною мірою переломним, коли вартість «зеленої» енергії зрівнялася з вартістю традиційної, заснованої на спалюванні органічного палива. Середньосвітові питомі витрати виробництва електроенергії на нових електростанціях, що

працюють на викопному паливі (мазут, вугілля, газ), у 2019 році коливалися в межах 0,05–0,15 USD/кВт-год. Починаючи з 2020 року середньосвітова вартість відновлюваної енергії стала нижче за традиційну (Dudley, 2019).

Насправді за своїми еколого-економічними показниками «зелена» енергетика вже давно перевершила паливну. Адже до виробничих витрат в останній варто додати розмір економічних збитків, обумовлених впливом на природне середовище (додаткові витрати від погіршення здоров'я людей, втрати в лісовому та сільському господарстві, додаткові витрати в комунальному господарстві та промисловості та ін.). За оцінками економістів, величина еколого-економічних збитків становить від 20 % до 40 % виробничих витрат в енергетиці (Балацкий и др., 1982; Балацкий и др., 1986). Причому ці оцінки ще не враховують наслідки «парникового» забруднення атмосфери і порушення клімату планети. З кожним роком переваги «зеленої» енергетики будуть все більш очевидними. Як бачимо, час уже почав працювати на «зелену» енергетику.

Ведучи мову про «зелену» енергетику, доречно зазначити, що в цьому разі вираз «час працює ...» варто розуміти, зокрема, і в буквальному сенсі, адже існує певна закономірність зниження питомих витрат на виробництво сонячної і вітрової електроенергії, яке відбувається з плином часу.

У сонячній енергетиці було сформульоване емпіричне правило, що отримало назву «закон Свансона». Річард Свансон (Richard Swanson), засновник Sun Power Corporation, установив тенденцію зниження вартості сонячних батарей (фотоелектричних елементів) на 20 % за кожного подвоєння потужності панелей (Литвинова, 2018).

Саме така закономірність вимальовується за аналізу цифр за 35-річний період. Зокрема з 1977 року до 2013 року середня ціна на фотоелектричні елементи у світі знизилася з 74,67 USD до

0,74 USD за 1 кВт встановленої потужності (там само). Фактично кожні три роки вартість сонячних батарей знижувалася наполовину, а це означає, що питомі витрати знижувалися на 14 % за рік, і ця закономірність стійко спостерігалася десятиліттями (там само).

Як приклад можна навести дані щодо динаміки вартості фотоелектричної енергії в США (рис. 9.2). Один долар на одиницю встановленої потужності фотоелектричних панелей у 2020 році трансформується в 0,025–0,040 USD/кВт·год електроенергії, що вже дешевше за традиційну енергію, вироблену на паливних електростанціях у 2020 році, навіть за аномально низьких цін на енергоносії (Hunt, 2020).

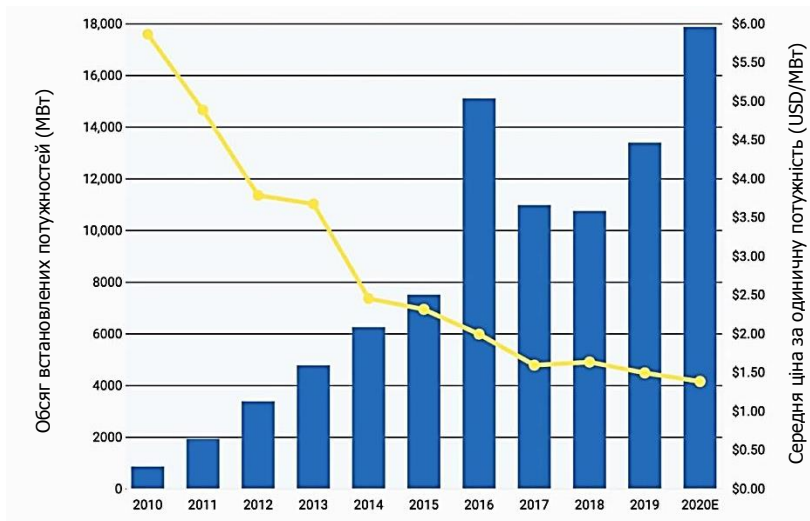


Рисунок 9.2 – Динаміка зниження питомих показників вартості одиниці встановленої потужності фотоелектричних панелей і зростання відповідних потужностей у США (Hunt, 2020)

Засновані на законі Свансона загальні оцінки вартісних показників виробництва сонячної енергії подані в таблиці 9.2.

Таблиця 9.2 – Показники динаміки розвитку сонячної енергетики за даними компанії Bloomberg New Energy Finance (BNEF) (Will solar, 2020)

Показник	Значення
1	2
Зниження питомої вартості модулів фотосонячних (pv) панелей із 2010 р. до 2020 р.	90 %
Передбачуване зниження середньої питомої вартості pv модулів до 2030 року	34 %
Передбачуване зниження середньої питомої вартості pv модулів до 2050 року	63 %
Передбачуване значення питомої вартості 1 кВт-год сонячної (pv) енергії до 2050 р., USD/кВт-година	0,025
Зниження ціни за одиничну потужність акумуляційних батарей із 2010 р. до 2020 р.	84 %
Передбачувана частка сонячної енергії, виробленої в приватних домогосподарствах, у загальному обсязі електроенергії, виробленої у світі у 2050 р.	11 %
Кратність збільшення обсягу сонячної енергії, виробленої в США, до 2025 року, разів	2
Частка відновлюваної енергії в загальносвітовому виробництві енергії (50 % – сонце, 50 % – вітер) до 2050 р.	50 %
Зниження вартості великомасштабних акумуляційних систем енергії до 2050 р.	64 %
Загальна встановлена потужність великомасштабних акумуляційних систем енергії до 2050 р.	360ГВт
Частка вугільної електрогенерації до 2050 р. (скорочення вдвічі в абсолютному значенні порівняно з 2020 р.)	12 %

Така тенденція зниження питомої вартості встановленої потужності спостерігається також для ВЕС і навіть для біогазових установок, що можна бачити з графіків на рисунку 9.3 (Mokhtar, 2019). Зокрема для наземних вітрових електростанцій під час кожного подвоєння сукупної потужності ВЕС відбувається скорочення вартості встановленої потужності на 17 % (Kellner, 2019). Для традиційних

паливних видів енергії такої закономірності не простежується.

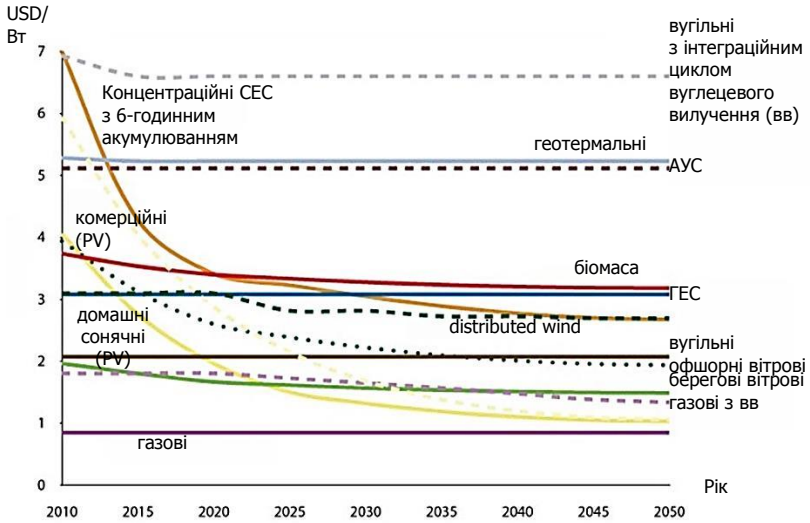


Рисунок 9.3 – Динаміка питомих витрат на одиницю встановленої потужності (зокрема, прогноз після 2020 року) за видами отримання електроенергії (Mokhtar, 2019)

Однак, на відміну від «зеленої» енергетики, паливні електростанції рано чи пізно стикнуться із зростанням витрат на видобуток енергоносіїв (шахти – все глибше, умови видобутку – все гірше, райони видобутку – все далі, економічні вимоги – все жорсткіші). Відновлювані джерела енергії взагалі не споживають паливо як енергоносії. Енергія в них забезпечується безпосередньо відтворенням природи.

Окремою сторінкою формування альтернативної енергетики є суперництво двох напрямків її розвитку, заснованих на створенні концентрованих (у просторі) і деконцентрованих (розподілених) електростанцій.

Перший орієнтується на концентрацію виробничих енергетичних одиниць (сонячних панелей або вітрогенераторів) на одній території. Водночас відбувається не тільки територіальна, а й суб'єктна концентрація. Інакше кажучи, виробничі потужності концентруються в руках одного, нехай навіть і колективного, власника (юридичної особи). За цим напрямком йдуть країни, що мають достатньо вільних територій. Для сонячної енергетики – це зазвичай пустельні території (Китай, Індія, Австралія, Африканські країни, США), для вітрової – прибережна морська зона (Японія, Велика Британія, Нідерланди, Німеччина). У таблицях 9.3 і 9.4 подані найбільші у світі СЕС і ВЕС.

Таблиця 9.3 – Найбільші у світі СЕС (The world's, 2020; Бельчикова, 2020)

Назва СЕС	Потужність, МВт
Bhadla Park, Індія	2 245
Solar Park, Китай	2 200
Tengger Desert Solar Park, Китай	1 547
Sweihan Photovoltaic Independent Power Project, ОАЕ	1 177
Yanchi Ningxia Solar Park, Китай	1 000
Datong Solar Power Top Runner Base, Китай	1 070
Kurnool Ultra Mega Solar Park, Індія	1 000
Longyangxia Dam Solar Park, Китай	850
Enel Villanueva PV Plant, Мексика	828
Kamuthi Solar Power Station, Індія	648
Solar Star Projects, США	579
Topaz Solar Farm / Desert Sunlight Solar Farm, США	550

Таблиця 9.4 – Найбільші у світі ВЕС (Top 10, 2020)

Назва ВЕС	Потужність, МВт
1	2
Jiuquan Wind Power Base, Китай	2 000
Jaisalmer Wind Park, Індія	1 600
Alta Wind Energy Centre, США	1 548
Muppandal Wind Farm, Індія	1 500
Shepherds Flat Wind Farm, США	845
Roscoe Wind Farm, США	782
Horse Hollow Wind Energy Centre, Texas, США	736
Capricorn Ridge Wind Farm, Texas, США	662
Walney Extension Offshore Wind Farm, Велика Британія	650
London Array Offshore Wind Farm, Велика Британія	630

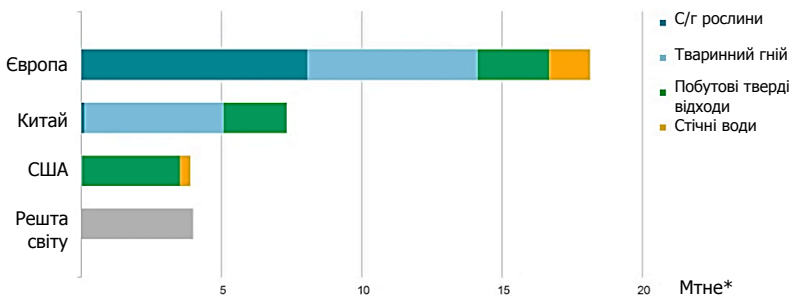
Другий напрямок пов'язаний із деконцентрацією джерел енергії, тобто розподілом окремих потужностей як за територією, так і за формами власності. Наприклад, окремі панелі або вітрогенератори можуть належати різним домовласникам. Концентрація ж виробленої енергії відбувається вже на завершальній стадії завдяки створенню єдиної енергетичної системи (ЕнерНет), яка буде розв'язувати всі економічні та технічні проблеми виробництва і споживання енергії. У цьому напрямку йдуть більшість європейських країн і Японія.

Перехід на відновлювані джерела енергії має надзвичайне значення для більшості країн. Це є одним із найважливіших кроків до забезпечення їхньої енергетичної незалежності і подальшої реструктуризації господарських систем у напрямку формування «зеленої» економіки. Відрадно, що поряд з іншими країнами свої зусилля в цьому робить і Україна.

9.4 Розвиток біогазової, геотермальної та інших видів «зеленої» енергетики

Розвиток біогазової енергетики. Актуальність використання біогазових енергоустановок полягає в їхній багатофункціональності. Крім можливості отримання теплової або електричної енергії, вони дають змогу розв'язати цілу низку супутніх проблем. Зокрема вони сприяють запобіганню забруднення атмосфери парниковими газами, що утворюються під час гниття органічних речовин; дегазифікована і знезаражена органіка може повертатися для збагачення ґрунтів; дегазація звалищ і каналізаційних колекторів сприяє запобіганню можливих випадків їхнього самозаймання.

Сировиною для біогазових установок можуть служити: рослинні залишки (наприклад, кукурудзи, переробленого насіння та ін.); гній тварин, відходи деревини, відходи продуктів харчування і харчової промисловості, побутові відходи, стічні води. Тут враховують тільки ті види, які не конкурують із харчовими продуктами за сільськогосподарські землі.

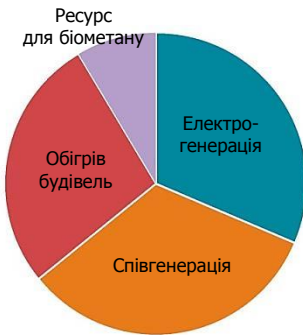


* Примітка: 1 Мтне (мегатона нафтового еквіваленту) дає 11,63 ТераВт-год електроенергії або 41,9 петаджоулей (PJ) тепла

Рисунок 9.4 – Найбільші виробники біогазу та вихідні ресурси у 2018 р. (Outlook, 2020)

На рисунках 9.4 і 9.5 подані обсяги біогазу, виробленого у світі у 2018 р., і динаміка потужностей біогазових установок у провідних регіонах світу.

Структура напрямів споживання біогазу, на 2019 р.



Динаміка, зростання встановлених потужностей виробництва електроенергії з біогазу по країнах, 2010–2018 рр.

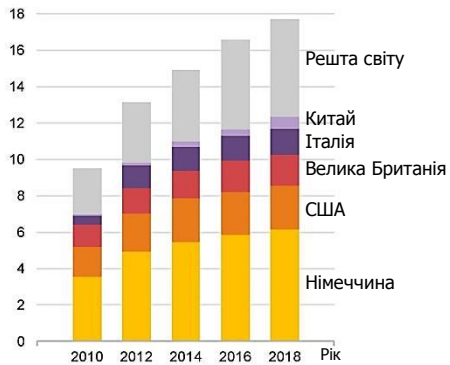


Рисунок 9.5 – Використання біогазу і динаміка його виробництва в різних країнах (Outlook, 2020)

Виробництво біогазу та біометану у 2018 році становило близько 35 млн тон нафтового еквівалента (Мтне). Це лише незначна частина його можливого потенціалу. Повне використання біогазової сировини, за оцінками експертів, могло б покрити близько 20 % сьогоденного світового попиту на газ (Коробкова, 2020).

На сьогодні максимальна кількість біогазових установок – близько 15 млн – діє в Китаї. В Індії – близько 10 млн установок. Активно розвивається біогазова галузь у Європі. У європейській практиці 75 % біогазу виробляється з відходів сільського господарства, 17 % – з органічних відходів приватних домогосподарств і підприємств, ще 8 % – на каналізаційних очисних спорудах (Обзор, 2017).

Сьогодні перше місце в Європі за кількістю робочих біогазових установок належить Німеччині – у 2016 р. їх налічувалося близько 10 800. Лише 7 % виробленого цими підприємствами біогазу надходить у газоводи, решту – використовують безпосередньо для потреб виробника. У перспективі 10–20 % природного газу, що використовують у країні, може бути замінено на біогаз. З погляду масштабів застосування біогазу лідирує Данія: цей вид палива забезпечує майже 20 % енергоспоживання країни.

За даними Європейської біогазової асоціації, лідерами за кількістю біогазових заводів, крім Німеччини, є: Італія – 1 491, Великобританія – 813, Франція – 736, Швейцарія – 633, Чехія – 554, Австрія – 436 заводів (Как получить, 2017).

Ринок біогазу в США розвивається значно повільніше, ніж у Європі. Наприклад, незважаючи на наявність великої кількості ферм, на території країни діє лише близько 200 біогазових заводів, які працюють на сільськогосподарських відходах (Обзор, 2017).

Основним джерелом енергії в ГЕ є тепло, що міститься в надрах Землі. Розвиваються два основні напрямки: перший – пов’язаний із використанням гарячих підземних вод (зокрема в місцях дії гейзерів або вулканічної активності); другий – із використанням сухого підземного тепла. У другому випадку енергію вилучають за допомогою буріння глибоких свердловин, куди закачують воду для її нагрівання. На виході виходять окріп і пара, які можна використовувати для опалення приміщень і виробництва енергії.

Геотермальна енергетика має більш ніж столітню історію. У липні 1904 року в італійському містечку Лардерелло був проведений перший експеримент, що дозволив отримати електроенергію з геотермальної пари. А за кілька років тут же була запущена перша геотермальна електростанція, що працює до цього часу (Геотермальные, 2016).

Господарське застосування геотермальних джерел поширене більш ніж у 30 країнах, зокрема: в Ісландії, Новій Зеландії,

Італії, Франції, Литві, Мексиці, Нікарагуа, Коста-Риці, Філіппінах, Індонезії, Китаї, Японії, Кенії (Геотермальна, 2017).

Установлена потужність геотермальних електростанцій у світі на початок 1990-х років становила близько 5 ГВт, на початок 2000-х років – близько 6 ГВт. У середині 2010 р. сумарна потужність геотермальних електростанцій планети перевищила 12 ГВт (там само).

Головна з проблем, що виникають під час використання підземних термальних вод, полягає в необхідності відтворення циклу надходження (закачування) води (зазвичай відпрацьованої) в підземний водоносний горизонт. У термальних водах міститься велика кількість солей різних токсичних металів (наприклад, свинцю, цинку, кадмію), неметалів (наприклад, бору, миш'яку) і хімічних сполук (аміаку, фенолів), що унеможлиблює скидання цих вод у природні водні системи, розташовані на поверхні (там само).

У низці країн частка геотермальних електростанцій у загальному балансі енергоспоживання країн перевищує 10 %, а на Філіппінах і в Ісландії – наближується до 30 % (табл. 9.5)

Таблиця 9.5 – Виробництво енергії геотермальними електростанціями по країнах на початок 2010 років (Геотермальна, 2017)

Країна	Потужність, МВт	Частка в енергобалансі, %
США	4 400	0,3
Філіппіни	1 904	27
Індонезія	1 200	4
Мексика	1 000	3
Італія	843	0,5
Нова Зеландія	628	10
Ісландія	580	30
Японія	536	0,1
Сальвадор	204	14
Кенія	170	12
Коста-Ріка	166	14
Нікарагуа	88	10

Значний потенціал розвитку геотермальної енергетики має Україна. За різними оцінками, ресурси геотермальної теплоти з урахуванням розвіданих запасів і ККД перетворення геотермальної енергії зможуть забезпечити

роботу ГеоТЕС загальною потужністю до 200–250 МВт (за глибин буріння свердловин до 7 км і періоді роботи станцій – до 50 років) і систем геотермального теплопостачання загальною потужністю до 1 200–1 500 МВт (за глибин буріння свердловин до 4 км і періоді роботи – до 50 років) (Геотермальная, 2005).

Найбільш перспективним регіоном для розвитку геотермальної енергетики є Закарпаття. Дослідницька підземна циркуляційна система вже працює біля м. Ужгорода. Вона забезпечує теплопостачанням теплично-парниковий комбінат і тваринницьку ферму. Глибина системи – 2,3 км, температура води – 124 °С (там само).

Може розвиватися геотермальна енергетика і в інших регіонах країни (Прикарпаття, Донбас, Запорізька, Полтавська, Харківська, Херсонська області, Крим) (там само). І все ж таки геотермальна енергетика в Україні, мабуть, не має значних перспектив через необхідність великих капітальних вкладень порівняно з іншими видами альтернативної енергетики і меншу ефективність.

Припливні електростанції (ПЕС). Цей вид електростанцій використовує енергію припливів і є однією з форм гідроенергетики. Припливи більш передбачувані, ніж джерела вітрової та сонячної енергетики, а вироблена енергія має низьку собівартість. Проте ПЕС широко не використовуються через надто високі капітальні вкладення й обмежену доступність місць із досить високими припливними діапазонами (у деяких місцях перепад висот може досягати 18 м).

Перші припливні енергоустановки (млини) використовувалися на Атлантичному узбережжі Європи і Північної Америки, зокрема для подрібнення зерна.

Перша у світі великомасштабна ПЕС почала функціонувати у Франції (Ла Ранс) у 1966 р. Її будівництво велося шість років, а потужність становила 240 МВт (успішно працює і сьогодні).

У 2011 році в Кореї на озері Шива була запущена ПЕС потужністю 254 МВт. Проекти великих ПЕС почали реалізовуватися в Уельсі, Великобританія (м. Суонсі – до 400 МВт) і в Індії (затока Кач – до 50 МВт).

Невеликі ПЕС (від 0,5 МВт до 10 МВт) уже працюють або будують також в інших країнах: Канаді, Китаї, Кореї, Росії, США, Шотландії (Приливные, 2015).

Сучасні технології дозволяють значно підвищити ефективність роботи ПЕС. Зокрема в так званих динамічних припливних електростанціях для цього використовують взаємодію кінетичної і потенціальної енергії потоку. Через циклічність роботи ПЕС максимальну віддачу вони можуть забезпечити в поєднанні з іншими видами електростанцій (Приливные, 2017).

Хвильові електростанції. Як впливає з назви, цей вид електростанцій використовує енергію морських хвиль, перетворюючи її на електричну. Потужність таких електростанцій значно нижча за потужність ПЕС, досягаючи в окремих випадках 10 МВт, проте і їхня кількість значно більша. Вони забезпечують електроенергією невеликі об'єкти: берегові споруди, невеликі поселення, маяки, науково-дослідницькі прилади, бурові платформи.

Сьогодні хвильові електростанції діють у багатьох країнах (Австралія, Великобританія, Іспанія, Норвегія, Португалія, Росія та інші країни). Перша дослідна хвильова електростанція (0,5 МВт) була введена в дію в Норвегії в 1985 р. Перша у світі велика хвильова електростанція з потужністю 2,25 МВт почала експлуатуватися в Португалії у 2008 році (район містечка Агусадор).

Хвильові електростанції мають як переваги (наприклад, захист берега від хвиль), так і низку недоліків (перешкода рибним промислам і судноплавству) (Есть ли, 2015).

Використання приповерхневого тепла Землі. Приповерхневі шари Землі є природним тепловим акумулятором. Вони накопичують енергію, що надходить від Сонця.

На глибині близько 3 м і більше (нижче від рівня промерзання) температура ґрунту протягом року практично не змінюється і приблизно дорівнює середньорічній температурі зовнішнього повітря. На глибині 1,5–3,2 м взимку температура становить від +5 до +7 °С, а влітку – від +10 до +12 °С. Цим теплом можна взимку не допустити замерзання будинку, а влітку не дати йому перегрітися вище 18–20 °С (Закопана, 2015).



Рисунок 9.6 – Труби для збирання підземного тепла / прохолоди (Закопана, 2015)

Ґрунтовий теплообмінник (ҐТО). Є найпростішим інструментом використання тепла землі. Він являє собою систему повітропроводів, які прокладаються під землею. Взимку входить холодне повітря, яке надходить до будинку і, проходячи по ҐТО, нагрівається, а влітку – охолоджується. За раціонального розміщення повітропроводів можна відбирати з ґрунту значну кількість теплової енергії з невеликими витратами електроенергії (там само).

Теплові насоси – ще один напрямок використання тепла Землі. Принцип їхньої дії – зворотній роботі холодильника. Джерелом енергії є будь-який перепад температур, що виникає в середовищі. У холодильнику реагент переносить холод, а в разі застосування теплового насоса – тепло. Температура носія, яку він генерує – 35–40 °С. Теплові насоси можуть відбирати тепло із землі, ґрунтових вод або повітря (Гандзій, 2013).

9.5 Формування напрямів акумулювання енергії

Цей напрямок розвитку технологічних систем дозволяє усунути суперечності в часі між тим, коли можна отримати енергію, і тим, коли виникає потреба в її використанні. Теплові електростанції працюють найефективніше за постійного режиму роботи, тобто якщо вироблена ними енергії протягом доби залишається постійною. Атомні електростанції взагалі не можуть істотно змінювати режим своєї роботи. Якщо вони зупиняться, то це вже надовго.

Потреба ж у електроенергії весь час змінюється. Наприклад, удень (коли працює більшість підприємств) вона значно вища, ніж вночі, коли зупиняються заводи, і люди лягають спати. Поки енергетики не навчилися у великій кількості акумулювати електроенергію, її змушені просто втрачати. На ніч зупиняються багато потужностей електростанцій, щоб не виробляти більше енергії, ніж її використовують. В іншому разі може статися біда, і електромережі вийдуть із ладу від надмірної напруги. Змінюється потреба в енергії і впродовж тижня. У робочі дні вона вища, у вихідні та свята – нижча. І, безумовно, потрібно враховувати сезонні перепади в енергетичних потребах.

Ще більшою буде потреба в акумулюванні електроенергії, коли повною мірою стануть використовуватися сонячні і вітрові генератори. Адже сонце і вітер бувають не завжди. І поки вони є, потрібно скористатися ситуацією – виробляти енергію, хоча саме в цей час потреби в ній і не буде... Однак це доцільно робити лише в тому разі, якщо в розпорядженні людини з'являться надійні акумулятори, що дозволяють накопичувати і запасати енергію в необмеженій кількості.

Частину проблеми дозволяють розв'язати вже звичні нам електроакумулятори... Але тільки частину... Адже зайвої енергії (до того ж безкоштовної) стане дуже багато. Уже сьогодні бувають дні, коли, наприклад, у Данії вітрові установки виробляють набагато більше електроенергії, ніж її споживає ця країна... А в Німеччині та Іспанії часом сонячними генераторами покривається більше ніж половина всіх енергетичних потреб країни. І це лише початок... Невже відмовлятися від дармової енергії?

У таких умовах значні перспективи пов'язують із розвитком *водневих* технологій. Водень як один із видів екологічно чистого палива (під час згоряння утворюється звичайна вода) одночасно може бути використаний як ключовий агент під час акумулювання енергії.

Безумовно, про все це люди знали і раніше. Але широкому використанню водню заважала одна обставина. Річ у тім, що для отримання водню у звичайних умовах потрібно витратити більше енергії, ніж вдається отримати під час його спалювання. З економічних міркувань використання такого процесу втрачало сенс. Навіщо спалювати вугілля, газ або навіть ядерне паливо, щоб отримати водень, який потім теж доведеться спалювати?

Ситуація змінюється, якщо на зміну паливним енергоносіям приходять сонце, вітер та інші альтернативні джерела енергії. Адже вони можуть давати безкоштовну енергію навіть у ті періоди, коли в ній немає потреби (на-

приклад, уночі). Або виробляти надмірну кількість енергії (скажімо, через аномально сильний вітер), на яку не розраховує економіка навіть у пікові періоди. Невже не можна зберегти цю енергію? Ось саме її і можна пустити на «заготівлю» водню. Все одно вона даремно буде витрачена. Тому розвиток відновлюваних джерел енергії (сонце, вітер) має бути нерозривно пов'язаний з удосконаленням акумуляційних технологій.

Міністерство енергетики України розглядає можливість будівництва в країні заводу з виробництва водню. У разі позитивного рішення ці роботи стануть частиною загальноєвропейського проекту. Єврокомісія окремо виділяє Україну як пріоритетного партнера в розвитку водневої енергетики. Ця масштабна ініціатива покликана перетворити Європу в кліматично нейтральний континент до 2050 року. За підрахунками аналітиків, водень може задовольнити до 24 % світової потреби в енергоресурсах до 2050 року (И. о. министра, 2020).

Крім зазначених напрямків, розвиваються й інші технології, що використовують природні властивості об'єктів і явищ природи. Сьогодні можна виділити п'ять основних напрямків, які так чи інакше обіцяють стати перспективними для їхнього комерційного розвитку:

– *гідроакумулювання* (пов'язано з природним і штучним підйомом рівня води в періоди надлишку виробництва енергії та утилізацією накопиченої енергії в пікові періоди);

– *електроакумулювання*;

– *водневі технології*;

– *теплове акумулювання*;

– *хімічне акумулювання* (пов'язане з цілеспрямованою зміною властивостей речовин завдяки надлишку енергії або накопиченням органічних речовин із подальшим отриманням біогазу або електрики).

У пустелі Атакама (Південна Америка) реалізується проєкт найбільшої електростанції, яка об'єднує сонячну й гідралічну генерації. Протягом дня електроенергія, одержана завдяки сонячним панелям, буде піднімати морську воду тунелем на вершину гори, де вода буде зберігатися в природних резервуарах. Вночі електроенергія буде генеруватися завдяки падінню води (Грандиозный, 2016).

Фірмою «Шнайдер електрик» («SchneiderElectric») розроблена розумна система акумулювання енергії. Система сама вибирає режими накопичення енергії (за надлишку сонячної і вітрової енергії) та її віддачі об'єктам інфраструктури, якщо в цьому виникає потреба (Яковлева, 2016).

Нові акумулятори від Самсунг дозволяють автомобілю проїхати понад 1000 км на одній зарядці (Турлікьян, 2015).

Швейцарські вчені репрезентували дуже дешеву систему отримання водневого палива (штучного фотосинтезу води) завдяки енергії сонця, яка має найбільший на сьогодні ККД перетворення (12,3 %) (Разработана, 2014).

У США в штаті Невада сонячна електростанція цілодобово дає електроенергію. Вдень вона не лише генерує струм, але і нагріває до температури понад 500 °С гігантський соляний стрижень. Завдяки цьому теплоелектростанція працює і в нічний час (Федосенко, 2016 б).

Дослідники з Массачусетського технологічного інституту (MIT) розробили новий матеріал, здатний зберігати сонячну енергію у вигляді хімічних змін, а не самого тепла. Хімічна система може зберігати енергію невизначено довго в стабільній молекулярній конфігурації. Віддача енергії може бути ініційована невеликим поштовхом тепла, світла чи електрики (Разработан, 2016).

У Тихоокеанській північно-західній національній лабораторії розроблено акумулятор на рідких електролітах. Вони замінюють дорогі металеві електроліти (літій-іонні батареї). Це дозволяє знизити собівартість зберігання енергії на 60 % і поліпшити інші показники (передусім екологічну чистоту і стійкість у часі) (Новый аккумулятор, 2016).

Шведські вчені створили рідкий розчин на основі норборнадієна, який здатний зберігати більшу частину теплової енергії від сонячного світла у своїх хімічних зв'язках до 18 років. водночас він перетворюється на ізомер квадрициклана. Після контакту з каталізатором на основі кобальту квадрициклан може бути перетворений знову на норборнадієн із вивільненням усієї накопиченої теплової енергії (Солнечную, 2020).

Вчені з університету Вашингтона в Сент-Луїсі перетворили цеглини на засіб накопичення енергії. Цей акумулятор посідає

проміжне місце між конденсатором і хімічним джерелом струму. Він може заряджатися та розряджатися швидше за електричний акумулятор і водночас має більш високу ємність, ніж звичайний акумулятор. Для забезпечення незвичайних властивостей цеглини обробляються спеціальним реагентом за високої температури. Для ізоляції заряду виробі покриваються зверху епоксидною смолою (Мурашєва, 2020).

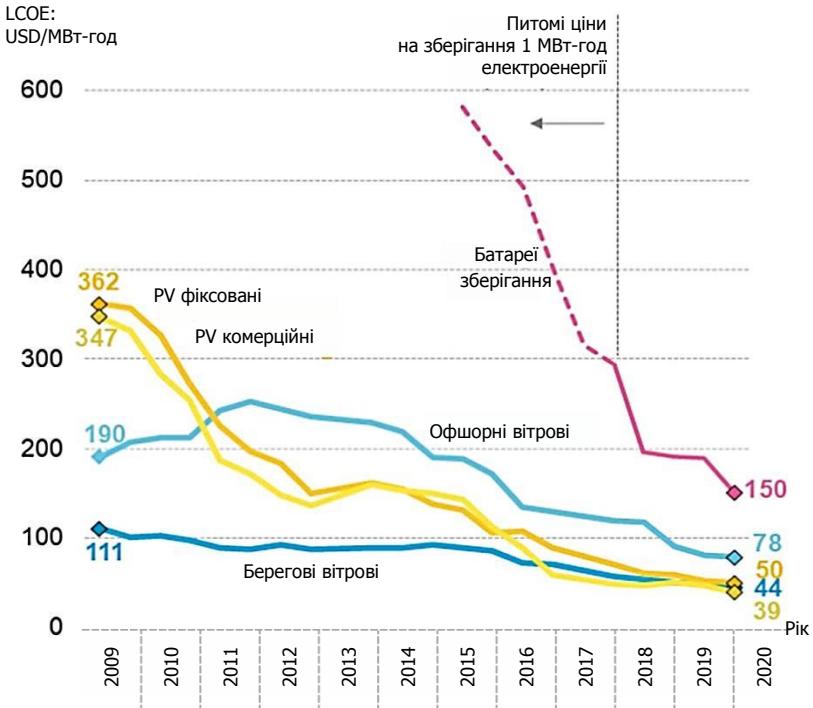


Рисунок 9.7 – Динаміка питомих витрат (за всім технологічним циклом – LCOE) на виробництво та зберігання однієї кВт-години електричної енергії (Cost, 2020)

Останніми роками в галузях акумулювання енергетики відбулися суттєві зміни. Завдяки значному технологічному прогресу багаторазово знизилися питомі витрати (за всім технологічним циклом – LCOE) на зберігання од-

нієї кВт-години електричної енергії, що можна побачити на рисунку 9.7. Зокрема, за даними інформаційного агентства Bloomberg, задекларовані витрати на зберігання одиниці енергії зменшилися з 600 USD/МВт-год у 2015 році до 150 USD/МВт-год у 2020 році.

Такі суттєві зміни економічних умов зберігання енергії значно впливають на стратегію розвитку «зеленої» енергетики. Тепер більшість нових електростанцій оснащують системами зберігання енергії. Створюють також великомасштабні акумуляційні системи. Перша з них вже два роки як працює в Австралії. Схожа система повинна увійти до ладу до кінця 2020 року в Україні (про це ми вже зазначали вище).

За оцінкою компанії BNEF (Bloomberg New Energy Finance), у 2019 році 73 % усіх літій-іонних батарей у світі вироблялося в Китаї, а 12 % – у США.

Відповідно до прогнозу до 2040 року потужності акумуляційних систем у світі повинні збільшитися в 122 рази. Вони мають досягти 1 100 ГВт сумарної потужності без врахування потужності гідроакумуляції. Цей загальний потенціал акумуляції здатний забезпечити зберігання 2 850 ГВт-годин електроенергії (Vashchenko, 2020).

Можна відзначити п'ять найбільших акумуляційних систем, які у 2020 році були введені до ладу або збільшили свої потужності (Vashchenko, 2020):

- накопичувач енергії в Даляні, Китай (ванадієва окислювально-відновна акумуляційна станція), потужністю 200 МВт, ємністю 800 МВт-год;
- великий акумулятор Powerpack від Tesla. Південна Австралія, потужність – 100 МВт, ємністю – 129 МВт-год;
- станція Сатікоя в Окснарді, Південна Каліфорнія, США (літій-іонні батареї), потужність – 100 МВт, ємністю 400 МВт-год із перспективним збільшенням потужності до 195 МВт;

- найбільша кроскордонна система зберігання. Хонівелл. США і Канада. Потужність – 300 МВт. Система забезпечує автоматичний режим пошуку максимальної потужності;
- найбільша система зберігання акумуляторів у світі, Moss Landing, Каліфорнія, США, потужність – 568 МВт, ємність – 2 270 МВт-год.

Розроблення та удосконалення технологій акумулювання енергії дозволяє колосально збільшити ефективність функціонування енергетичної системи, створюючи можливості переходу на відновлювані джерела енергії.

9.6 Мережевізація та інформатизація енергетичних систем⁴

Перехід до горизонтально розподілених мереж виробництва відновлюваної енергії вимагає формування нової концепції створення інфраструктури енергетики. Фактично мова йде про перехід від невеликої кількості великих виробників енергії до величезної кількості деконцентрованих у просторі малих енергетичних одиниць. У масштабах ЄС можна говорити про цифру в сотні мільйонів. Саме такою величиною вимірюється кількість будівель, кожна з яких передбачають перетворити на джерело альтернативної енергії (сонячної, вітрової, біогазової, отриманої за допомогою теплових насосів).

Виникає необхідність вирішення безпрецедентно складного комплексу технічних, організаційних та економічних завдань, пов'язаних із виробництвом, збиранням, перетворенням, зберіганням, транспортуванням і споживанням енергії. На рішення саме цих завдань спрямоване створення ЕнерНету – мережевої електроінфраструктури.

⁴ Розділ підготовлений у співавторстві з І. Б. Дегтярьовою.

Сторінки історії

Автором терміна «ЕнетНет» (Ether net) (за аналогією з «Інтернет») вважають американського інженера і винахідника Роберт Меткалф (Robert Metcalfe), який у 1973 році виклав концепцію майбутньої глобальної енергетичної мережі, яка повинна зв'язати розподілені відновлювані ресурси, «підключаючи до них окремих споживачів і сприяючи тим самим підвищенню рівня життя» (Patterson, 2017). У 1983 році некомерційна організація IEEE (Інститут інженерів електротехніки та електроніки) затвердила стандарти ЕнерНету (Robert, 2014).

Глобальна мережа «Інтернет», яка сьогодні стала невід'ємною складовою життя жителів Землі, забезпечує виконання цілого комплексу функцій, пов'язаних з обробленням, передаванням, зберіганням і відтворенням інформації. Ідея Меткалфа саме і полягала в тому, щоб наділити енергетичні мережі таким набором функцій щодо енергії. Для цього енергетичні мережі повинні стати воістину «розумними» (smart), тобто здатними на розв'язання значної кількості інформаційних завдань в автоматизованому (комп'ютеризованому) режимі.

Якщо зазначати конкретно, ЕнерНет покликаний забезпечити виконання таких груп функцій: *генерування і перетворення енергії, її тарифікація, збирання (купівля) енергії, передавання, зберігання і відпускання (продаж), контроль за процесами, що відбуваються (моніторинг); оптимізація операцій, забезпечення стійкості і безпеки систем, підтримання якості електроенергії.*

Необхідно звернути увагу на те, що такі системи повинні забезпечити двосторонній обмін потоками електроенергії та інформації, адже виробник і споживач енергії (а ними можуть бути звичайні домоволодіння, розташовані на різних територіях) можуть постійно мінятися ролями. І той, хто всього лише кілька хвилин тому виробляв енергію, може через низку причин (погодні умови, режим роботи та ін.) перетворитися на її споживача. Безсумнівно, так само

легко повинен здійснюватися і зворотний перехід. Мова йде про те, що всі об'єкти енергетичної мережі з пасивних повинні перетворитися на активні. Активні енергетичні мережі, здатні швидко адаптуватися до мінливих потреб зацікавлених сторін – власників, споживачів, продавців, – розглядають сьогодні як ключовий елемент інфраструктури «розумних» енергосистем майбутнього.

Ще одним важливим завданням, покликаним розв'язати ЕнерНет, є інтеграція в роботу інших «розумних» мереж (smart grids), що сьогодні створюються на рівні підприємств, територій, країн. Власне, ЕнерНет і є формою однієї з таких «розумних» мереж, що дозволяє йому органічно вписуватися в загальну картину формування глобального інформаційного простору.

Необхідно підкреслити, що ЕнерНет – це не лише нові енергетичні технології, але також і сучасні інформаційні та комунікаційні технології *білінгу* (тобто економічних розрахунків), *електронної комерції, управління доступом та адміністрування* в мережах різного масштабу, *моделювання та зберігання даних, віртуалізації, комп'ютерної безпеки, розподілених обчислень, збирання, оброблення і передавання інформації* в реальному часі.

Розвиток «розумних» інформаційно-енергетичних мереж дозволить істотно підвищити ефективність процесів виробництва і споживання енергії, а також забезпечити якість енергопостачання та стійкість енергосистем.

Нарешті, перехід до «розумних» енергосистем дасть поштовх до розвитку нових видів продукції та послуг, а також до формування нових ринків.

Можна зауважити, що в міру розвитку регіональних мереж ЕнерНет спочатку в масштабах Євросоюзу, США, Індії, Китаю та інших великих держав, а потім у глобальних масштабах повною мірою формуватиметься своєрідно глобальний «енергетичний» інтернет. Для успішної інтег-

рації широкого спектра технологічних, загальнотехнічних, проектних, організаційно-управлінських і логістичних рішень такий «енергетичний» інтернет повинен розвиватися на основі відкритих, загальнодоступних, визнаних індустріальною й управлінською спільнотами стандартів. Світова система таких стандартів зараз бурхливо розвивається.

Причому першочерговими є стандарти, що визначають єдині принципи моделювання і побудови «розумних» енергосистем. Саме на основі таких стандартів зацікавлені сторони зможуть виробити єдину мову і сформувані загально визнаний набір уявлень про «розумні» енергосистеми, де можна буде добитися повної сумісності елементів як на рівні системи систем, так і на більш низьких рівнях системної ієрархії, разом із окремими пристроями, підключеними до «розумної» мережі. Інакше кажучи, буде досягнута енергетична та інформаційна інтероперабельність.

У *Німеччині* (Germany, 2016) розпочали до впровадження пілотного проєкту енергетичної мережі з розподіленою генерацією електроенергії на основі smart grids. У межах одного регіону – федеральної землі Баден-Вюртемберг – німецький енергетичний концерн EnBW реалізує проєкт повнофункціональної мережі енергопостачання з розподіленою генерацією електроенергії.

Метою проєкту є побудова повнофункціональної мережі з розподіленою генерацією, до складу якої входять усі елементи такої мережі: виробництво електроенергії, доставка споживачеві, управління споживанням, а також облік і тарифікація. Проєкт мережі енергопостачання з розподіленою генерацією електроенергії Smart Grids є інноваційним, оскільки до цього випробовувалися лише окремі компоненти таких мереж.

Важливим моментом у ході реалізації проєкту стала робота зі споживачами. Енергетичний концерн EnBW активно просуває інноваційні рішення smart grids серед потенційних споживачів – користувачів Smart Grids, а для здійснення пілотного проєкту вже знайшов необхідну кількість споживачів, які бажають першими використовувати всі переваги мереж із розподіленою генерацією

електроенергії. У EnBW сподіваються на активну підтримку споживачів і в майбутньому (Распределённая, 2016).

Франція реалізує два проекти у сфері smart grid, або інтелектуальних енергетичних мереж. У межах першого проекту впробується система «розумних» лічильників, або smart metering. «Розумні» лічильники дозволяють здійснювати детальний облік спожитої енергії і в реальному масштабі часу передавати отриману інформацію для управління енергетичними мережами, наприклад, для ухвалення рішень про підключення тих чи інших енергетичних потужностей. Система «розумних» лічильників розгорнута в місті Ліоні.

Також створюють регіональну систему управління енергетичними мережами з альтернативними, відновлюваними джерелами енергії. «Розумна» інтеграція сонячних і вітроенергетичних комплексів дуже важлива для забезпечення безперебійного енергопостачання, оскільки в цьому разі генерація залежить від рівня освітленості та швидкості вітру.

Вартість реалізації проєктів перевищує 90 млн євро. Результати проєкту будуть враховані у процесі подальшого розвитку альтернативної енергетики у Франції і, можливо, поступового переходу держави на поновлювані джерела енергії (Распределённая, 2016).

Компанія **CISCO** – світовий лідер із виробництва телекомунікаційного обладнання, активно розвиває рішення для створення інфраструктури мереж із розподіленою генерацією енергії. Результатом такої роботи стало створення технології Cisco Smart Grid, на основі якої і планують розвиток концепції «розумних» енергетичних мереж (Компанія, 2017).

Для компанії CISCO очевидно, що найближчим часом північноамериканський ринок повинен пережити «точку перелому», після якої почнеться масове поширення рішень для розподіленої генерації електричної енергії. Європейські країни вже пройшли цю точку, а в країнах Азіатсько-Тихоокеанського регіону ці рішення лише починають поширюватися. У деяких європейських країнах частка відновлюваних джерел енергії в загальному енергетичному

балансі перевищує 50 %. У 38 американських штатах також ухвалили стандарти і програми поширення цих джерел і стандарти їхнього використання.

У країнах ЄС на розподілену генерацію вже сьогодні випадає понад 10 % від загального обсягу виробленої енергії, а в Данії цей показник становить близько 50 %. У США експлуатують понад 12 млн установок малої розподіленої генерації загальною встановленою потужністю понад 220 ГВт, а темпи приросту в середньому становлять 5 ГВт на рік. У цілій низці промислово розвинених країн (ЄС, США, Австралія) останнім часом ухвалені концептуальні документи щодо розвитку галузі з посиленням акцентом саме на малу енергетику. У ЄС – це Директива ЄС 2004/8/ЄС від 11.02.2004 «Про розвиток когенерації на основі корисного тепла на внутрішньому енергетичному ринку» (Распределённая, 2016). Усе це свідчить про те, що актуальність розвитку «розумних» енергетичних систем із кожним роком зростатиме.

Не менш актуальним є розвиток інформаційно-енергетичних систем в Україні. У країні вже сьогодні нараховують тисячі приватних установок поновлюваної енергетики. Вже існують цілі села (у Київській, Вінницькій, Харківській, Львівській областях), що повністю перейшли на енергетичне самозабезпечення і навіть продають вироблену енергію. Зростає різноманітність видів енергії, що використовують, збільшується кількість застосовуваних тарифів. Як бачимо, компоненти енергосистеми країни стають все більш активними. Все це означає збільшення складності управління енергетичною системою країни. У цих умовах лише прискорена інформатизація енергосистеми забезпечить їй зростання ефективності та стійкість функціонування, що буде створювати передумови для поступального переходу до «зеленої» енергетики.

9.7 Розвиток «зеленої» енергетики в Україні

Сьогодні розвиток «зеленої» енергетики в Україні переживає значний підйом. Кожні два дні в Україні з'являється по одній потужній сонячній електростанції і близько 25 малих станцій (Напряженіє, 2019). Варто зазначити, що збільшення потужностей альтернативної енергетики йде з великим випередженням ухвалених колись планів, за якими планувалося довести до 2025 р. частку альтернативної енергетики до 2 % (Орел, 2017).

У 2019 р. було встановлено 4,5 ГВт нових потужностей альтернативної енергетики, що збільшило її загальну потужність майже втричі – до 6,8 ГВт. Загалом зазначені електростанції дають можливість виробити понад 8,4 млрд кВт·год електроенергії, або 5,5 % від загального обсягу. Все це завдяки 3,7 млрд євро інвестицій (Призрачноє, 2020).

За підсумками 7 місяців 2020 р. Україна виробила «зеленої» енергії (сонце, вітер, гідроелектростанції та біоенергетика) обсягом до 16 % від загального її обсягу, зокрема на частку ГЕС випадає 6,5 % (Енергонезависимість, 2020). Планується, що до 2021 року частка «зеленої» електроенергії в Україні досягне 10,9 %. Усього за 2020 рік має бути вироблено 152 млрд кВт·год електроенергії, з яких 16,6 млрд кВт·год повинні забезпечити ВДЕ (В 2020 году, 2020).

Серед «зелених» джерел енергії розподіл такий: СЕС – 60 %; ВЕС – 30 %; малі ГЕС – 5 %; генерація з біогазу / біомаси – 5 % (Производство, 2020 а; Производство, 2020 б).

Сьогодні потужності альтернативної енергетики створюють практично у всіх областях України. Найбільше робочих СЕС розміщено в Одеській, Миколаївській, Херсонській, Вінницькій, Львівській, Кіровоградській, Харківській областях. Вітрові електростанції вже працюю-

ють у Запорізькій, Львівській, Миколаївській, Херсонській, Харківській областях.

До речі, одна з СЕС («Солар парк Підгородне»), яка запрацювала на повну потужність під містом Дніпром, досить унікальна і не має аналогів у Східній Європі. Річ у тому, що її сонячні модулі є рухомими і стежать за пересуванням сонця протягом дня. Це дозволяє на 50 % підвищити ефективність роботи електростанції.

Усього на ринку ВДЕ України працюють близько 230 компаній. Значна їхня частина репрезентована зарубіжними інвесторами. Велику активність проявляють підприємства Німеччини, Китаю, Кореї, Індії, Нідерландів, Данії, Швеції та інших країн. Сегмент вітроенергетики репрезентований всього 13 компаніями (15 працівників ВЕС).

Значний потенціал розвитку сонячної енергетики має зона відчуження Чорнобильської АЕС. Вже подано понад 60 заявок від різних організацій, що претендують на будівництво СЕС в цій зоні, багато з яких є іноземними інвесторами. Фахівці відібрали масив розміром 1 100 га землі для цих цілей (В Чернобыльской, 2017).

Залученню зарубіжних інвесторів і розробників покликана сприяти інтерактивна карта розвитку проєктів відновлюваної енергетики. Розроблювало карту, за визнанням глави Держенергоєфективності С. Савчука, його відомство. Карта повинна демонструвати відповідні земельні ділянки під розміщення об'єктів відновлюваної енергетики (потужністю від 27,5 кВт до 150 кВт), а також можливі точки підключення «зелених» об'єктів до енергосистеми України. За допомогою карти інвестори ще на початку роботи зможуть знайти точку входу для реалізації проєкту і розрахувати його рентабельність. Розроблюють також типові фінансові моделі для різних проєктів, що підсилює інформаційну цінність карти (Савчук, 2017).

У середньому на 1 МВт встановленої потужності «зеленої» енергетики в Україні необхідно близько 1 млн євро

інвестицій. Це означає, що будівництво потужностей у 1 ГВт обходиться приблизно в 1 млрд євро. Втім на це можна подивитися і з іншого боку. Створення потужностей у 100 МВт дає можливість залучити в країну іноземні інвестиції на 100 млн євро. Сонячної активності в Україні достатньо, щоб забезпечити окупність інвестицій за 6–7 років із використанням «зеленого» тарифу і 13–15 років без нього. Цей термін можна порівняти з окупністю класичної ТЕС (Україна, 2019).

Фахівці відзначають суттєву різницю в ринкових умовах створення потужностей сонячної і вітрової енергетики. Відмінність обумовлена тим, що «пори́г входу» (вартість проекту) в сегменті сонячної енергетики нижче, ніж у вітроенергетиці. Це пояснюється тим, що процес будівництва СЕС простіше, а вимоги до технічних характеристик та експертизи нижче. Через це на сонячний ринок потрапити набагато легше. Процес створення вітрової електростанції більш трудомісткий. Голова Української асоціації відновлюваної енергетики О. Оржель згадує, що якимось після доставки в український порт лопатей для вітряків, щоб вивезти їх за межі міста, довелося розбирати частину будинків. Складною є також експертиза місця будівництва ВЕС. Необхідно провести попередній вітромоніторинг, що може тривати від двох до трьох років (Україна, 2019).

Відомим фактом є те, що для ефективного функціонування об'єктів відновлюваної енергетики необхідна наявність потужної системи зберігання (акумулявання) енергії. Така система дозволяє домогтися значних результатів щодо підвищення ефективності та забезпечення енергетичних систем. По-перше, з'являється інструмент для балансування системи в умовах перепаду споживання енергії; по-друге, усувається необхідність утримувати надлишкові енергопотужності для покриття пікових навантажень; по-третє, підвищується енергобезпека і знижуються ризики аварійних відключень енергії. Обнадіює те, що керів-

ництво країни як мінімум розуміє наявну проблему. Зокрема Уряд України два роки тому офіційно звертався до відомого підприємця і засновника Tesla Ілона Маска з пропозицією побудувати в Україні сховище відновлюваної енергії, схоже на те, яке він вже створив в Австралії (можливо, пропозиція й досі розглядається – ?).

Улітку 2020 року найбільша в Україні приватна паливно-енергетична компанія «ДТЕК» уклала з американською компанією Hopyewell контракт на поставку літій-іонної системи накопичення енергії (СНЕ) потужністю 1 МВт і ємністю 1,5 МВт-год. Розпочато проектування і виготовлення системи, яка повинна бути запущена на майданчику Запорізької ТЕС (м. Энергодар). Система повинна стати до ладу вже до кінця 2020 року.

Найбільша батарея обіцяє стати першою в Україні СНЕ промислового масштабу, на якій можна буде відпрацювати оптимальні моделі роботи на різних сегментах енергоринку. ДТЕК розглядає варіанти підключення акумуляційної системи до поновлюваних джерел енергії. Це особливо важливо в умовах збільшення частки «зеленої» енергетики в країні (Бабур, 2020).

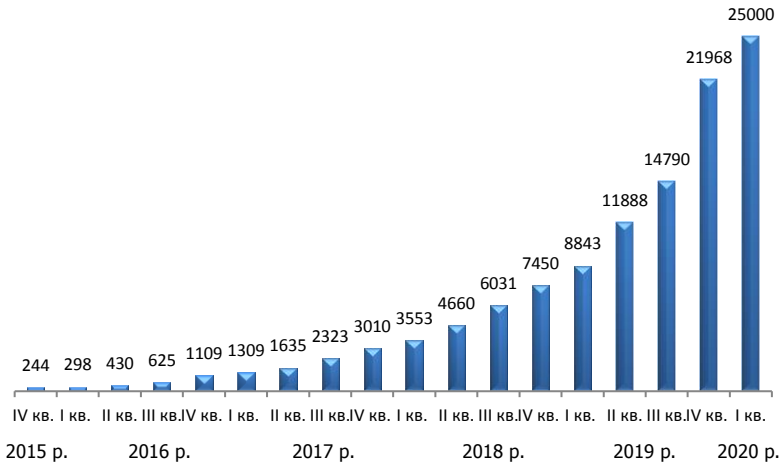


Рисунок 9.8 – Динаміка кількості сонячних електроустановок у приватних домогосподарствах (Домашние, 2020)

Значного рівня досягла альтернативна енергетика в приватних домогосподарствах. У 2014 р. в країні було всього 20 приватних сонячних електростанцій. У I кв. 2020 року їхня кількість перевищила 25 000, а потужність перевищила 700 МВт (710 млн кВт-год). Тільки за 2019 р. вона збільшилася на 60 % (рис. 9.8 і рис. 9.9) (Домашняя, 2020).

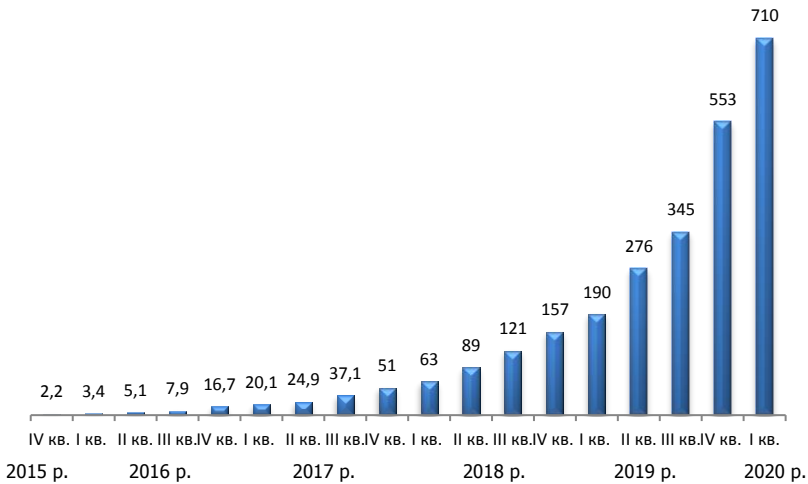


Рисунок 9.9 – Динаміка встановлених потужностей (МВт) сонячних електроустановок у приватних домогосподарствах (Домашние, 2020)

Кількість сонячних установок у приватних домогосподарствах за областями України подано на рисунку 9.10.

Безумовно, така динаміка розвитку приватної «зеленої» енергетики в Україні має позитивні тенденції. Однак усе пізнається в порівнянні. Наведемо лише одну цифру. В Італії близько 500 000 домогосподарств встановили сонячні станції, що більше ніж у 20 разів перевищує сьогоднішні показники України (Яковлева, 2017). Це одночасно

може свідчити і про горизонти «зеленої» енергетики для України.

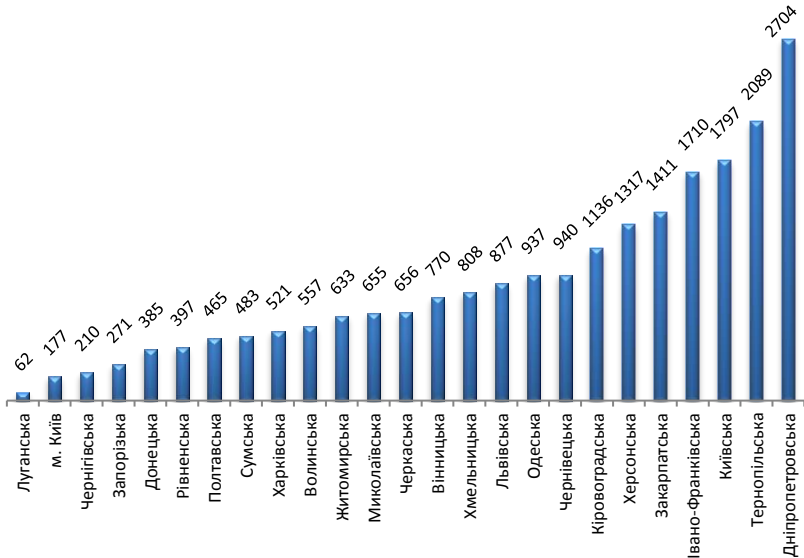


Рисунок 9.10 – Кількість сонячних електроустановок у приватних домогосподарствах за областями України (Домашние, 2020)

Необхідно відзначити, що для встановлення зазначених приватних міні-СЕС вдалося мобілізувати інвестицій у сумі понад 600 млн євро (Домашние, 2020).

На тлі нестабільності банківської системи сонячні станції виявилися вигідним предметом для інвестицій. Вкладати гроші в середню за розміром сонячну станцію стало вигідніше, ніж у середній за розміром депозит. Цьому сприяє і те, що за останні кілька років дуже знизилася вартість сонячних батарей і зростає їхня доступність. Це також призвело до зниження терміну окупності таких проєктів. Якщо два роки тому побутова сонячна станція обходилася в 10 тис. амер. доларів і окупувалася в середньому за 10 років, то зараз вона коштує 6–8 тис. доларів і може окупитися за 5–7 років (В Украине, 2017).

Значну роль в активізації розвитку «зеленої» енергетики в країні відіграють економічні інструменти.

В Україні довгий час діяв один із найвищих «зелених» тарифів у Європі, який також був значно вищим, ніж для інших видів вітчизняної генерації. Для станцій, запущених у 2019 році, тариф становить близько 15 євроцентів за одну кіловат-годину сонячної енергії і 10 євроцентів для вітрової. Для тих, хто не встиг закінчити проєкт до 2020 року, ставки будуть вже нижчими – 11 і 9 євроцентів відповідно (Сергач, 2020).

Більш високі тарифи на сонячну енергію стимулюють прискорений розвиток СЕС. Якщо у 2018 році обсяг введених потужностей СЕС майже втричі випереджав збільшення потужностей ВЕС, то у 2019 році це співвідношення перевищило 1 : 4 на користь СЕС. Крім того, будівництво СЕС повної потужності майже вдвічі дешевше за будівництво ВЕС такої самої потужності. Проте у ВЕС виробництво електроенергії за обсягом вдвічі більше (адже сонячні електростанції майже половину доби не працюють) (Сергач, 2020).

Підвищений попит населення на сонячні панелі насамперед пояснюється ухваленим у 2015 році законом, який встановлює «зелений» тариф на рівні 18,09 євроцента (близько 5,5 грн) за 1 кВт-год на електроенергію, вироблену сонячними установками потужністю до 30 кВт. Простіше кажучи, у денний час доби, коли ви практично не споживаєте електроенергію, ваша сонячна панель працює на максимумі і продає в мережу електрику по 18 євроцентів за 1 кВт-год. Водночас ввечері, коли ваша станція не працює, ви купуєте електрику з мережі за звичайним тарифом: 1,68 грн за 1 кВт-год під час споживання понад 100 кВт-годину або 0,9 грн за 1 кВт-год у разі меншого споживання (Орел, 2017).

Істотну допомогу в розвитку альтернативної енергетики надають місцеві адміністрації. Так, наприклад, у Львівській області з обласного бюджету домогосподарству повертаються 22 % річних по кредиту на сонячні панелі, а в Житомирській області – 20 % від суми кредиту (Скрипин, 2017).

Необхідно відзначити, що сонячні панелі встановлюють не тільки в приватних будинках, але й на багатопверхівках. Приклади таких ініціатив вже демонструють об'єднання співвласників багатоквартирних будинків

(ОСББ) в Києві, Дніпрі, Рівному, Сумах. Зазвичай фінансову підтримку (до 70 %) надає місцевий бюджет.

З 2017 р. істотну підтримку розвитку малої «зеленої» економіки став надавати державний Укргазбанк. Він почав видавати фізичним особам кредити на покупку та установку «домашніх» сонячних електростанцій, сонячних колекторів і теплових насосів під 0,01 % річних. Максимальна сума кредитування – 1 млн гривень на термін до 5 років (В Україне, 2017).

Згідно з інформацією Держенергоефективності України, у країні діє всього 51 біогазова станція. Член експертної ради біоенергетичної асоціації України Петро Кучерук зауважив, що станом на 1 липня 2020 року в Україні налічується 34 станції, для яких встановлено «зелений» тариф, сумарною електричною потужністю 96,7 МВт. В АПК працює 26 біогазових установок, 24 з яких спрямовано на виробництво електричної енергії (решта – на випуск теплової енергії). Сумарна потужність біогазових установок на сільгоспсировині (18 станцій), для яких діє зелений тариф – 54,3 МВт. Іще 6 станцій поки працюють без «зеленого» тарифу (Енергия «зеленых», 2020).

Додатковий оптимізм надає інноваційний вектор розвитку «зеленої» енергетики в Україні. Тут виникають оригінальні рішення щодо створення нових вітрових генераторів, сонячних концентраторів і панелей, засобів малої гідроенергетики (Остапович, 2016; Стартапы, 2017; Украинский, 2015; Янович, 2011). Значна частина цих рішень втілюється в реальних виробках.

Стрімкий розвиток альтернативної енергетики змушує ставити питання про реорганізацію управління енергетичним сектором. По-перше, галузь вже не витримує фінансового тягаря «зелених» тарифів. Зараз під час виробництві 8 % загальної частки електроенергії «зелена» енергетика бере на себе до 20 % всіх виплат за енергію (Сергач, 2020). Сьогодні в країні почав діяти механізм аукціонів на продаж

певних обсягів електроенергії, покликаний розв'язати проблему непропорційного зростання вартості енергії. Це тим паче доцільно тому, що «зелена» енергія завдяки її швидкому здешевленню вже не вимагає застосування повною мірою тарифних стимулів.

Другою проблемою є технічні питання балансування енергетичних потужностей. В Україні вже починає вироблятися електроенергії більше, ніж потрібно. Для балансування енергосистем доводиться тимчасово обмежувати виробництво атомної, теплової та навіть альтернативної генерації.

Частково ця проблема могла б розв'язуватися створенням значної кількості потужностей акумулювання енергії. Саме на розв'язання цієї проблеми в країні починають також діяти стимулювальні фінансові механізми.

РОЗДІЛ 10

РЕАЛІЗАЦІЯ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДУ НА ОСНОВІ СУЧАСНИХ ПРОМИСЛОВИХ РЕВОЛЮЦІЙ

10.1 Сутнісний зміст фазового переходу

Сьогодні, коли людство зазнає впливу одночасно трьох промислових революцій і переживає нескінченні технологічні та соціально-екологічні трансформації, поняття фазового переходу перетворюється на одне з найактуальніших. Адже стає все очевиднішим, що окремі революційні зміни в технічній і соціальній сферах насправді є ланками єдиного системного фазового переходу (ФП) до нової соціально-економічної формації.

З фізики ми знаємо, що в разі фазового переходу фізичні властивості системи (скажімо, речовини) стрибкоподібно змінюються за безперервної зміни зовнішніх параметрів (наприклад, температури, тиску, магнітного й електричного полів) (Физический, 1995). Подібно до цього за зміни температури і тиску вода може перетворюватися на лід чи пар. Або відповідний процес може відбуватися у зворотному напрямку. Поняття ФП цілком може бути застосовано і щодо соціально-економічних систем.

Фазою у фізиці називають однорідну (гомогенну) частину різнорідної (гетерогенної) системи, відокремлену від інших частин поверхнею розділу. Отже, лід, що плаває у воді, становить саме таку фазу. Вода ж є ще однією фазою двофазної системи (лід – вода). Причому можна чітко побачити межу поділу цих фаз. Зокрема це поверхня льоду, де він відділяється від води. У різних однорідних частинах системи істотно розрізняються і їхні властивості. Навряд чи хто

буде заперечувати, що властивості льоду, води і пари істотно відрізняються одна від одної.

Точно так само розрізняються характеристики спільнот, що живуть за первіснообщинного, феодального й індустріального устроїв. Саме ці устрої представляють різні фази соціально-економічного розвитку. Але ж сьогодні на Землі існують території, де різні спільноти людей в один і той самий час живуть за законами цих різних устроїв. Крім того, на одній і тій самій території (наприклад, у країні або місті) можна спостерігати сусідство цих різних устроїв, як в одній водоймі або посудині можуть одночасно перебувати вода і лід (Пекар, 2010).

У динамічних системах їхні властивості перебувають у постійному розвитку. Це означає, що вони постійно змінюються. Отже, у вищенаведеному визначенні фази термін «частина системи» можна розглядати не лише в просторовому, а й у часовому аспектах. Інакше кажучи, частиною системи може бути не лише її фрагмент, тобто просторове утворення, а й часовий відрізок історії її існування. Невипадково, що в окремих визначеннях *фаза* трактується як період, стадія, етап розвитку системи або будь-якого явища.

І це цілком справедливо. Отже, згадані соціально-економічні формації можуть не лише існувати на Землі в один і той самий період часу на різних територіях, а й змінювати один одного в різні історичні періоди часу на одній і тій самій території (в одному і тому самому співтоваристві).

Ми почали розділ із фізичних понять. Чи випадково, що останнім часом доводиться спостерігати взаємне проникнення наукового інструментарію і понятійного апарату між різними сферами знань? Мабуть, ні. Сьогодні людство переживає потребу синтезу своїх знань, що, без сумніву,

також має свої об'єктивні передумови. Вони обумовлені інтеграційним характером процесів, що відбуваються в суспільстві. Міждисциплінарні методологічні підходи дозволяють глибше зрозуміти закономірність соціально-економічних систем через аналогії з процесами еволюції фізичних систем.

Повернемося, однак, до фазових переходів. Фактично поняття «фазовий перехід» являє собою одну з граней такої філософської категорії, як «перехід кількості в якість». За ФП порушується лінійний характер залежності в поведінці системи (наприклад, «чим більше, тим краще», або «чим менше, тим краще»), і система переходить від адаптаційних форм свого розвитку до біфуркаційних.

У такі періоди кардинально трансформується (перебудовується) структура системи, істотно змінюються її внутрішні та зовнішні зв'язки. Практично на зміну одних форм і змісту системи приходять інші. З фізичного погляду це може трактуватися як катастрофа колишнього стану системи. Своєрідною компенсацією за втрату старої якості системи служить значне збільшення варіативності напрямків розвитку системи. Багаторазово збільшується кількість потенційно можливих станів, яких система може набути (один або кілька з багатьох) у разі такого її переходу.

Необхідно зазначити одну важливу особливість. Існує чітка детермінованість (визначеність) формування параметрів нового стаціонарного стану, якого повинна набути система після її ФП. У цьому сенсі поведінка системи будь-якого виду (фізичної, біологічної, соціальної) підпорядковується цілком конкретним фізичним закономірностям. Основний зміст цього полягає ось у чому.

За межами фазових переходів усі системи існують у стаціонарному, стійкому стані. А будь-який стаціонарний стан системи забезпечується підтримкою її гомеостазу,

тобто вузького інтервалу параметрів, у якому функціонує система. Виникнення гомеостазу систем є геніальним винаходом природи. Річ у тім, що саме параметри гомеостазу забезпечують мінімум виробництва ентропії системою за наявних умов зовнішнього середовища. Інакше кажучи, за цих параметрів гомеостазу процеси функціонування системи максимальною мірою відповідають характеристикам середовища. Водночас досягають максимальної ефективності функціонування системи. Це означає, що вона втрачає, марно розсіюючи, мінімум вільної енергії на одиницю виконаної роботи.

Після ФП свої нові параметри система набуває доволіно, але суто в межах наявного фундаментального критерію. Останній може бути сформульований так: параметри системи повинні забезпечувати мінімум виробництва ентропії (дисипації енергії) за даних умов зовнішнього середовища.

Функцію адаптації (підстроювання) параметрів гомеостазу під його оптимальні значення для даних умов зовнішнього середовища виконує механізм зворотних зв'язків. До того часу, поки це можливо, підстроювання здійснюється в межах адаптаційних еволюційних механізмів (переважно завдяки дії механізмів негативного зворотного зв'язку). Вони працюють за умови збереження основних контурів структури системи, а також її внутрішніх і зовнішніх зв'язків. Коли адаптаційні можливості системи в межах наявного гомеостазу вичерпуються, система змушена стрибком переходити на його новий рівень. Він може бути як вищим, так і нижчим за той, що існував раніше. Для цих цілей задіюють вже переважно механізми позитивного зворотного зв'язку.

10.2 Триалектика фазових переходів

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

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

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

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

У процесах функціонування системи згадані природні начала виконують різні функції. *Матеріально-енергетичне* начало виконує силову функцію, забезпечуючи реалізацію будь-яких видів руху (а отже, і змін) усередині системи і під час її взаємодії із зовнішнім середовищем. *Інформаційне* начало спрямовує дію енергетичних імпульсів, а отже, забезпечує цілеспрямованість та ефективність здійснення процесів, що відбуваються. *Синергетичне* на-

чало об'єднує дії окремих частин системи в єдине ціле, забезпечуючи взаємну узгодженість підсистемних дій і функцій. Воно також забезпечує вбудовування цієї системи як підсистемної частини в зовнішнє середовище.

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

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

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

Як бачимо, ФП у цій транспортній сфері обумовив трансформацію всіх трьох природних начал у системах, які його забезпечували. Були змінені: *матеріально-енерге-*

тичні чинники (створені нові технологічні засоби та енергоносії до них); *інформаційна* система, що забезпечує їхній функціональний розвиток (налагоджені науково-дослідні і дослідно-конструкторські роботи, навчання спецперсоналу і водіїв та ін.); *синергетичні* чинники (створена обов'язкова для всіх система правил руху, комунікаційні артерії, засоби взаємного сповіщення тощо). Без усіх цих трансформацій людство не змогло б здійснити цей ФП і подолати відповідний фазовий бар'єр.

Розглядаючи передумови до сучасного *фазового* переходу, необхідно виділити низку ключових подій (рис. 10.1). У групі *матеріально-енергетичних* чинників вирішальну роль починають відігравати: по-перше, створення конкурентоспроможної альтернативної енергетики з масовим акумулюванням енергії; по-друге, формування принципово нової виробничої основи на базі адитивних технологій і 3D-принтерів.

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

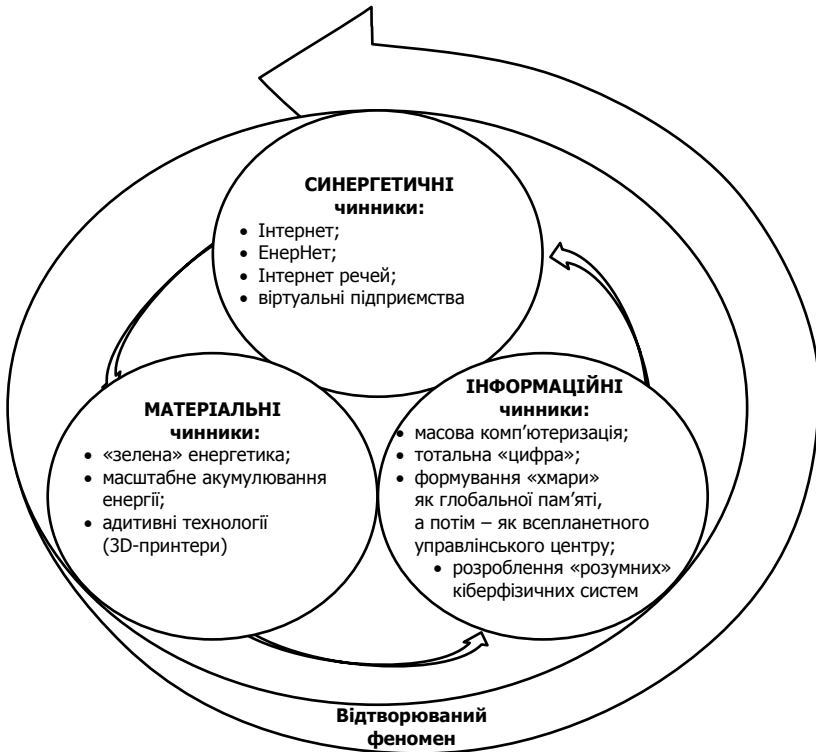


Рисунок 10.1 – Формування передумов і відповідних проривних технологій для реалізації сучасного фазового переходу (складено автором)

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

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

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

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

10.3 Фазовий бар'єр як інструмент природного добору

Під **фазовим бар'єром** (ФБ) необхідно вважати комплекс передумов (тобто стан трьох згаданих начал: матеріально-енергетичного, інформаційного та синергетичного), необхідних для реалізації системою ФП, відсутність яких є причиною його нездійснення.

ФБ є складним поєднанням взаємозв'язаних, взаємообумовлених і частково взаємоконвертувальних чинників, у яких наслідок постійно міняється місцями з причиною. До того ж стан будь-якого з чинників може стати вирішальним у неподоланні системою фазового бар'єра. У соціальних системах, наприклад, таким чинником може виявитися стан громадських інститутів.

Неподолання системою фазового бар'єра призводить до зниження інформаційного статусу системи, що визначає її складність, рівень узгодженості окремих ланок і ефективність функціонування. Структура і механізм дії системи спрощується (примітивізується), а ефективність дії знижу-

ється. Система може бути відкинута, умовно кажучи, на один або кілька рівнів стосовно тієї межі, з якої вона починала ФП. Система начебто повертається стрибком назад – на кілька якісних рівнів свого еволюційного розвитку. Такою виявляється ціна невдалої спроби і витраченої енергії на невдалий ФП.

Щось схоже, на думку деяких дослідників, відбулося на початку ХХ століття з Росією. Спроба перейти до розвиненого буржуазного суспільства з властивими йому демократичними інститутами не мала успіху. І без того складні умови фазового переходу в країні, де близько 80 % населення становили селяни, посилилися двома революціями, виснажливою світовою і руйнівною громадянською війнами. Унаслідок цього за рівнем суспільних відносин країна була відкинута на десятиліття назад, що не могло не позначитися на її соціально-економічному розвитку.

У підсумку, на одній шостій суші Землі виникла химерна соціально-економічна формація, у якій здебільшого запозичені на стороні індустріальні засоби виробництва експлуатувалися в умовах жажливої суміші первісних, рабовласницьких, феодальних і квазікапіталістичних суспільних відносин.

Основною особливістю сучасного фазового переходу є глобальний характер процесів, що відбуваються. Цьому сприяє низка найважливіших чинників: міжнародний всепроникний характер масмедіа (насамперед телебачення та інтернету), інтерналізація науки та освіти, всепланетні масштаби екологічних проблем (зокрема порушення клімату Землі). Усе це стрімко наближує світове співтовариство до передбаченої на початку 70-х років ХХ ст. американським економістом К. Боулдингом «економіки космонавтів» (Boulding, 1997). За цих умов лише країни, багаті на природні ресурси (переважно викопними енергоносіями), завдяки щедрому припливу фінансових коштів тимчасово можуть зберігати можливість відносної ізоляції від решти світу і консервації наявних соціально-економічних основ.

Однак стає все більш очевидним той факт, що реалізувати завоювання Третьої і Четвертої промислових революцій можна лише у зв'язці з відповідними соціально-економічними відносинами (насамперед солідарною економікою і максимальним залученням широких мас до управління територіями).

10.4 Особливості сучасного фазового переходу до нової соціально-економічної формації

Фазові переходи, підпорядковуючись загальним фундаментальним закономірностям, мають свої особливості в кожній сфері їхнього прояву (фізичній, біологічній, суспільній). Спробуємо розглянути це більш детально.

Відповідно до наведеного на початку розділу визначення ФП, властивості системи стрибкоподібно змінюються за безперервної зміни зовнішніх параметрів. Відзначимо важливу особливість. Якщо мова йде про економічну систему, то не лише зовнішнє середовище впливає на її поведінку, а й сама система певною мірою здатна впливати на стан параметрів оточення.

На наш погляд, до ключового чинника, що впливає на зміну параметрів зовнішнього середовища, необхідно віднести витрати праці, які працівники певної економічної системи прикладають до предметів праці. Ці витрати через складні процеси товарно-грошових відносин, обумовлених реалізацією вже готової продукції, викликають безперервну зміну зовнішніх умов. Останні ж і формують те поле чинників впливу, яке обумовлює виникнення фазового переходу в економічній системі. Відзначимо, що під витратами праці необхідно враховувати не лише кількісні, а й якісні параметри трудових процесів. Останнє, зокрема, означає

збільшення інформаційної ємності праці, підвищення її ефективності, посилення ступеня синергетизму.

Отже, підприємство може освоювати інноваційні, більш складні види продукції, удосконалювати процеси її виробництва, роблячи їх екологічно і соціально досконалішими, виходити на нові ринки, залучати до сфери реалізації нові кола споживачів. Унаслідок такої діяльності зазвичай зовнішнє середовище поступово змінюється у сприятливіший для підприємства бік. Збільшується попит на його продукцію, з'являються додаткові інвестиційні та кредитні можливості. У кінцевому підсумку згадані зміни в зовнішньому середовищі можуть сприяти якійсь зміні статусу підприємства. Наприклад, підприємство з неприбуткового і неуспішного може здійснити фазовий перехід до успішного та прибуткового стану, відкриваючи нові горизонти свого розвитку. На це цілком справедливо звертає увагу І. Гарін (Гарін, 2017).

Цілком імовірно (і вони аж ніяк не рідкісні) випадки, коли підприємства здійснюють фазовий перехід у зворотному напрямку: від успішних і прибуткових до неуспішних і неприбуткових.

Як бачимо, причиною зазначених процесів є зміни параметрів зовнішнього середовища (зокрема ставлення потенційних інвесторів і споживачів до продукції підприємства). Накопичуючись поступово завдяки праці працівників підприємства, вони можуть стати передумовами до стрибкоподібної зміни статусу підприємства (наприклад, із маленької виробничої одиниці воно може трансформуватися в акціонерне товариство, а потім у трансконтинентальну корпорацію).

До вищесказаного необхідно додати, що в глибині згаданих економічних процесів щомоментно відбуваються, умовно кажучи, мініфазові переходи, у яких виробничі запаси набувають товарної форми готової продукції, а ті, зі свого боку, трансформуються в грошові потоки, що спрямовують згодом на залучення необхідних ресурсів (сировини, матеріалів, основних фондів, інформації, трудових чинників). І виток фазових переходів виходить на новий

рівень. Ці процеси характеризуються А. Р. Махмутовим (Махмутов, 2008).

Звернемо увагу, що зазначена тенденція справедлива і щодо мініфазових переходів. На них теж вирішальний вплив мають чинники зовнішнього середовища (попит на продукцію, ціни на сировину, економічна кон'юнктура та ін.). Але також передумови для зміни останніх у сприятливий для підприємства бік (або навпаки) закладаються працею його працівників.

Вирішальний вплив, хоча і зі своєю специфікою, має людський чинник і в процесах фазових переходів до нових соціально-економічних формацій. Роль імпульсу, що «розгойдує» параметри зовнішнього середовища, також відіграє праця людини. Але специфіка в цьому разі полягає в тому, що вирішальним виявляється екодеструктивний вплив процесів праці на екосистеми планети (Реймерс, 1994). Накопичуючись, деструктивні чинники призводять до деградації середовища. Рано чи пізно перед людськими спільнотами виникає дилема: або здійснити фазовий перехід і вийти на більш ефективний і відносно менш деструктивний рівень економічного устрою, або, не пройшовши фазовий бар'єр, деградувати, відкотившись на більш примітивні методи господарювання і суспільні відносини з відповідними негативними наслідками (зниження добробуту, хвороби, депопуляція населення) (Мельник, 2006; Социально-экономические, 2010).

Отже, природне середовище є чинником, що стримує зростання населення і можливості суспільства розвиватися в межах наявного гомеостазу економічних систем (продуктивних сил і суспільних відносин). Це змушує співтовариство переходити на більш високий рівень розвитку, начебто «виштовхуючи його вгору».

Так, неолітична революція, коли людина зайнялася контролем виробництвом рослинних і тваринних продуктів, дозволила значною мірою розв'язати проблему кризи продуцентів, які були винищені людиною в процесі збирання і полювання.

Перша і Друга промислові революції (які, цілком ймовірно, необхідно розглядати як дві фази єдиної промислової революції) значно розширили базу енергетичних і матеріальних ресурсів, зменшивши тим самим проблеми кризи відтворювального потенціалу екосистем. Зокрема деревину, що забезпечує функції базового енергоносія і провідного будматеріалу, вдалося значною мірою замінити викопними паливами, металами та хімічними матеріалами. Це дозволило, зокрема, зупинити катастрофічне вирубування лісів.

Третя і Четверта промислові революції (їх, ймовірно, необхідно розглядати як дві фази єдиної інформаційно-мережевої революції), що сьогодні переживає людство, покликані розв'язати проблеми кризи відтворення асиміляційного потенціалу екосистем планети. Природні очисні реактори біосфери вже не справляються з функціями відтворення змінених (забруднених і порушених) людиною параметрів природного середовища. Одним із небезпечних наслідків такого антропогенного впливу є надлишкове виробництво енергії і теплове забруднення. Вироблену людиною надлишкову енергію не встигає розсіювати енергосистема Землі, яка починає перегріватися і спричиняти зміни клімату планети (детально – у (Мельник, 2018б; Реймерс, 1990)).

10.5 Технологічні імпульси фазових переходів

Умовно фазові переходи, що відбуваються в економічних системах, можуть бути диференційовані на три групи: *поточні (періодичні), інноваційні та епохальні*.

Поточні або *періодичні* фазові переходи відбуваються постійно в процесі виробництва і споживання продукції. Так, гроші, як відомо, переходять у виробничі активи, а ті – у

товарну продукцію в технологічному процесі. Товарна продукція знову конвертується в грошові активи, і виробничі цикли відтворюються заново.

Інноваційні фазові переходи пов'язані з відкриттями і винаходами, які руйнують старий уклад життя і змушують змінювати виробниче середовище, задіяні технології, види продукції, знання і навички праці, умови життя і діяльності людей. У таблиці 10.1 подані основні віхи інноваційних фазових переходів в історії людства та базові проривні технології, на яких ґрунтувалися відповідні тренди соціально-економічного розвитку.

Таблиця 10.1 – Базові інновації і їхня роль у формуванні соціально-економічних трендів. Характеристика передумов проривних технологій для інноваційних фазових переходів

Ключова інновація	Значення для розвитку суспільства	Ключова інновація	Значення для розвитку суспільства
1	2	1	2
Матеріально-енергетичні чинники. <i>Знаряддя праці</i>			
Перші ручні рубила (бл. 800 тис. р. до н. е.)	Перевага в конкуренції за виживання, початок трудових процесів	Прядка і ткацький верстат (бл. 5 тис. р. до н. е.)	Перший крок до масового виробництва
Винахід колеса і возів (бл. 4 тис. р. до н. е.)	Початок інформатизації знарядь праці, зародження транспорту	Плуг із ножем і відвалом (бл. 100 р. до н. е.)	Становлення аграрного виробництва
Перші доменні печі (бл. 1500 р.)	Формування виробничого матеріалознавства	Початок фабричного виробництва парових машин Уатта (1776 р.)	Зародження машинобудівної промисловості

Продовження таблиці 10.1

1	2	1	2
Перша система конвеєрного виробництва Форда (1913 р.)	Початок машинобудівного масового виробництва	Створення перших верстатів із числовим програмним керуванням (1955 р.)	Початок упровадження повністю автоматизованих верстатів
Створення першого промислового робота (1962 р.)	Початок використання виробничих засобів із гнучкою системою автоматичного ухвалення рішень	Створення першого 3D-принтера (1988 р.)	Початок адитивного виробництва
<i>Виробництво і трансформація енергії</i>			
Початок використання вогню (бл. 500 тис. р. до н. е.)	Посилення енергетичної могутності людини	Водяний млин (бл. 300 р. до н. е.)	Початок використання енергії води
Вітряк (бл. 1750 р. н. е.)	Початок використання енергії вітру	Перша робоча парова машина Уатта (1768 р.)	Початок промислового використання штучно одержуваної енергії
Відкриття електричного струму (1786 р.)	Якісний стрибок у концентрації енергії	Перша електробатарейка (1800 р.)	Початок ери мобільного використання енергії
Створення електродвигуна постійного струму (1834 р.)	Початок використання електроенергії на транспорті	Перший свинцевий акумулятор (1859 р.)	Початок ери заряджального зберігання електроенергії
Будівництво першої електростанції (1882 р.)	Початок масового використання електроенергії	Створення бензинового двигуна внутрішнього згоряння (1883 р.)	Початок масового використання двигуна внутрішнього згоряння в промисловості і на транспорті
Перша керована ядерна реакція в першому ядерному реакторі (1942 р.)	Освоєння нового виду енергії	Перша сонячна електробатарея (1955 р.)	Початок промислового використання сонячної енергії

Продовження таблиці 10.1

1	2	1	2
Речовини і матеріали			
Металургія міді (бл. 4 тис. р. до н. е.)	Передумови матеріального виробництва	Металургія заліза (бл. 1800 р. до н. е.)	Одержання одного з кращих технологічних матеріалів, зокрема завдяки його високій міцності і ковкості
Відкриття водню (1766 р.)	Початок застосування одного з найбільш використовуваних промислових речовин, а сьогодні – одного з найбільш багатообіцяльних енергоносіїв на транспорті	Синтез штучного каучуку (1901 р.)	Початок промислового використання штучних матеріалів, що є еластичними, водонепроникними та мають електроізоляційні властивості
Винахід першого напівпровідника (1906 р.)	Початок розвитку електроніки на основі транзисторів	Створення скловолокна (1935 р.)	Початок використання перших композиційних матеріалів
Інформаційні чинники			
Виникнення мови (бл. 150 тис. р. до н. е.)	Вирішальний чинник у формуванні спільності людей, а також акумулювання знань і досвіду для передавання наступним поколінням	Виникнення піктографічного письма (бл. 4 тис. р. до н. е.)	Формування основи письмової фіксації і зберігання інформації
Перші прототипи грошей (бл. 2 тис. р. до н. е.)	Заміна матеріального натурального обміну інформаційним еквівалентним	Початок щеплення від віспи в Китаї (бл. 100 р. до н. е.)	Початок використання методу вакцинацій

Продовження таблиці 10.1

1	2	1	2
Друкарський верстат (1440 р.)	Поява засобу поширення знань	Перша лічильна машина (1645 р.)	Виникнення засобу, який механізує процес оброблення інформації
Створення першої електричної лампочки розжарювання (1820 р.)	Значне розширення видимої частини доби	Перші безготівкові банківські розрахунки (1824 р.)	Прискорення грошового обігу
Створення телеграфного апарата Морзе (1837 р.)	Посилення можливостей комунікації людини на відстані	Створення грамофонної платівки (1896 р.)	Початок запису і відтворення звукової інформації
Розроблення системи електронного телебачення (1923 р.)	Початок масового використання телебачення	Початок телевізійного мовлення (1936 р.)	Початок масового використання телебачення
Створення першої промислової ЕОМ (1952 р.)	Початок промислового машинного оброблення інформації	Створення перших транзисторів (1952 р.)	Передумова створення транзисторних комп'ютерів
Випуск першого персонального комп'ютера (1976 р.)	Початок масового використання комп'ютерів	Використання штучного інтелекту в різних виробничих сферах (2000 р.)	Початок промислового використання самоврядних виробничих систем
Мітки радіочастотної ідентифікації (2000 р.)	Передумова до створення «Інтернету речей»	Створення штучних органів людини, нейронів, генетичного механізму (2010 р.)	Передумова створення кіборга
Формування «хмари» – системи суперкомп'ютерів і великих баз даних (2011 р.)	Виникнення глобальної системи пам'яті	Перехід на масове (до 99 %) використання цифрових методів запису, зберігання і відтворення інформації (2014 р.)	Перехід на універсальний метод запису будь-яких видів (зокрема візуальної, звукової, запахової, аналітичної) інформації

Продовження таблиці 10.1

1	2	1	2
Синергетичні чинники (комунікаційні засоби)			
Виникнення мовлення і мови (більше ніж 150 тис. р. до н. е.)	Виникнення комунікацій між людьми і спільнотами	Перші гребні човни (бл. 10 тис. р. до н. е.)	Виникнення водного транспорту
Виникнення писемності (4 тис. р. до н. е.)	Значне подовження відстаней комунікацій	Перші вітрильні судна (бл. 3 тис. р. до н. е.)	Виникнення парусного флоту
Перший пароплав (1787 р.)	Початок машинної ери на транспорті	Перший паровоз (1804 р.)	Зародження залізничного транспорту
Перший телеграфний апарат (1809 р.)	Значне посилення (прискорення) комунікаційних можливостей людини	Створення першого телефону (1860 р.)	Поява можливості спілкування в живому часі на відстані
Будівництво першої лінії електропередачі на значну відстань (1882 р.)	Забезпечення масового використання електроенергії	Перший автомобіль (1891 р.)	Початок масового використання автотранспорту
Винахід першого радіоприймача (1895 р.)	Початок бездротового передавання звукової інформації	Перший аероплан (1903 р.)	Початок керованих польотів апаратів, важчих за повітря
Перший штучний супутник Землі (1957 р.)	Початок ери космічних комунікацій	Перший пілотований космічний політ (1961 р.)	Початок пілотованих космічних польотів
Перший мобільний телефон (1973 р.)	Початок мобільного зв'язку	Старт програми супутникової навігації – GPS (1973)	Початок функціонування супутникової системи глобального позиціонування
Виникнення інтернету (1973 р.)	Початок мережевих комп'ютерних комунікацій	Випробуваний перший безпілотний автомобіль (1984 р.)	Початок безпілотних автомобільних комунікацій

Продовження таблиці 10.1

1	2	1	2
Початок дії планетної системи «Біткоїн» (2009 р.)	Початок дії децентралізованої системи «криптовалюта» для прямих міжсуб'єктних фінансових комунікацій	Експлуатація Інтернету речей (2012 р.)	Початок експлуатації кіберфізичних систем без участі людини

* Складена за матеріалами: (Азимов, 2000; Большой, 2007; Большой, 2003; История, 2019 а; История, 2019 в; Мельник, 2018 б; Новый, 2000; Реймерс, 1990; Рыжов, 2004; Советский, 1989–1990; Физический, 1995; Экономическая, 1999); а також статей Вікіпедії за темами: (Банк, 2019; Бронза, 2019; Ветряная, 2019; Деньги, 2019; Железо, 2019; Изобретение, 2019; Канал, 2019; Каучуки, 2019; Криптовалюта, 2019; Нанотехнология, 2019; Парус, 2019; Пластмассы, 2019; Рентгеновское, 2019; Речь, 2019; Система, 2019; Сталь, 2019; Судостроение, 2019; Транзистор, 2019; Электрический, 2019)

Як бачимо, навіть коротке і далеко не повне перерахування інноваційних віх в історії розвитку людства потребувало багатосторінкового опису. За бажанням за більшістю із зазначених інновацій (наприклад, винаходом машини, освоєнням автомобіля, становленням авіації, використанням електрики або розвитком комп'ютерної техніки) можна скласти не менш об'ємні таблиці, що характеризують події, які в кінцевому підсумку поетапно формували кожне з явищ.

За кожною із згаданих інновацій – великі й малі фазові переходи, які докорінно змінили життя і діяльність людей, трансформували середовище їхнього побуту, умови, трудові процеси, масштабність часу і простору, задіяні комунікації. Накопичуючись, наслідки згаданих інноваційних фазових переходів готують передумови для більш масштабних явищ – фазових переходів епохального рівня.

Епохальні фазові переходи пов'язані з кардинальною зміною характеру метаболізму між людиною і природою. Так, після фазового переходу часів неолітичної революції людина перейшла від споживання готових природних ма-

теріалів (переважно) до їхнього виробництва за допомогою прикладання своєї праці. Після фазового переходу часів Першої та Другої промислових революцій роль провідного природного чинника, до якого людина стала прикладати свою працю під час машинного виробництва необхідних йому засобів існування, почала відігравати енергія. За сучасного фазового переходу провідним чинником прикладання праці людини стає інформація. У таблиці 10.2 надано порівняльний аналіз базових чинників соціально-економічних формацій, що виникали внаслідок згаданих фазових переходів (детально – у Мельник, 2005 б)).

Таблиця 10.2 – Основні економічні, соціальні та екологічні характеристики трьох соціально-економічних формацій (Мельник, 2005 б)

Параметр	Формація		
	постнеолітична	промислова	інформаційна
1	2	3	4
Базові природні субстанції	речовина	енергія	інформація
Домінантна система в тріаді людства	біо-	праце-	соціо-
Переважаючі функції природи щодо людини	фізіологічна	економічна	соціальна, екологічна
Переважаючий тип споживання	матеріальний	матеріально-енергетичний	інформаційний
Базові чинники виробничої системи	праця / природа	машина	інформація
Базові чинники структуризації суспільства	праця / земля (природа)	капітал	інформація
Координаційний клас (соціальна група) у суспільстві	рабовласники, феодали	буржуазія	інтелектуальна еліта
Базова форма виробничих відносин	силовий примус	економічні угоди	вільна праця

Продовження таблиці 10.2

1	2	3	4
Домінантний тип відносин «людина – природа»	залежність людини від природи	спроби підкорення природи	гармонійні відносини
Основна причина екологічної кризи	виснаження продуцентного потенціалу природи	руйнування асиміляційного потенціалу, перевиробництво енергії	перевиробництво інформації, інформаційні деструкції

10.6 Економічний вимір трансформаційних процесів

Самі собою наведені факти свідчать про те, що людство сьогодні стоїть на порозі фазового переходу, рушійними силами якого є Третя, Четверта та П'ята промислові революції. Про те, що він вже розпочався, свідчать і інші ознаки, зокрема колосальні темпи зміни окремих показників, що характеризують технологічний стан соціально-економічних систем (табл. 10.3).

Таблиця 10.3 – Зміни окремих показників світової економіки за період 2017–2020 років (складено автором на основі інтернет-публікацій)

Показник	Збільшення показника, %
Виробництво сонячної енергії за період	70
Виробництво вітрової енергії за період	52
Ефективність сонячних панелей	42
Сумарні ємності зберігання енергії	120
Продаж роботів за період	74
Продаж 3D-принтерів за період	88
Продаж електромобілів за період	108

Дуже важливими складовими змін, що відбуваються, і які без перебільшення можна назвати лавиноподібними

процесами, є економічні чинники. Одне з найважливіших завдань, яке покликана розв'язувати Третя промислова революція, зводиться до того, щоб здійснити прогресивні завоювання науки і техніки (зокрема згадані на початку цього розділу) максимально дешевими. Це робить їх доступними широкому колу користувачів. Зокрема ПК, мобільний телефон, інтернет, Wi-Fi, GPS повинні були з'явитися в більшості населення. Тільки тоді міг статися якісний прорив на новий технологічний і соціальний рівень, що передувє початку фазового переходу.

Останнє надзвичайно важливо, тому що саме поняття «перехід на нові технології» передбачає не лише теоретичну здійсненність певних процесів (змін), а й практичну реалізованість зазначеного явища в масових масштабах з урахуванням економічних та екологічних обмежень, які характеризують відповідні властивості самих систем і ситуацію в суспільстві.

Функціонування якихось кількох сотень і навіть тисяч дорогих пристроїв з автоматизації побуту (нехай навіть і за допомогою інтернету), що можуть собі дозволити лише дуже заможні сім'ї, навіть за умови великого бажання не можна назвати революцією. Щоб вважатися революційним, будь-яке явище повинне стати масовим, доступним для більшості членів суспільства. Зокрема, щоб була реалізована Четверта промислова революція, яка означає пряму міжмашинну комунікацію, необхідно, щоб і комп'ютери, й інтернет-підключення, і мобільні телефони, і самі технічні пристрої стали достатньо дешевими (у будь-якому разі відчувалися б такими для більшості виробників і споживачів). А для цього їх виробництво та використання повинні стати на порядок, а в деяких випадках – на порядки ефективнішими.

Такі зміни відбуваються буквально на очах людей, які нині живуть. Щоб у цьому переконатися, достатньо поглянути на дані таблиці 10.4. У ній наведені деякі показники, що характеризують динаміку зниження вартості

окремих технічних засобів або послуг (робіт), які забезпечують реалізацію найважливіших виробничих процесів.

Таблиця 10.4 – Зниження вартості технічних засобів / здійснення одиниці роботи за останні 35 років (складена автором за даними інтернет-публікацій)

Технічні засоби / процес	Кратність зміни, разів
Процесор у комп'ютері	10 000
Сенсор і RFID-мітка	1 000
Виконання однієї умовної операції на автоматичному пристрої	1 000
Відеоспостереження	500
Виробництво 1 кВт-год електроенергії на сонячній батареї	150

Однак навіть такі разючі цифри необхідно сприймати винятково умовно через те, що якісні властивості сучасних технічних засобів і їхніх аналогів 35-річної давності просто не можливо порівняти за виконуваними функціями, ані з погляду їхньої складності, ані з погляду якості реалізованих дій.

Достатньо зауважити, що мікропроцесор сучасного комп'ютера виконує кілька мільярдів операцій за 1 секунду, тоді як пристрій із схожими функціями на початку 1980-х рр. виконував лише кілька тисяч. Інший приклад: завдяки волоконно-оптичному зв'язку швидкість передавання інформації зростає більше ніж на 5 порядків.

Доречно зазначити три істотні моменти. По-перше, те, що найбільш значна частина згаданих змін (зокрема зниження вартості) випала на останнє десятиліття, тобто на період, коли стартувала Третя й Четверта промислові революції.

По-друге, вартісні показники не можуть повною мірою відобразити всю глибину явища підвищення ефективності функціонування технічних систем. Останнє набагато глибше і вимірюється безліччю інших параметрів. Зокрема на прикладі прогресу щодо розвитку акумуляторних батарей це виявляється в істотному зниженні (часом, на порядки) розміру і ваги акумуляторів на одиницю їхньої корисної ємності, значному скороченні часу їхнього заправлення (що досягає вже в окремих випадках лише кількох десятків секунд), збільшенні часу роботи між заправками (зокрема пробігу електромобілів на одній заправці, що для рекордних зразків уже становить понад 1 000 км), зростанні, яке розвивається за допомогою акумуляторів потужності технічних систем (зокрема швидкість електромобілів досягає вже 700 км/год).

По-третє, останніми роками відбулися явища (зокрема з'явилися технічні засоби і процеси), яких просто раніше не існувало, але які здатні радикально, стрибкоподібно підвищити ефективність виробничих систем. Мова йде про цифрові й «хмарні» технології під час передавання, фіксації та оброблення інформації, а також 3D-принтери під час виготовлення продукції. До цього переліку потрібно додати GPS та інші супутникові технології за умови контролю за просторовими процесами й комунікації між кіберфізичними системами, «Інтернет речей» і «розумні» мережі в керуванні виробничими і соціальними системами.

Ці зміни не могли б відбуватися без сотень щоденних інновацій, що народжуються вже в надрах Третьої промислової революції. Згадані інновації не виникають самі собою. Їх повинен генерувати сам бізнес, завдання якого істотно змінюються в процесі промислових революцій.

10.7 Еволюція суб'єкта людини і праці у світлі промислових революцій

Можливо, найважливішим моментом є те, що під час кожного епохального фазового переходу докорінно змінювалася внутрішня сутність самої людини. Так, внаслідок «когнітивної» революції, що сталася, на думку Ю. М. Харарі (Харари, 2017), близько 70 тис. років тому в людині сталися зміни, які виділили її серед інших представників тваринного світу.

Слово «когнітивний» (від лат. cognition – сприйняття, пізнання) у поєднанні зі словом «революція» передбачає зміну функцій мозку, які забезпечують формування понять, оперування ними і визначають здатності людини отримувати нові знання (Джери, 2001; Философский, 1989). Основним результатом «когнітивної» революції, на переконання Ю. Н. Харарі, є формування в sapiens абстрактного мислення, що дозволяє будувати картину навколишнього світу у відриві від реальної дійсності. Це давало людині незаперечні переваги в боротьбі з конкурентами. «Лише сапієнси, – підсумовує Ю. Н. Харарі, – вміють обговорювати речі гіпотетичні ... Щоб вижити, потрібно подумки скласти і зберегти детальну карту місцевості, знати про природні цикли всіх рослин і звички всіх тварин на твоїй території, стежити за зміною сезонів року, ознаками грози або посухи» (Харари, 2017). Абстрактне мислення дало можливість освоїти складну мову спілкування, рішення колективних завдань, зображення навколишньої дійсності в різних видах мистецтва.

На думку відомого винахідника, футуролога, технічного директора GOOGLE Рея Курцвейла, абстрактне мислення піднімає людину на новий рівень. «Ми можемо мислити ієрархічно, розуміти будову форм і малюнків, що складаються з різних елементів, репрезентувати ці структури у вигляді символів і використовувати символи в іще складніших структурах ... У людині ця здатність

розвинена настільки сильно, що можна відзначити не про малюнки і форми, а про ідеї. За допомогою нескінченного рекурсивного процесу ми здатні створювати ще більш складні ідеї ... Тільки Homo sapiens має знання, які еволюціонують, зростають за експоненціальним законом і передаються від одного покоління до іншого» (Курцвейл, 2018).

Заглянемо, однак, глибше в зміст цього явища. Для людини «когнітивна» революція означала, що в ній виникла принципово нова сутність, яка може бути названа особистісним началом. Це стало наслідком революції в організмі людини.

У концентрованому вигляді вона може бути сформульована так. Мозок людини з допоміжного органа, який обслуговував функції основних систем організму, тобто тих, які забезпечують енергомасообмінні процеси і рух (органи травлення, дихання, серцево-судинної системи, м'язи і нервова система), перетворився на основний орган, який змусив працювати на себе всі системи організму.

Відтепер не лише фізичне існування «біо», а й емоції особистості (назвемо це умовно «соціо») стануть основою функціонування організму. Тепер людині мало буде «хліба», вона вимагатиме також і «видовищ!» Заради останніх часто буде готова і поголодувати.

Відтепер людина з переважно матеріальної істоти (чий розвиток контролюється генетичним механізмом її організму) почне поступово перетворюватися на переважно інформаційну істоту (чий розвиток забезпечується і спрямовується суспільством. Звідси і його умовне позначення – «соціо»).

Новий феномен, що виник в організмі людини, буде з часом названий «особистістю». Він являє собою своєрідний нематеріальний (інформаційний) фантом, що характеризує людину як суб'єкта свідомої (інтелектуальної) діяльності і суспільних відносин. А це, зі свого боку, передається комплексом соціально значущих рис).

Особистісний феномен виріс із «паростків» здатності окремих тварин подумки (інформаційно) «випереджати» (передбачати) події і мислити у відриві від реального плину часу. Іншим чинником, що впливав на формування особистості, стала необхідність узгоджувати свою поведінку з інтересами всієї спільноти. Людина – єдина з живих істот, яка змогла сформувати своє особистісне начало як цілісну системну сутність, що має здатність до розвитку (детальніше – у (Мельник, 2005 а)). Створюються передумови виникнення релігії. Людина тепер має інструментарій – абстрактне мислення – вірити в щось, що існує за межами об'єктивної на поточний час реальності. До того ж перші боги переважно мали вигляд тварин, що живуть у природі.

Неолітична революція, що стала початком цілеспрямованої трудової діяльності людини, внесла нові корективи в сутісну основу людини. У ній виникло і почало розвиватися в процесі формування господарської діяльності нове системне начало – людина «трудо».

Початок періоду культивування рослин і одомашнення тварин оцінюється орієнтовно в межах 10 тис. років до н. е. (Глобалістика, 2003). У цей час освоюються аграрні технології, з'являється поділ праці, створюються нові засоби виробництва, розробляються методи організації праці, будуються осілі поселення, людина стає менш залежною від довкілля. Закладаються матеріальні і духовні основи цивілізації. Після виникнення (раніше III тисячоліття до н. е.) писемності докорінно змінюються матеріальна, художня і релігійна сторони життя людей. Під час переходу від первісного полювання до землеробства зооморфні боги замінюються антропоморфними. На зміну старих культів приходять нові.

Необхідно зробити одне важливе зауваження. В епоху неоліту людина «трудо», яка власне планувала та організувала трудову діяльність, а також створювала знаряддя виробництва, повною мірою знайшла своє місце лише в незначній частині представників сапієнс. Інша частина роду людського брала участь у трудових процесах,

реалізуючи на рівні тварин свою робочу силу, тобто мало відрізнялася за своїми функціями від одомашнених тварин – тих самих коней чи буйволів.

Боязкі паростки трудових функцій, що з'явилися в період неоліту, дали буйну «поросль» в індустріальну епоху, коли для переважної частини населення розвинених країн у тріаді особистісних начал (біо-трудо-соціо) саме людина «трудо» почала визначати доміанти життєві орієнтири індивідів і цілих колективів, а також відносин у суспільстві. Це її цілі і завдання, мотиви діяльності, особисті прагнення, ритм і стиль життя сформували контури соціально-економічних систем у другій половині ХХ століття.

Але в самій «людині-трудо», що реалізується через синтез фізичних можливостей людини-біо та особистісних якостей людини-соціо (тобто через фізичну і розумову працю), усе більш вагому роль почали відігравати інформаційні риси останньої, поки не зайняли наприкінці індустріальної епохи домінантні позиції.

Саме ці, що стали настільки рельєфними, контури інформаційної сутності людини-соціо в її цілісній тріаді і формують стартовий майданчик для нового фазового переходу до постіндустріальної – інформаційно-мережевої формації. Адже розвиток особистісного начала людини покликаний посісти провідне місце в системі цілей і цінностей майбутнього суспільства. Водночас усі життєві потреби людини повинні будуть задовольняти автоматизовані кіберфізичні системи (зокрема через Інтернет речей). Людина, у такий спосіб, може бути звільнена від участі в рутинних виробничих операціях в ім'я розвитку в ній згаданого особистісного (соціального) начала і творчих здібностей людини.

Зазначене, втім, характеризує лише одну з можливих еволюційних траєкторій людства. Для реалізації такого сценарію необхідно, щоб відбулася одна з найважливіших

умов, а саме: повинен бути подоланий фазовий бар'єр. Основна частина його компонентів міститься всередині самої людини.

Ця начебто близькість об'єкта подолання аж ніяк не робить згадане завдання ані легшим, ані більш придатним до розв'язання. Питання, на жаль, залишається відкритим: чи зможуть мільярди людей за відсутності умовного «начальника» й очевидних стимулів щодня долати свій внутрішній бар'єр із численних комплексів, успадкованих із минулого життя їхніх предків, щоб здійснювати постійну роботу над собою для вдосконалення їхнього особистісного начала. Інакше кажучи, процес може призвести людство до швидкої деградації. Втім не потрібно скидати з рахунків і можливості суспільства щодо контролю за поведінкою своїх членів, зокрема через сигнальні системи, також і третя з них – вплив через соціальні установки.

І те, що нарівні з Третьою і Четвертою промисловими революціями людство замислилося над П'ятою промисловою революцією, покликаною приділити основну увагу розвитку людини *особистісної*, вже залишає надію на позитивний вирок історії щодо самої людини.

Хай там що, але перші результати стрімкого процесу Третьої і Четвертої промислових революцій (лавиноподібний процес розвитку «зеленої» енергетики, електрифікація транспорту, швидке освоєння адитивних технологій, перехід на «цифру», виникнення «хмари» як єдиної глобальної системи пам'яті, упровадження штучного інтелекту та «розумних» машин, кіборгізація людини, старт Інтернету речей і багато іншого) створюють враження «невипадковості» подій. Це, зі свого боку, залишає деяку надію на те, що й сама людина посяде в прийдешньому світі гідне місце.

Однак, щоб розв'язати найскладніші проблеми фазового переходу, у людини залишається надзвичайно мало часу. Адже сам фазовий перехід вже почався, і розв'язувати проблеми, що виникають, доведеться «на ходу».

ВИСНОВКИ

Прискорення темпів науково-технічного прогресу і соціального розвитку актуалізувало використання в науковій літературі і соціальних комунікаціях термінів «тенденція» і «тренд» як понять, що характеризують динаміку зміни в часі компонентів людського суспільства.

Поняття «тренд» висловлює спрямованість процесів розвитку соціально-економічних систем. Оцінювання трендів створює можливості для узгодженого застосування методів дослідницького (від сьогодення до майбутнього) і нормативного (від майбутнього до теперішнього) прогнозування трансформаційних процесів. А це, зі свого боку, закладає основу для обґрунтованого управління станом господарських систем.

Загалом у науковій літературі тренди визначають як траєкторії різного рівня подій, які відбуваються сьогодні, але впливають на майбутні зміни стану соціально-економічних і природних систем.

Постійно народжується і згасає величезна кількість трендів різної конфігурації, сфер суспільного життя, рівня формування. Свої власні тренди мають будь-які сфери діяльності людини: наукова, економічна, ділова (бізнес), інженерна, аграрна та інші. І в кожній із них існують суб-тренди в більш вузьких підрозділах.

Соціально-економічні тренди мають складний характер свого формування. Зокрема метатренди (як тренди, ширші за рівнем охоплення соціально-економічних і природних сфер) утворюють потоки мегатрендів. Водночас, сформувавшись, потік метатренда починає впливати на конфігурацію мегатрендів, які його утворюють, диктуючи їм свої «запити».

Коли соціально-економічні тренди набувають рис фазових переходів до нової соціально-економічної формації,

змінюються всі умови середовища життєдіяльності людини і відбуваються радикальні зміни в її сутнісній основі.

Зараз людство переживає новий епохальний тренд – фазовий перехід (ФП) до майбутньої соціально-економічної формації. Особливістю цього тренда є те, що він розвивається в процесі відразу трьох промислових революцій – Третьої, Четвертої та П'ятої, які є своєрідними генеральними метатрендами.

Фазові переходи (тобто стрибкоподібні зміни властивостей системи за умови безперервної зміни зовнішніх чинників) є невід'ємною умовою розвитку природних і суспільних систем. Після ФП свої нові параметри будь-яка система знаходить довільно, але суто в межах наявного фундаментального критерію. Він формулюється так: параметри системи повинні в процесах її функціонування забезпечувати мінімум виробництва ентропії за даних умов зовнішнього середовища.

ФП системи на новий рівень може відбутися тільки в тому разі, якщо адекватно будуть перебудовані характеристики всіх трьох начал, які формують зміст системи: матеріально-енергетичного, інформаційного і синергетичного.

Особливістю соціально-економічних систем є активна роль людини, яка впливає своєю працею на зміну умов зовнішнього середовища і на формування необхідних передумов для ФП у самих системах. У процесі епохальних фазових переходів, що змінюють контури людської цивілізації в сутнісній тріаді людини (біо-трудо-соціо), центр ваги поступово зміщується від «біо» через «праце» до «соціо». У новій інформаційно-мережевій формації останнє начало (соціо) посідає провідне місце.

Розвиток саме особистісного начала людини має стати домінантним у системі цілей і цінностей майбут-

нього суспільства. Уперше в історії людства в умовах повної автоматизації виробництва (зокрема через «Інтернет речей») людина може звільнитися від рутинної праці із забезпечення своїх життєвих потреб заради розвитку її творчого начала. Питання, однак, залишається відкритим: якою мірою мільярди людей на планеті зможуть подолати свій внутрішній бар'єр із численних комплексів, сформованих укладами колишнього життя роду людського, які обмежували роль людини обов'язками підневільного виконавця. Нехай навіть часто ця залежність мала характер залежності від умов конкуренції або просто її диктували необхідні обставини виживання.

Перші результати стрімкого процесу Третьої і Четвертої промислових революцій (створення альтернативної енергетики, впровадження адитивних технологій, «цифровізація» інформаційних систем, прихід штучного інтелекту і «розумних» мереж, формування горизонтальних виробничо-споживчих мереж, виникнення «хмари» як системи глобальної пам'яті та ін.) залишають надію на те, що і гуманітарна проблема будівництва повноцінної людини «соціо» буде успішно розв'язана.

Те, за яким варіантом піде процес еволюції на планеті і як складеться доля людства, значною мірою залежатиме від того, чи вистачить здатності самої людини долати фазові бар'єри на складному і багатofакторному шляху еволюції Всесвіту в цьому його куточку, що зветься планета Земля.

ДОДАТОК А

Етапи реалізації ключових проривних технологій для створення Інтернету речей (примітки до табл. 7.2)

№ пор.	Примітка
1	2
1	У 1973 році був випущений перший фірмовий прототип персонального комп'ютера – ПК (Херох Alto) з віконним (графічним) інтерфейсом і метафорою робочого столу. Значну роль у створенні ПК відіграла поява в 1971 році першого мікропроцесора (процесора, що міститься на інтегральній мікросхемі) Intel 4004, який міг відтворювати в одній мікросхемі всі функції процесора великої ЕОМ (История, 2019 б)
2	У 1973 році американським інженером і фізиком Мартіном Купером був здійснений перший дзвінок із мобільного телефону. На розроблення його моделі компанія Bell Laboratories витратила 15 років і 90 мільйонів доларів. Модель першого у світі мобільного телефону (ДупаТАС) важила трохи більше ніж 1 кг (до цього в машинах використовували пересувні телефони вагою 14 кг). Перший комерційний мобільний телефон виник на ринку лише через 10 років – у 1983 р. (одержання ліцензії і створення мережі вимагало часу) (Купер, 2019)
3	У 1996 році була випущена перша модель комунікатора (Nokia Communicator), що містила широкий спектр функцій, серед яких були факс та електронна пошта. Цей апарат вагою майже 400 г вважають першим мобільним телефоном, що об'єднав функції ПК і телефону. У 1998 р. вийшло друге покоління комунікаторів Nokia вагою вже 253 г. У 2001 р. вийшов перший «справжній» смартфон Nokia 9210 Communicator (Муртазин, 2012; Nokia, 2019). У 2000 р. японська компанія Sharp випустила перший мобільний телефон з вбудованою фотокамерою. У 2010 р. репрезентовано перший у світі мобільний телефон (Palm Pre) із підтримкою бездротової зарядки. У 2010 р. кількість абонентів мобільних телефонів у світі наблизилася до 3 млрд (Солонин, 2019)
4	У 1973 році до комп'ютерної мережі 15 американських наукових центрів (ARPANET) підключилися користувачі з Європи: лондонський University College і норвезький Roal Rada Establishment. Мережа набула міжнародного статусу. Перше ж повідомлення між двома комп'ютерами (слово LOGIN) було передано в США 29 жовтня 1969 року. У 1974 р. мережа одержала назву «Інтернет» від слів Internal Network (внутрішня мережа). Вона офіційно була закріплена в 1983 р. Сьогодні слово «інтернет» більшістю сприймається як похідне від слова International, тобто «Міжнародна мережа», або «мережа мереж». У 1988 р. передавання даних стало миттєвим, завдяки цьому в мережі стало можливим «живе» спілкування в реальному часі

Продовження додатка А

1	2
4	<p>У 1989 році на основі інтернету виникла Всесвітня павутина (англ. World Wide Web) – розподілена система, що надає доступ до пов’язаних між собою документів, розміщених на різних комп’ютерах у мережі «Інтернет». У 1991 р. Всесвітня павутина в інтернеті стала загальнодоступною і безкоштовною (История, 2012). У 2000 році інтернетом користувалися вже 700 млн осіб, а у 2010 р. їхня кількість наблизилася до 2 мільярдів (Интернет-доступ, 2018; Охотник, 2015)</p>
5	<p>У 1971 р. в комп’ютерній мережі (ALOHA) Гавайського університету (University of Hawaii) публічно продемонстровано бездротове передавання пакета даних (a wireless packet data network) (ALOHAnet, 2019). «Батьком» Wi-Fi часто називають голландця Віка Хайєса (Vic Hayes), який реалізував бездротовий зв’язок між касовими апаратами (The history, 2017). У 1970-х і на початку 1980-х рр. бездротове передавання даних розвивалося на основі запропонованого так званого Ефірнета (Ethernet). Для цього використовували дозволений діапазон радіочастот (ALOHAnet, 2019). Значним поштовхом до розвитку Wi-Fi вважають ухвалення Федеральною комісією США щодо зв’язку рішення, яке дозволяє безліцензійне використання радіочастот у діапазоні 2,4 ГГц. Цей приклад наслідували й інші країни, що відкрило шлях широкому комерційному використанню радіочастотного діапазону. У 1991 р. корпорації NCR і AT&T розробили стандарти 802,11 для використання в касових системах. Перші бездротові системи мали назву WaveLAN. З 1990-х роботи з удосконалення бездротових технологій проводили в лабораторії радіоастрономії в Канберрі, Австралія. У 1998 р. це завершилося демонстрацією наявної системи. Тоді за системою закріпилася назва Wi-Fi – від англійського сполучення Wireless Fidelity (що дослівно перекладається як «бездротова точність»). З 2000 р. почалося комерційне використання технології об’єднанням Wi-Fi Alliance (зокрема Cisco, Intersil, Nokia Symbol Technologies). У 2009 році Інститут інженерів з електротехніки та електроніки (IEEE) офіційно ухвалив та опублікував відповідні стандарти (The history, 2017)</p>
6	<p>Перший прорив у розвитку сонячної енергетики відбувся в 1955 р., коли компанія Bell Telephone репрезентувала сонячну батарею на основі кремнію з ККД 6 %. Під час нафтової кризи 1973–1974 рр. відбувся сплеск інтересу до сонячної енергетики. Лише в США тоді було встановлено більше ніж 3 000 фотоелектричних систем. Розпочалося виробництво сонячних годинників і калькуляторів, будівництва будинків, що використовують лише енергію сонця. У 1981 р. в США запрацювала перша промислова геліотермальна електростанція потужністю 10 МВт. У 1988 р. випущено сонячну батарею з ККД 17 %, а у 2011 р. компанія Boeing налагодила випуск сонячних панелей із ККД 39 %. У 2000 р. сумарна потужність фотоелектричних установок у світі оцінювалася як 1 ГВт, а у 2010 р. вона вже наблизилася до 100 ГВт (История, 2014). У 1981 р. Х. Кодама (Hideo Kodama) з Нагойського муніципального індустріального НДІ винайшов два методи виготовлення тривимірної моделі за модельним шаблоном</p>

Продовження додатка А

1	2
7	<p>У 1984 р. свій метод запатентував американець Ч. Халл (Chuk Hull). До 1990 р. реально існували два методи тривимірного друку, які одержали назву лазерного і струменевого. Сама назва «3D-принтер» з'явилася в 1995 р. У 2000 р. 3D-друк був запроваджений у медицині. Цього ж самого року була надрукована перша робоча штучна нирка. Щоправда, знадобилося ще 13 років, щоб її трансплантували пацієнтові. У 2010 р. на 3D-принтерах уже надрукували перший прототип автомобіля та інші вироби (Bensoussan, 2016)</p>
8	<p>У 1973 р. компанія Fairchild розпочала промисловий випуск матриць приладу із зарядовим зв'язком (ПЗЗ). Перший прототип електронної відеокамери на основі ПЗЗ був створений ученими з Bell Labs ще в 1970 р. (Как появилась, 2014). Приблизно тоді ж (1967–1969 рр.) у Японії репрезентовано цифрові стереореєкордини для записування звуку (Технологии, 2017). У 1974 р. за допомогою ПЗС-матриці і телескопа одержано першу електронну астрономічну фотографію. Того ж самого року розроблено техпроцес виробництва ПЗС-матриць на стандартному напівпровідниковому обладнанні. У 1980 р. Sony репрезентувала на ринку першу кольорову відеокамеру на основі використання матриць. У 1990 р. з'явилася повністю цифрова комерційна камера (DucamModel 1). У 2000–2002 рр. цифрові камери стають доступними для масового споживання. Паралельно розвивалися технології цифрування запахів і навіть смаків. У 1975 р. швейцарський хімік і парфумер Роман Кайзер запропонував хімічний спосіб консервації запахів адсорбентами, що містяться в спеціальному картриджі. У 2000 р. компанія TriSenx запропонувала концепт пристрою, який розпізнавав код, що позначає, у якому співвідношенні потрібно змішувати смакові або ароматичні інгредієнти для одержання того чи іншого смаку або запаху. У 2001 р. компанія DigiScents випустила пристрій синтезатора запахів. У разі підключення до ПК він забезпечував відповідний запах, як тільки користувач відкривав електронний лист з убудованим кодом активації. Пристрій містив картридж із 128 «основами ароматів» (Цифровые, 2017). У 2005 р. іспанські вчені з Університету Хуельва розробили прилад XML Smell, здатний передавати запахи. Також створено пристрій, здатний зчитувати навколишній аромат і оцифровувати його. У 2008 р. компанія Nokia репрезентувала концепт мобільного телефону, який обладнано сенсорами, що сприймають світло, звук, дотик і запах. Також заявлено можливості визначати, передавати й відтворювати одержані запахи. До 2010 р. такі результати були одержані британськими, ізраїльськими, канадськими, сингапурськими та японськими дослідниками. Досягнуті успіхи дозволяють з оптимізмом оцінювати перспективи телепортації запахів і смакових характеристик (Технологии, 2017; Цифровые, 2017). У 2002 р. обсяг інформації, що фіксується в цифровій формі, зрівнявся з обсягом інформації в аналоговій формі. У 2010 р. обсяг інформації в цифровій формі у світі наблизився до 100 % (Digital Revolution, 2019). Основи штучного інтелекту (ШІ) закладено в працях багатьох учених із початку ХХ ст. У 1910–1913 рр. Б. Рассел і А. Н. Уайтхед заклали основи формальної логіки. У 1941 р. К. Цузе побудував перший робочий програмно-керований комп'ютер</p>

Продовження додатка А

1	2
9	<p>У 1943 р У. МакКалок і У. Піттс у своїй праці заклали основи нейронних мереж і запропонували поняття штучної нейронної мережі і штучного нейрона. У 1948 р. свої праці з теорії інформації та основ кібернетики опублікували К. Шеннон і Н. Вінер. У 1949 р. Д. Хебб описав основні принципи навчання нейрона. У 1950 р. А. Тьюрингом опубліковано емпіричний тест для визначення ШІ, згідно з якими машину можна назвати розумною, якщо вона зможе дистанційно підтримувати розмову зі звичайною людиною, і вона не зможе визначити, що з ним розмовляє не людина. Письменники-фантасти пропонують ще один підхід: ШІ виникне тоді, коли машина зможе відчувати й творити (Історія, 2019 а). У 1956 р. Дж. Маккартні (США) запропонував термін «штучний інтелект» (англ. Artificial intelligence – AI). У 1958–1960 рр. Ф. Розенблат продемонстрував пристрої, що моделюють спільну роботу людського ока і мозку (машина вмiла розрізняти букви алфавіту). У 1960-ті рр. з'явилися пристрої експертного призначення, які допомагали в діагностуванні хвороб або геологорозвідці. Саме тоді з'явилися програми, здатні накопичувати знання і змінювати свою поведінку залежно від накопиченого досвіду. Згодом це стало основою для створення систем, що самонавчаються (Анисимов, 2019). У 1972 р. продемонстровано комп'ютерну мову Prolog (від «PROgramming in LOGic») загальної призначення. Вона дозволяла поєднувати використання логіки з поданням знань. Логіку програми виражено термінами відносин, поданих у вигляді фактів і правил (Пролог, 2019). У 1997 р. машина вперше виграла у чемпіона світу з шахів Гаррі Каспарова. У 2005 р. розпочато дослідження аналога геному – <i>конектому</i>, схеми зв'язків у нервовій системі організму людини (Коннектом, 2019). З 2010 р. програмою DeepMind Technologies (Лондон) активізовані роботи із самонавчання програм ШІ, що ґрунтуються на використанні штучних нейросистем. З 2016 р. програма AlphaGO з рахунком 4:1 виграла в найсильнішого гравця «го», складної гри, що ґрунтується не лише на розрахунку ходів, а й на застосуванні інтуїції (DeepMind, 2019)</p>
10	<p>У 1973 р. в США була здійснена перша демонстрація сучасних RFID-міток (на ефекті зворотного розсіювання), як пасивних, так і активних (від англ. RFID – radio-frequency identification, радіочастотна ідентифікація). Перший патент, пов'язаний із назвою RFID, видано у 1983 р. Попередницею міток вважають систему розпізнання «свій – чужий», винайдену в США в 1937 р. (RFID, 2019 а). Їх і до сьогодні активно використовують в авіації. Крім RFID, використовуються й інші види ідентифікації, зазвичай менш точні, проте більш дешеві: баркоди (штрих-коди), протикрадіжні мітки (EAS-electronic article surveillance) та ін. (Взгляд, 2012). У 2000 р. затверджено міжнародні стандарти на карти ідентифікації (Proximity-карти і Vicinity-карти) (RFID, 2019 б)</p>

Продовження додатка А

1	2
	До 2010 р. RFID-мітки широко використовували в різних сферах діяльності: промисловості, транспорті, складській логістиці, запобіганні крадіжкам, системі контролю та керування доступом, медицині, бібліотеці, паспортах, системі платежів, дистанційному керуванні, впізнанні тварин, сільському господарстві, людських імплантатах, системі керування багажем, системі локалізації об'єктів у реальному режимі часу (RFID, 2019 а)
11	У 1973 р. в США була почата системна програма супутникової навігації (DNSS), яка того самого року одержала сучасну назву GPS (від англ. Global Positioning System) – система глобального позиціонування. Система забезпечує вимірювання відстані, часу, місця розміщення у всесвітній системі координат і швидкості пересування об'єктів. Ініціатором програми запуску супутникової навігації був військовий флот США в 1964 р. У 1974 р. на орбіту виведено перший супутник навігаційного призначення. Схожий радянський супутник (програма ГЛОНАСС) запущено в 1982 р. Аналогічне призначення має західноєвропейська програма Галілео (Galileo – початок роботи планувався з 2014 р.). До 1993 р. в США за програмою супутникової навігації запущено вже 24 супутники. У 1991 р. система GPS фактично стала всесвітньою, оскільки до неї одержали доступ країни соціалістичного табору. У 2000 р. система GPS реально одержала цивільний (не лише військовий) статус. Президент США Білл Клінтон своїм указом скасував навмисне зниження точності навігації, яке до цього здійснювалося для цивільних об'єктів. Починаючи з 2010 р. запуском супутників нового покоління точність GPS було значно підвищено. Сфери її застосування було значно розширено. Сьогодні це: геодезія, картографія, навігація, супутниковий моніторинг транспорту, стільниковий зв'язок, тектоніка, активний відпочинок (История, 2020; GPS, 2018)
12	У 1968 р. японська компанія Kawasaki Heavy Industries, Ltd за ліцензією американської фірми Unimation Inc. виготовила перший відносно автономний промисловий робот. До цього використовували механічні пристрої, керовані або жорстко заданими програмами, або дистанційно людиною. Зокрема в 1950-ті і 1960-ті рр. схожими були пристрої з маніпуляторами, керовані дистанційно для роботи з радіоактивними матеріалами (Робот, 2019). Робот (від чеськ. robota – «підневільна праця») – автоматичний пристрій, що діє за закладеною програмою і здатний коригувати свої дії на основі інформації про зовнішнє середовище, одержуваної за допомогою датчиків. 1980 р. – початок комерційного виробництва роботів. У 1986 р. в Чорнобилі роботів застосовано для очищення радіоактивних відходів і запобігання наслідкам аварії. З 2000 р. активізувалося промислове використання роботів. Із 2010 р. почали випускати роботи з основами ШІ. У 2011 р. перший робот доставлено на МКС (Робот, 2019). Зараз роботів широко використовують у різних сферах діяльності: промисловості, транспорті, побуті, медицині, військовій справі. Безпілотні літальні апарати (БПЛА), або дрони (від англ. drone – трутень), значною мірою доповнюють низку роботів, будучи фактично транспортними роботами. Їхнє застосування почалося в період Першої світової війни і впродовж усього ХХ ст. обмежувалося військовою сферою

Продовження додатка А

1	2
13	<p>Їх використовували здебільшого як літальні мішені і для розвідки. Спроби застосування квазідронів одноразового використання (напр., крилаті ракети, радіокеровані літаки-бомби) не відрізнялися високою ефективністю. З кінця 1960-х – початку 1970-х рр. у низці країн (насамперед США і СРСР) розпочинається відносно стабільне застосування безпілотників у військовій сфері. Для цього розпочато серійний випуск їхніх промислових зразків. У 1990-ті рр. з розвитком систем зв'язку і навігації (зокрема GPS) з'являється нове покоління БПЛА, і закладаються основи для їхнього цивільного застосування, яке формально стартувало з 2000 р. (Что такое, 2018). З 2010 р. цивільні БПЛА почали лавиноподібно набирати популярності. Сьогодні дрони широко використовують у різних видах діяльності: геології, археології, управлінні інфраструктурою, страховому бізнесі, будівництві, інспекції, медичній сфері, науковій сфері, зв'язку, службі НС, поштової службі, ресторанному бізнесі, спорті, агровиробництві, лісовому господарстві, журналістиці, розвагах</p>
14	<p>Автомобіль-безпілотник також є різновидом транспортної роботи, але вже сухопутного. У 1984 р. в США відбулося випробування першого безпілотника-автомобіля. У 1995 р. автомобіль-безпілотник (Мерседес), створений командою вчених та інженерів із мюнхенського університету, проїхав звичайними дорогами 1995 км із Мюнхена до Данії і назад, розвиваючи швидкість до 180 км/год і випереджаючи інші автомобілі. Водночас система GPS не використовувалась (Prof. Schmidhuber's, 2019). У 2010 р. колона безпілотних автомобілів зробила автопробіг 15 000 км з італійської Парми до Шанхая на Експо-2010. Майже весь шлях автомобілі виконали самостійно, і лише іноді вони потребували допомоги людини (Автопробег, 2010). З 2010 р. розпочато комерційне використання безпілотних автомобілів, зокрема на автобусних маршрутах</p>
15	<p>Ідеї «хмарних» технологій беруть свій початок у 1950-ті роки, коли почали з'являтися великі ЕОМ і були відсутні ПК. Споживачі могли замовляти певні види розрахунків у власників ЕОМ через окремі термінали. Масова поява ПК на тлі антимонопольного законодавства США, лідера розвитку ІТ, змусило надовго «забути» про поширення сервісу від великих комп'ютерів. У 1972 році фірма IBM випустила операційну систему, що дозволяла створити віртуальну мережу, яка об'єднувала окремі комп'ютери. Кожний з операторів міг скористатися потужністю ЕОМ. У 1999 році компанія Salesforce дала можливість користуватися власною комп'ютерною системою (CRM) на умовах передоплати. У 2002 р. компанія Amazon створила хмарний сервіс AWS Platform із метою зберігання інформації. У 2009 р. було запущено платформи від Google і Microsoft, що знаменувало завершення етапу становлення хмарних ресурсів і зробило хмарні технології масовим продуктом (Семчишин, 2018). У 2011 р. національний інститут стандартів і технологій США сформував визначення, що систематизувало наявні трактування та варіації щодо хмарних технологій у єдине поняття (Облачные, 2019)</p>

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Автопробег в 15000 км без водителей. *BBC (Русская служба)*. 29.10.2010. URL: http://www.bbc.com/russian/multimedia/2010/10/101028_v_driverless_car.shtml (дата обращения: 30.05.2019).
2. Агамирзян И. Третья промышленная революция: начало. *Slon*. 25.10.2013. URL: <https://republic.ru/biz/1009644/> (дата обращения: 01.11.2015).
3. Азимов А. Краткая история химии: развитие идей и представлений в химии / пер. с англ. Санкт-Петербург : Амфора, 2000. 369 с.
4. Алферов Ж. И., Копьев П. С. Сурис Р. А. и др. *Наноматериалы и нанотехнологии*. URL: <http://www.microsystems.ru/files/publ/601.htm> (дата обращения: 20.10.2017).
5. Англичанин делает машину, которая копирует себя. *Membrana*. 17.03.2005. URL: <http://www.membrana.ru/particle/8345> (дата обращения: 01.03.2017).
6. Анисимов В. В. Искусственный интеллект. *Интеллектуальные информационные системы*. URL: <https://sites.google.com/site/anisimovkhv/learning/iis/lecture/tema1> (дата обращения: 10.04.2019).
7. Бабур И. ДТЭК первым в Украине устанавливает промышленную систему накопления энергии мощностью 1 МВт и ёмкостью 1,5 МВт · час. *ДТЭК. Новости*. 22.07.2020. URL: <https://dtek.com/ru/media-center/press/dtek-becomes-first-in-ukraine-to-install-a-1mw15-mwh-industrial-energy-storage-system/> (дата обращения: 02.10.2020).
8. Балацкий О. Ф., Мельник Л. Г. Теоретические и практические вопросы определения экономического ущерба от загрязнения окружающей среды. Киев, 1982. 15 с.
9. Балацкий О. Ф., Мельник Л. Г., Ярош Н. В. Экология и экономика. Киев : Вища школа, 1986. 184 с.
10. Банк. *Википедия*. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Банк> (дата обращения: 20.03.2019).
11. Белл Д. Грядущее постиндустриальное общество. Опыт социального прогнозирования / пер. с англ. Москва : Academia, 1999. 956 с.
12. Бельчикова Е. В Китае заработала крупнейшая солнечная электростанция. *Журнал «Популярная механика»*. 2020. URL: <https://www.popmech.ru/technologies/news-628813-v-kitae-zarabotala-krupneyshaya-solnechnaya-elektrostantsiya/> (дата обращения: 10.10.2020).
13. Бобылёв Б. И. Атомная энергетика Европы. *Russika.ru*. 2016. URL: <http://www.russika.ru/sa.php?s=2> (дата обращения: 01.03.2016).

14. Бобылёв С. Н. «Зеленая» экономика и модернизация. Серия «На пути к устойчивому развитию России». 2012. № 60. 90 с.

15. Богапов Г. Vodafone внедряет «Умный учет» воды на базе NB-IoT. *HiTech Expert*. 27.01.2020. URL: <https://expert.com.ua/130289-vodafone-vnedryaet-umnyj-uchet-vody-na-baze-nb-iot.html> (дата обращения: 01.02.2020).

16. Бойко А. Какие страны в действительности лидируют в роботизации? *RoboTrends*. 12.03.2019. URL: <http://robotrends.ru/pub/1911/kakie-strany-v-dyaystvitelnosti-lidiruyut-v-robotizacii> (дата обращения: 25.01.2020).

17. Большой экономический словарь / ред. А. Н. Азрилияна. Москва : Институт новой экономики, 2007. 1472 с.

18. Большой энциклопедический справочник. Москва : Русское энциклопедическое товарищество, 2003. 576 с.

19. Бондаренко М. Капитализация 100 крупнейших компаний мира достигла рекордных \$21 трлн. *РБК. Бизнес*. 16.08.2019. URL: <https://www.rbc.ru/business/16/08/2019/5d5605839a7947e7cd21723b> (дата обращения: 20.01.2020).

20. Бриллюэн Л. Наука и теория информации / пер. с англ. Москва : Государственное издательство физико-математической литературы, 1960. 320 с.

21. Бронза. *Википедия*. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Бронза> (дата обращения: 20.03.2019).

22. Будыка М. Почему наномашин уже созданы, а нанокomпьютер ещё нет? «Троицкий вариант». № 22 (216). 01.09.2016. URL: https://elementy.ru/nauchno-populyarnaya_biblioteka/433348/Pochemu_nanomashiny_uzhe_sozdany_a_nanokompyuter_eshche_net (дата обращения: 20.10.2017).

23. Бутов А. Волоконно-оптические световоды и датчики предупредят технические катастрофы. *Информационные технологии завтра*. 10.01.2003. URL: https://www.cnews.ru/articles/volonnoopticheskie_svetovody_i_datchiki (дата обращения: 20.10.2019).

24. В 2020 году 11 % электроэнергии в Украине будет производиться из ВИЭ – УАВЭ. *Электровести*. 15.04.2020. URL: https://elektrovesti.net/70551_v-2020-godu-11-energiy-v-ukraine-budet-proizvoditsya-iz-vie-uave (дата обращения: 20.06.2020).

25. В Києві відкрили другу інноваційну лабораторію Fablab Fabricator. *Хмарочос. Розуміючи місто*. 13.10.2016. URL: <https://hmarochos.kiev.ua/2016/10/13/u-kiyevi-vidkrii-drugu-innovatsiynu-laboratoriyu-fablab-fabricator/> (дата звернення: 10.03.2017).

26. В США создали новый сверхлегкий материал, который прочнее стали в 10 раз. *Ren. Новости*. 08.01.2017. URL: <http://ren.tv/novosti/2017-01-08/v-ssha-sozdali-novuyu-sverhlegkiy-material-kotoryu-prochnee-stali-v-10-raz> (дата обращения: 15.03.2017).

27. В Чернобыльской зоне планируется постройка солнечной электростанции. *PORT*. 22.05.2017. URL: <http://uaport.net/news/ua/t/1705/22/15203238> (дата обращения: 25.10.2017).

28. Вайцеккер Э., Харгроуз К., Смит М. Фактор пять. Формула устойчивого роста. Доклад Римского клуба / пер. с англ. Москва : АСТ-ПРЕСС КНИГА, 2013. 368 с.

29. Вайцеккер Э., Ловинс Э., Ловинс Л. Фактор четыре. Затрат половина, отдача двойная. Новый доклад Римского клуба / пер. с англ. Москва : Academia, 2000. 400 с.

30. Вернадский В. И. Биосфера и ноосфера. Москва : Айрис-пресс, 2003. 573 с.

31. Ветряная мельница. *Википедия*. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Ветряная_мельница (дата обращения: 20.03.2019).

32. Взгляд изнутри: RFID и другие метки. *Хабр*. 05.12.2012. URL: <https://habrahabr.ru/post/161401/> (дата обращения: 10.04.2019).

33. Винер Н. Кибернетика и общество. Москва : ИИЛ, 1958. 200 с.

34. Возобновляемая энергия стала дешевле нефти и газа уже в 30 странах. *DW. Made for minds. Новости. Мир*. URL: <http://www.dw.com/ru/возобновляемая-энергия-стала-дешевле-нефти-и-газа-уже-в-30-странах/a-36916469> (дата обращения: 25.10.2017).

35. Вострилова Е. Четвёртая революция: Интернет вещей. *Эксперт*. Январь 2015. URL: <http://www.ncca.ru/file?Files&141> (дата обращения: 01.03.2020).

36. В Украине общая мощность СЭС превысит 1000 МВт: в 2017 году в эксплуатацию введётся 54 новых солнечных электростанций (а). *ЭкоТехника*. 06.02.2017. URL: <http://ecotechnica.com.ua/energy/solntse/2038-v-ukraine-obshchaya-moshchnost-ses-prevysit-1000-mvt-v-2017-godu-v-ekspluatatsiyu-vvedetsya-54-novyie-solnechnye-elektrostantsii.html> (дата обращения: 15.05.2017).

37. Галица И. А. «Экономические стрессы»: природа и последствия. *Вестник Белорусского государственного экономического университета*. 2009. № 3 (74). С. 17–22.

38. Гандзий А. Тепло земли используют для обогрева дома. *Gazeta.ua*. 14.10.2013. URL: https://gazeta.ua/ru/articles/hata-newspaper/_teplo-zemli-ispolzuyut-dlya-obogreva-doma/520605 (дата обращения: 09.11.2017).

39. Гарин И. Фазовые переходы в экономике. *Проза.ru*. 2017. URL: <https://www.proza.ru/2017/10/14/1107> (дата обращения: 20.03.2019).
40. Геотермальная энергетика Украины. *ЭСКО. Электронный журнал энергосервисной компании «Экологические системы»*. № 11. Ноябрь 2005. URL: http://www.journal.esco.co.ua/2005_11/art07_30.htm (дата обращения: 09.11.2017).
41. Геотермальная энергетика. 2017. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Геотермальная_энергетика (дата обращения: 09.11.2017).
42. Геотермальные электростанции – прекрасная альтернатива традиционным методам получения энергии. *Greenologia*. 2016. URL: <http://greenologia.ru/eko-zhizn/tehnologii/geotermalniye-electrostanciyi.html> (дата обращения: 09.11.2017).
43. Глобалистика: энциклопедия / гл. ред. И. И. Мазур, А. Н. Чумаков. Москва : Центр научных и прикладных программ «Диалог», Радуга, 2003. 1328 с.
44. Глушенко Н. Графен животворящий: 10 главных мыслей о суперматериале от его исследователя Леонида Пономаренко. *112.ua*. 16.09.2017. URL: <https://112.ua/mnenie/grafen-zhivotvoryashhiy-10-glavnyh-mysley-o-supermateriale-ot-ego-issledovatelya-leonida-ponomarenko-411199.html> (дата обращения: 20.09.2017).
45. Гоголадзе О. (а) Зубная паста с биоактивным стеклом восстанавливает поврежденные зубы. *Хайтек*. 27.09.2017. URL: <https://hightech.fm/2017/09/27/teeth> (дата обращения: 20.10.2017).
46. Гоголадзе О. (б) Разработан 3D-принтер для печати бетонных деталей любой формы. *Хайтек*. 10.10.2017. URL: <https://hightech.fm/2017/10/10/d-printed-concrete> (дата обращения: 20.12.2017).
47. Голованов Г. Новый хирургический клей затягивает рану за 60 секунд. *Хайтек*. 05.10.2017. URL: <https://hightech.fm/2017/10/05/glue-wounds> (дата обращения: 20.10.2017).
48. Горина А. Впервые представлен цветной 3D-принтер для работы с несколькими материалами. *Вести*. 28.01.2014. URL: <http://www.vesti.ru/doc.html?id=1225539&cid=2161> (дата обращения: 10.03.2017).
49. Горина А. Новый 3D-принтер работает с рекордным количеством материалов. *Вести*. 25.08.2015. URL: <https://www.vesti.ru/doc.html?id=2656537>. (дата обращения: 09.11.2017).
50. Грандиозный план строительства гидроэлектростанции в пустыне Южной Америки // *FacePla.net*. 01.02.2016. URL:

<http://facepla.net/the-news/energy-news-mnu/> 5359гидроэлектростанции-в-пустыне.html (дата обращения : 01.03.2016).

51. Григоренко Ю. Хорошие зарплаты и стабильный рост: Что из себя представляет украинская IT-отрасль. *112.ua*. 04.03.2019. URL: <https://112.ua/statji/horoshie-zarplaty-i-stabilnyu-rost-chno-iz-sebya-predstavlyaet-ukrainskaya-it-otrasl-482651.html> (дата обращения: 20.01.2020).

52. Громов П. Новое открытие приближает появление квантовых компьютеров. *Хайтек*. 19.10.2017. URL: <https://hightech.fm/2017/10/19/nanoelectronics-breakthrough> (дата обращения: 20.10.2017).

53. Груман Г. Многоликий Интернет вещей. *Директор информационной службы*. 2014. № 9. URL: <http://www.osp.ru/cio/2014/09/13042516/> (дата обращения: 01.03.2019).

54. Грэй С. Российские учёные успешно пересадили мыши напечатанную на 3D-биопринтере щитовидку. *Hi-news.ru*. 18.12.2015. URL: <https://hi-news.ru/technology/rossijskie-uchyonye-ushpeshno-peresadili-myshi-napechatannuyu-na-3d-bioprintere-shhitovidku.html> (дата обращения: 15.05.2017).

55. Дейлі Г. Поза зростанням. Економічна теорія сталого розвитку / пер. з англ. Київ : Інтелсфера, 2002. 312 с.

56. Деньги. *Википедия*. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Деньги> (дата обращения: 20.03.2019).

57. Джери Де. Большой толковый социологический словарь (Collins). Том 1 (А–О) / пер. с англ. Москва : Вече, АСИ, 2001. 544 с.

58. Доклад BNEF: Перспективы новой энергетики 2017 (New Energy Outlook 2017). *Возобновляемая энергия и ресурсы*. URL: <http://renewnews.ru/bnef-new-energy-outlook-2017/> (дата обращения: 01.10.2020).

59. Доклад о цифровой экономике 2019. Создание стоимости и получение выгод: последствия для развивающихся стран. *Организация Объединенных Наций*. 2019. URL: https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/der2019_overview_ru.pdf (дата обращения: 20.01.2020).

60. Домашние солнечные станции в Украине: новая статистика на начало 2020 года. *ЭкоТехника*. 05.03.2020. URL: <https://ecotechnica.com.ua/energy/solntse/4722-domashnie-solnechnye-stantsii-v-ukraine-novaya-statistika-na-nachalo-2020-goda.html> (дата обращения: 15.06.2020).

61. Домашняя солнечная энергетика Украины ставит новый рекорд: 24 тыс. частных СЭС, 618 МВт генерации. *Экотехника*,

05.05.2020. URL: <https://ecotechnica.com.ua/energy/solntse/4866-domashnyaya-solnechnaya-energetika-ukrainy-stavit-novyj-rekord-24-tys-chastnykh-ses-618-mvt-generatsii.html> (дата обращения: 02.10.2020).

62. Доронин Ф. А. (а) Созданы гидрофобные кремниевые наноструктуры. *Нанометр*. 26.08.2015. URL: http://www.nanometer.ru/2015/08/26/scientific_reports_465114.html (дата обращения: 15.05.2017).

63. Доронин Ф. А. (б) Разработаны чернила для 3D-биопринтера на основе наноцеллюлозы. *Нанометр*. 05.07.2015. URL: http://www.nanometer.ru/2015/07/05/drevesnaa_celluloza_464765.html (дата обращения: 09.11.2017).

64. Доронин Ф. А. (а) Бумага для многоцветной печати. *Нанометр*. 09.12.2014. URL: http://www.nanometer.ru/2014/12/07/mnogokratnaa_pечат_445061.html (дата обращения: 15.05.2017).

65. Доронин Ф. А. (б) Самовосстанавливающийся пластик. *Нанометр*. 29.05.2014. URL: http://www.nanometer.ru/2014/05/19/polymer_414488.html (дата обращения: 09.11.2017).

66. Дятлов С. А., Марьяненко В. П., Селищева Т. А. Информационно-сетевая экономика: структура, динамика, регулирование. СПб. : Астерион, 2008. 416 с.

67. Есть ли будущее у волновых электростанций? *Greenologia*. 2015. URL: <http://greenologia.ru/eko-zhizn/texnologii/volnovyye-elektrostancij.html> (дата обращения: 09.11.2017).

68. Железо. *Википедия*. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Железо> (дата обращения: 20.03.2019).

69. Загорская Д. (а) Осы вдохновили инженеров на 3D-печать домов из грязи и глины. *Вести.ру*. 24.09.2015. URL: <http://www.vesti.ru/doc.html?id=2667910> (дата обращения: 01.11.2015).

70. Загорская Д. (б) Цельный 3D-принтер обещает стоить не больше холодильника. *Вести.ру*. 07.04.2015. URL: <http://www.vesti.ru/doc.html?id=2485308> (дата обращения: 01.11.2015).

71. Загорский И. На смену трехмерной печати приходит четырехмерная. *Вести.ру*, 22.12.2014. URL: <http://www.vesti.ru/doc.html?id=2220106&tid=108002> (дата обращения: 01.12.2015).

72. Зайцева О. О., Болотинюк І. М. Електронний бізнес. Навчальний посібник / за наук. ред. Н. В. Морзе. Івано-Франківськ : Лілея НВ, 2015. 264 с.

73. Закопана під землю труба дозволяє економити на кондиціонуванні та опаленні будинку. *EcoTown*. 07.05.2015. URL: <http://ecotown.com.ua/news/Zakopana-pid-zemleyu-truba-dozvolyaeye->

ekonomyту-na-kondytsionuvanni-ta-opalenni-budynku/ (дата обращения: 09.11.2017).

74. Золотов А. Статистика: плотность роботов в разных странах и отраслях промышленности. *Robotforum*. 28.09.2016. URL: <http://robotforum.ru/novosti-texnologij/statistika-plotnost-robotov-v-raznyix-stranax-i-otraslyax-promyishlennosti.html> (дата обращения: 01.03.2017).

75. И. о. министра энергетики Буславец замахнулась на строительство в Украине водородного завода. *УНИАН. Новости сегодня*. 27.07.2020 URL: <https://www.unian.net/economics/energetics/minenergo-buslavec-sobralas-stroit-v-ukraine-zavod-novosti-segodnya-11090264.html> (дата обращения: 02.10.2020).

76. Изобретение транзистора. *Википедия*. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Изобретение_транзистора (дата обращения: 20.03.2019).

77. Иноземцев В. Л. Перспективы постиндустриальной теории в меняющемся мире. Новая постиндустриальная волна на Западе. Антология / под ред. В. Л. Иноземцева. Москва : Academia, 1999. С. 3–67.

78. Интернет вещей: как технологии будущего упрощают настоящее. *Деловой новостной сайт Дело Украина*. 07.08.2018. URL: <https://delo.ua/business/internet-veschej-na-peresechenii-nastojaschego-i-345002/> (дата обращения: 25.04.2020).

79. Интернет вещей. *Wikipedia*. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Интернет_речей (дата обращения: 01.07.2020).

80. Интернет-доступ (мировой рынок). *Tadviser*. 02.02.2018. URL: [http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Интернет-доступ_\(мировой_рынок\)](http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Интернет-доступ_(мировой_рынок)) (дата обращения: 10.04.2019).

81. Ирглач К. (а) Бразильские исследователи разработали пищевую тару, которая меняет цвет, если её содержимое начало портиться. *ITCua*. 29.06.2017. URL: <https://itc.ua/blogs/brazilskie-issledovateli-razrabotali-pishhevuyu-taru-kotoraya-menyaet-tsvet-esli-ee-soderzhimoe-nachalo-portitsya/> (дата обращения: 25.10.2017).

82. Ирглач К. (б) В Нидерландах открыли мост, напечатанный на 3D-принтере. *ITCua*. 19.10.2017. URL: <https://itc.ua/blogs/v-niderlandah-otkryili-most-napechatannyiy-na-3d-printere/> (дата обращения: 20.12.2017).

83. История возникновения телефона и мобильной связи (а). URL: <http://kpk-user.ru/articles/1207-istorija-voznikovenija-telefona-i-mobilnoj.html> (дата обращения: 11.05.2019).

84. История персональных компьютеров (б). *Википедия*. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/История_персональных_компьютеров (дата обращения: 10.04.2019).

85. История персональных компьютеров (в). *Wikizero*. URL: https://www.wikizero.com/ru/Персональные_компьютеры (дата обращения: 20.03.2019).

86. История создания 3D-печати. *Все о 3D-принтерах и 3D-печати*. URL: <http://pechat-3d.ru/3d-printer/istoriya-razvitiya-3d-pechati.html> (дата обращения: 10.03.2017).

87. История появления Интернета. *Retrobazar*. 15.12.2012. URL: http://retrobazar.com/journal/interesting/988_istorija-pojavlenija-interneta.html (дата обращения: 10.04.2019).

88. История развития солнечной энергетики: борьба за КПД. *5thelement.ru*. 28.08.2014. URL: <https://5thelement.ru/solar/istoriya-razvitiya-solnechnoy-energetiki-borba-za-kpd.html> (дата обращения: 10.04.2019).

89. История создания системы GPS. *iTrack*. URL: <http://www.itrack.com.ua/support/docs/historyofgps> (дата обращения: 10.04.2020).

90. Ищенко А. Названы главные успехи IT-отрасли в Украине за 2018 год. *Сегодня*. 5.01.2019. URL: <https://www.segodnya.ua/ukraine/nazvany-glavnye-uspehi-it-otrasli-v-ukraine-za-2018-god-1203441.html> (дата обращения: 20.01.2020).

91. Кабанов И. Инфографика возобновляемой энергетики в Европе. *Радио Эхо Москвы*. 21.07.2019. URL: <https://echo.msk.ru/blog/metkere/2467949-echo/> (дата обращения: 20.06.2020).

92. Как получить электричество из куриного помета. *Газета о личностях и лицедеях «Лица»*. *Новости*. *Экология*. 17.03.2017. URL: <http://www.litsa.com.ua/show/a/34848> (дата обращения: 15.12.2017).

93. Как появилась первая цифровая камера. *Livejournal*. 30.12.2014. URL: <https://masterok.livejournal.com/2175310.html> (дата обращения: 10.04.2019).

94. Канал. *Википедия*. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Канал> (дата обращения: 20.03.2019).

95. Канило П. М., Сарапина М. В. Анализ энергоэкологических показателей тепловых электростанций. *Проблемы машиностроения*. 2013. Т. 16. № 1. С. 68–74.

96. Капитализация Microsoft впервые превысила \$1 трлн. *Интерфакс*. *ЭКОНОМИКА*. 25.04.2019. URL: <https://www.interfax.ru/business/659352> (дата обращения: 20.01.2020).

97. Капица С. П. Парадоксы роста: Законы развития человечества. Москва: Альпина нон-фикшн, 2010. 192 с.

98. Каучуки. *Википедия*. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Каучуки> (дата обращения: 20.03.2019).

99. Китай делает ставку на возобновляемую энергетику. *Нефтегазовый образовательный центр*. 06.02.2019. URL: <https://nangs.org/news/renewables/kitay-delaet-stavku-na-vozobnovlyаемую-energetiku> (дата обращения: 20.09.2020).

100. Китай установил цели развития ВИЭ на текущий год. *Elektrovesti.net*. 04.06.2020. URL: https://elektrovesti.net/71238_kitay-ustanovil-tseli-razvitiya-vie-na-tekushchiy-god (accessed on 20.09.2020).

101. Китайцы напечатали полноценный автомобиль всего за 1770 долларов. *3D Today. Новости*. 01.04.15. URL: <http://3dtoday.ru/blogs/news3dtoday/the-chinese-printed-full-car-for-only-1770/> (дата обращения: 01.11.2017).

102. Ключові компетентності для навчання впродовж життя 2018 – Цифрова компетентність. *Блог про дистанційне та змішане навчання інформатики. Технології та системи дистанційного навчання. Moodle*. 18.01.2018. URL: <http://dystosvita.blogspot.com/2018/01/2018.html> (дата звернення: 20.05.2020).

103. Комиссаров А. Четвёртая промышленная революция. *Ведомости*. 13.10.2015. URL: <https://www.vedomosti.ru/opinion/articles/2015/10/14/612719-promishlennaya-revoljutsiya> (дата обращения: 01.03.2020).

104. Коммонер Б. Замыкающийся круг. Ленинград: Гидрометеоздат, 1974. 280с.

105. Компания CISCO занимается вопросами распределённой генерации электроэнергии. *Alterenergy.info*. URL: <http://www.alterenergy.info/home/raspredelennaya-generatsiya/191-cisco-smart-grid> (дата обращения: 15.11.2017).

106. Композиционные материалы. Свойства композиционных материалов. Применение композиционных материалов. *МТОМДИНФО*. URL: <http://www.mtomd.info/archives/1764> (дата обращения: 20.10.2017).

107. Коннектом. *Википедия*. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Коннектом> (дата обращения: 10.04.2019).

108. Концептуальні підходи до змін моделей споживання та виробництва при переході до стійкого розвитку / Л. Г. Мельник, О. І. Мельник, О. І. Карінцева та ін. *Механізм регулювання економіки*. 2007. № 3. С. 51–58. URL: <http://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/3210>.

109. Коробкова Е. Биогаз и неиспользованный потенциал био-метана по всему миру. *ЭНЕРГО-СМИ*. 30.03.2020. URL: <https://energосmi.ru/archives/43412> (дата обращения: 02.10.2020).

110. Краснянский М. Е. Третья промышленная революция. URL: <http://www.krasnyanskyu.com/home/tretya-promyshlennaya-revolyuitsiya.html> (дата обращения: 01.11.2015).

111. Криптовалюта. *Википедия*. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Криптовалюта> (дата обращения: 20.03.2019).

112. Кулеш С. Оператор Vodafone Украина запустил услугу IoT Monitor для пакетного управления IoT-подключениями. *ITCua*. 20.02.2020. URL: <https://itc.ua/news/operator-vodafone-ukraina-zapustil-uslugu-iot-monitor-dlya-paketnogo-upravleniya-iot-podklyucheniyami/> (дата обращения: 25.04.2020).

113. Купер, Мартин. *Википедия*. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Купер,_Мартин (дата обращения: 10.04.2019).

114. Курцвейл Р. Эволюция разума, или бесконечные возможности человеческого мозга, основанные на распознавании образов / пер. с англ. Москва: Эксмо, 2018. 352 с.

115. Курьшев Е. Рынок 3D-принтеров в мире и в России. *It-weekly.ru*. 29.06.2016. URL: <http://www.it-weekly.ru/it-news/tech/105306.html> (дата обращения: 10.03.2017).

116. Литвинова А. Ответ злопыхателям солнечной энергетики (часть 1). *Prostopasha1914*. 01.06.2018. URL: <https://prostopasha1914.livejournal.com/44253.html> (дата обращения: 01.10.2020).

117. Мариновська А., Мишко Я. Цифровізація. *Digitalization*. URL: <https://iie.org.ua/wp-content/uploads/2019/02/Prezentatsiya-szhatyiy.pdf> (дата звернення: 20.06.2020).

118. Махмутов А. Р. Фазовые переходы в экономике. *Rusnauka*. 2008. URL: http://www.rusnauka.com/24_SVMN_2008/Economics/26922.doc.htm (дата обращения: 20.03.2019).

119. Медленно и уверенно. Более десятка городов Украины уже подключились к «интернету вещей». *Internetua*. 28.01.2020. URL: <https://internetua.com/medlenno-i-uverenno-bolee-desyatka-gorodov-ukrainy-uje-podkluacsilis-k-internetu-veshei-> (дата обращения: 01.02.2020).

120. Мельник Л. Г. (а) Методология развития : монография. Сумы : Университетская книга, 2005. 602 с.

121. Мельник Л. Г. (б) Предпосылки формирования информационного общества. *Социально-экономические проблемы информа-*

ционного общества / ред. Л. Г. Мельника. Сумы : Университетская книга, 2005. С. 60–87.

122. Мельник Л. Г. (а) Зелена економіка : підручник. Сумы : Університетська книга, 2018. – 463 с.

123. Мельник Л. Г. (б) Рождение сестейновой экономики: опыт ЕС и практика Украины в свете III и IV промышленных революций: монография. Сумы : Университетская книга, 2018. 432 с.

124. Мельник Л. Г. (в) Предпосылки формирования «Интернета вещей»: экономический анализ. *Механизм регулирования экономики*. № 1. 2018. С. 8–30.

125. Мельник Л. Г. Екологічна економіка : підручник. Сумы : Університетська книга, 2006. 367 с.

126. Мельник Л. Г., Дегтярьова І. Б. Досвід Європейського Союзу у формуванні інноваційної стратегії сталого розвитку. *Маркетинг і менеджмент інновацій*. 2012. № 1. С. 190–200. URL: <http://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/25375>.

127. Метаматеріал. *Вікіпедія*. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Метаматеріал> (дата обращения: 10.03.2017).

128. Мировая экономика ежегодно потребляет в 1,5 раза больше ресурсов, чем их может воссоздать планета. *WWF. Rbc.ua*. 17.05.2012. URL: <https://www.rbc.ua/rus/news/mirovaya-ekonomika-ezhegodno-potrebyaet-v-1-5-raza-bolshe-17052012092100> (дата обращения: 01.08.2017).

129. Митрофанов А. Роботизация промышленности: угроза безработицы или основа экономики будущего? *Военное обозрение. Аналитика*. 28.09.2019. URL: <https://topwar.ru/162843-robotizacija-promyshlennosti-ugroza-bezraboticy-ili-osnova-jekonomiki-budushego.html> (дата обращения: 25.01.2020).

130. Мурашова К. Кирпичи превратили в средство накопления энергии. *Ferra*. 12.08.2020 URL: <https://www.ferra.ru/news/techlife/kipichi-prevratili-v-sredstvo-nakopleniya-energii-12-08-2020.htm> (дата обращения: 03.10.2020).

131. Муртазин Э. От «кирпича» до смартфона: Удивительная эволюция мобильного телефона. Москва : Альпина Паблшер, 2012. 221 с.

132. Нано-аккумуляторы – шаг в будущее. *TextSale.ru*. URL: <http://prodamtex.ru/114/11262/nano-akkumulyatory-shag-v-budushee.html> (дата обращения: 20.10.2017).

133. Нанотехнологии: Что это такое? Мечты и реальность. 2017. *Современные технологии*. URL: http://www.unicc.kiev.ua/articles/nanotehnologii_sfera_ih_primeneniya (дата обращения: 20.10.2017).
134. Нанотехнология. *Википедия*. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Нанотехнология> (дата обращения: 20.03.2019).
135. Нанотранзистор корейских учёных. Нанотехнологии и прогресс: нанотранзисторы – технология завтрашнего дня. *Современные технологии*. URL: http://www.unicc.kiev.ua/articles/nanotranzistor_koreiskih_uchenih/ (дата обращения: 25.10.2017).
136. Напряжение растёт. Зеленая энергетика развивается в Украине рекордными темпами. *НВ Бизнес*. 30.03.2019. URL: <https://nv.ua/biz/economics/novyy-prezident-budet-vynuzhden-sotrudnichat-s-mvf-tomash-fiala-50013681.html> (дата обращения: 20.06.2020).
137. Немного о дилемме инноватора в IT. *Блог компании Rocket Callback*. 25.05.2015. URL: <https://habr.com/ru/company/rocketcallback/blog/291068/> (дата обращения: 10.12.2019).
138. Ниже некуда новый рекорд цен на солнечную энергию поставлен в Дании. *ЭкоТехника*. 29.12.2016. URL: <http://ecotechnica.com.ua/energy/solntse/1897-nizhe-nekuda-novyy-rekord-tsen-na-solnechnuyu-energiyu-postavlen-v-danii.html> (дата обращения: 15.05.2017).
139. Никитин А. (а) В начале 2018 года Google достигнет «квантового превосходства». *Хайтек*. 18.10.2017. URL: <https://hightech.fm/2017/10/18/googles-quantum> (дата обращения: 25.10.2017).
140. Никитин А. (б) Изобретена резина, которая не боится проколов. *Хайтек*. 18.08.2017. URL: <https://hightech.fm/2017/08/18/self-healing-rubber> (дата обращения: 25.10.2017).
141. Никитин А. (в) Стартап Made in Space напечатал радиационный щит прямо на борту МКС. *Хайтек*. 18.08.2017. URL: <https://hightech.fm/2017/08/18/printed-radiation-shield> (дата обращения: 25.10.2017).
142. Новый аккумулятор будет стоить на 60 % меньше, чем существующий стандарт. *FacePla.net*. 06.01.2016. URL: <http://www.facepla.net/the-news/tech-news-mnu/5340-новый-аккумулятор.html> (дата обращения: 01.03.2016).
143. Новый политехнический словарь / под ред. А. Ю. Ишлинского. Москва : Большая российская энциклопедия, 2000. 672 с.
144. Нормированная стоимость солнечной энергии будет снижаться и дальше. *IRENA. ELEKTROVESTI.NET*. 16.07.2019. URL:

https://elektrovesti.net/66604_normirovannaya-stoimost-solnechnoy-elektroenergii-budet-snizhatsya-i-dalshe-irena (дата обращения: 01.10.2020).

145. Обзор производства биогаза в мире. *Biowatt*. 15.07.2017. URL: <http://www.biowatt.com.ua/analitika/obzor-proizvodstva-biogaza-v-mire/> (дата обращения: 30.10.2017).

146. Облачные вычисления. *Википедия*. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Облачные_вычисления (дата обращения: 15.04.2019).

147. Одессер С. Атомная энергетика европейских стран. *Экономика и финансы*. 2016. С. 20–21.

148. Олиярнык М. В Украине появилась новая сеть для интернета вещей. *UBR*. 21.01.2020. URL: <https://ubr.ua/market/telecom/v-ukraine-pojavilas-set-dlja-interneta-veshchej-3889934> (дата обращения: 30.01.2020).

149. Определение третьей промышленной революции. *Sandvik.coromant*. URL: <http://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/services/manufacturing/stories/pages/additive-manufacturing-is-defininf-the-third-industrial-revolution.aspx> (дата обращения: 1.11.2015).

150. Оптическое волокно. *Wikipedia*. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Оптическое_волокно (дата обращения: 10.10.2019).

151. Орел И. Возобновляемая энергетика в Украине: шаг вперед, два шага назад. *Finance.ua. Новости*. 10.10.2017. URL: <https://news.finance.ua/ru/news/-/412239/vozobnovlyaemaya-energetika-v-ukraine-shag-vpered-dva-shaga-nazad> (дата обращения: 20.10.2017).

152. Остапович Ю. Украинец придумал инновационную ветровую панель. *ЭкоТехника*. 22.10.2016. URL: <https://ecotechnica.com.ua/energy/veter/1581-ukrainets-pridumal-innovatsionnyu-vetrovuyu-panel.html> (дата обращения: 17.11.2017).

153. Охотник Ю. В цифрах: количество пользователей Интернета 15 лет назад и сегодня. *BIT.UA*. 27.05.2015. URL: <https://bit.ua/2015/05/internet-changes/> (дата обращения: 10.04.2019).

154. Паймакова М. Пластик научили восстанавливаться подобно тканям тела. *Вести.ru. Новости. Наука*. 12.05.2014. URL: <https://www.vesti.ru/doc.html?id=1573568> (дата обращения: 15.05.2017).

155. Пальчинская Л. Как программное обеспечение Google научилось само писать программное обеспечение. *AIN.UA*. 19.10.2017. URL: <https://ain.ua/2017/10/19/po-v-google-pishet-po> (дата обращения: 25.10.2017).

156. Парус. *Википедия*. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Парус> (дата обращения: 20.03.2019).

157. Пекар В. А. Глобальный фазовый барьер и шанс на украинский прыжок. 2010. URL: <http://pekar.in.ua/Global%20Phase%20Barrier.htm> (дата обращения: 20.03.2019).

158. Пильцер П. Безграничное богатство. Теория и практика «экономической алхимии». Новая постиндустриальная волна на Западе. Антология / под ред. В. Л. Иноземцева. Москва : Academia, 1999. С. 401–428.

159. Пластмассы. *Википедия*. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Пластмассы> (дата обращения: 20.03.2019).

160. Попов Л. Роботы RepRap воспроизводят сами себя. *Membrana*. 04.06.2008. URL: <http://www.membrana.ru/particle/3275> (дата обращения: 01.03.2017).

161. Представлен первый автомобиль, созданный с помощью 3D-принтера. *Cadpoint*. 04.03.2013. URL: <http://www.cadpoint.ru/news/1-latest-news/672-presented-the-first-car-designed-by-3d-printer.html> (дата обращения: 10.03.2017).

162. Призрачное «зеленое» будущее. *Спецпроект. Liga.net*. 17.04.2020. URL: https://project.liga.net/projects/future_green_tariff/ (дата обращения: 20.06.2020).

163. Приливные электростанции. *Электроэнергетика в современном мире*. 09.01.2015. URL: <http://myelectro.com.ua/98-gidroenergetika/145-prilivnye-elektrostantsii> (дата обращения: 09.11.2017).

164. Приливные электростанции. Электроэнергетика и охрана окружающей среды. Функционирование энергетики в современном мире. URL: <http://energetika.in.ua/ru/books/book-5/part-1/section-2/2-5> (дата обращения: 09.11.2017).

165. Программа действий. Повестка дня на 21 век и другие документы Конференции в Рио-де-Жанейро в популярном изложении. Женева: Центр «За наше общее будущее», 1993. 70 с.

166. Пролог (язык программирования). *Википедия*. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Пролог_\(язык_программирования\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Пролог_(язык_программирования)) (дата обращения: 10.04.2019).

167. Производство электроэнергии в Украине: у ВИЭ значительный прирост (а). *Kosatka.media*. 25.02.2020. URL: <https://kosatka.media/category/elektroenergiya/analytics/proizvodstvo-elektroenergii-v-ukraine-u-vie-znachitelnyy-prirost> (дата обращения: 20.06.2020).

168. Производство энергии из возобновляемых источников выросло вдвое за пять лет (6). *Postimees*. 14.08.2020. URL: <https://rus.postimees.ee/7039460/proizvodstvo-energii-iz-vozobnovlyaemyh-istochnikov-vyroslo-vdvoe-za-pyat-let> (дата обращения: 20.09.2020).

169. Разработан новый полимерный материал для хранения солнечного тепла. *Энергетика*. ТЭС и АЭС. 16.01.2016. URL: <http://tesiaes.ru/?p=15061> (дата обращения: 1.03.2016).

170. Разработана дешёвая система получения водородного топлива. *Lenta.ru*. 26.09.2014. URL: <http://lenta.ru/news/2014/09/25/perovskosolar/> (дата обращения: 01.03.2016).

171. Распределённая генерация электроэнергии – глобальные тенденции развития. *Украинская ассоциация возобновляемой энергии*. 25.02.2016. URL: <http://uare.com.ua/ru/novyny/454-raspredelelnaya-generatsiya-elektroenergii-globalnye-tendentsii-razvitiya.html> (дата обращения: 15.11.2017).

172. Ревадзе Д. Создана краска, охлаждающая здания в жару. *Хайтек*. 10.10.2017. URL: <https://hightech.fm/2017/10/10/paint-cool> (дата обращения: 20.10.2017).

173. Реймерс Н. Ф. Природопользование : словарь-справочник. Москва : Мысль, 1990. 637 с.

174. Реймерс Н. Ф. Экология (теория, законы, правила, принципы и гипотезы). Москва : Россия молодая, 1994. 367 с.

175. Рентгеновское излучение. *Википедия*. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Рентгеновское_излучение (дата обращения: 20.03.2019).

176. Речь. *Википедия*. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Речь>.

177. «Рио +20»: результаты и перспективы процесса. *International Centre for Trade and Development*. 07.08.2012. URL: <https://www.ictsd.org/bridges-news/мосты/news/«рио20»-результаты-и-перспективы-процесса> (дата обращения: 01.11.2016).

178. Рифкин Дж. Мастер-класс. Часть 1. *Youtube*. 27.03.2014. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=WDbSWEptKCA> (дата обращения: 05.05.2017).

179. Рифкин Дж. Третья промышленная революция: как горизонтальные взаимодействия меняют энергетику, экономику и мир в целом / пер. с англ. 3 изд. Москва : Альпина нонфикшн, 2016. 410 с.

180. Рио-де-Жанейро Йоганнесбург: паростки ноосферогенезу і відповідальність за майбутнє / В. Я. Шевчук, Г. О. Білявський, Ю. М. Саталкін та ін. Київ : Геопринт, 2002. 118 с.

181. Робот. *Википедия*. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Робот> (дата обращения: 15.04.2019).
182. Рыжов К. В. Сто великих изобретений. Москва : Вече, 2004. 528 с.
183. Савчук: Госэнергоэффективность готовит онлайн карту ВИЭ в Украине. *Терминал*. 16.05.2017. URL: <http://oilreview.kiev.ua/2017/05/16/savchuk-gosenergoeffektivnosti-gotovit-onlajn-kartu-vie-v-ukraine/> (дата обращения: 25.10.2017).
184. Сальник В. Роботизация в цифрах и фактах. *Business Zavarник*. URL: <http://zavarnik.biz/robotizaciya-v-cifrax-i-faktaх> (дата обращения: 25.01.2020).
185. Самойлов А. Третья индустриальная революция. Выступление в Witbox Maker School. *Youtube*. 25.06.2014. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=vqluJONGZuU> (дата обращения: 01.11.2015).
186. Семчишин А. История облачных вычислений. *Obozrevatel*. 02.02.2018. URL: <https://www.obozrevatel.com/tech/istoriya-oblachnyih-vyichislenij.htm> (дата обращения: 15.04.2019).
187. Сергач Ю. Ахметов, Хорошковский и Ко: кто построил крупнейшие «зеленые» электростанции в 2019 году. *OILPOINT*. 10.02.2020. URL: <https://oilpoint.com.ua/ahmetov-horoshkovskij-i-ko-kto-postroil-krupnejshie-zelenye-elektrostantsii-v-2019-godu/> (дата обращения: 20.06.2020).
188. Система автоматизированного проектирования. *Википедия*. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Система_автоматизированного_проектирования (дата обращения: 20.03.2019).
189. Скрипин В. С начала года более 1200 украинских домохозяйств перешли на солнечную энергию. Абсолютным лидером выступает Киев и Киевская область. *ITC.ua*. 23.10.2017. URL: <https://itc.ua/news/s-nachala-goda-bolee-1200-ukrainskih-domohozyaystv-pereshli-na-solnechnuyu-energiyu-absolyutnyim-liderom-vyistupaet-kiiev-i-kievskaya-oblast/> (дата обращения: 25.10.2019).
190. Советский энциклопедический словарь / гл. ред. А. М. Прохоров. 4-е изд. Москва : Сов. энциклопедия, 1989–1990. 1632 с.
191. Современные биоматериалы. URL: <http://www.chemnet.ru/rus/teaching/materials/biomaterials.pdf> (дата обращения: 10.10.2020).
192. Солнечную энергию научились хранить два десятилетия. *Гаджеты и технологии*. 08.11.2018 URL: <https://24gadget.ru/1161067692-solnechnuyu-energiyu-nauchilis-hranit-dva-desyatiletija.html> (дата обращения: 03.10.2020).

193. Солонин В. БРИК спас рынок мобильных от стагнации. *Cnews analytics*. URL: http://www.cnews.ru/reviews/free/networks/articles/world_market.shtml (дата обращения: 10.04.2019).

194. Сотник І. М. Тенденції і проблеми управління дематеріалізацією виробництва й споживання. *Актуальні проблеми економіки*. 2012. № 8. С. 62–67.

195. Социально-экономические проблемы информационного общества: монография / под ред. Л. Г. Мельника, М. В. Брюханова. Сумы : Университетская книга, 2010. 896 с. URL: <http://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/716>.

196. Сталь. *Википедия*. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Сталь> (дата обращения: 20.03.2019).

197. Стартапы украинцев по экономии электричества и тепла собирают средства за рубежом. *Частный предприниматель*. 16.02.2017. URL: <http://chp.com.ua/all-news/item/47106-startapy-ukraintsev-po-ekonomii-elektrichstva-i-tepla-sobirayut-sredstva-za-rubezhom> (дата обращения: 17.11.2017).

198. Стрельцов Д. В. «Чистая» энергетика в Японии. *Восточная аналитика*. 2011. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/chistaya-energetika-v-yaaponii/viewer> (дата обращения: 01.10.2020).

199. Судоходство в Древнем Египте. *Википедия*. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Судоходство_в_Древнем_Египте (дата обращения: 20.03.2019).

200. Терешенко Г. Ф., Путилов А. В. Новые материалы как перспективная химическая продукция и технологии их получения. *Доклад на Российском конгрессе «Химическая промышленность на рубеже веков: итоги и перспективы»* / ChemNet. URL: http://www.chem.msu.ru/rus/journals/membranes/3/puti_tx6.htm (дата обращения: 10.03.2017).

201. Технологии передачи запаха. *Википедия*. 09.08.2017. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Технологии_передачи_запаха (дата обращения: 10.04.2019).

202. Толмачёв О. Что такое конвергенция? *Сети & Бизнес*. № 4 (сентябрь). 2005. URL: [http://www.sib.com.ua/arhiv_2005/4\(23\)2005/konverg/konverg.htm](http://www.sib.com.ua/arhiv_2005/4(23)2005/konverg/konverg.htm) (дата обращения: 20.10.2017).

203. Топ-10 богатейших людей мира по версии Forbes. *Вести Экономика*. 22.01.2020. URL: <https://www.vestifinance.ru/articles/131583> (дата обращения: 25.01.2020).

204. Транзистор. *Википедия*. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Транзистор> (дата обращения: 20.03.2019).

205. Турлікьян Т. У 2015 році 42 % всіх енергопотреб Данії були забезпечені енергією вітру. *Ecotown*. 17.01.2016. URL: <http://ecotown.com.ua/news/U-2015-rotsi-42-vsikh-enerhopotreb-Daniyi-buly-zabezpecheni-enerhiyeu-vitru/> (дата звернення 15.05.2019).

206. Турлікьян Т. Вітряні станції в сукупній потужності вперше перевищили АЕС. *Ecotown*. 31.12.2015. URL: <http://ecotown.com.ua/news/Vitryani-stantsiyi-v-sukupniy-potuzhnosti-vpershe-perevershyly-rokaznyku-roboty-AES/> (дата звернення: 01.03.2016).

207. Україна вошла в ТОП-5 лідерів Європи по ветроенергетиці. *ЕлектроВести*. 09.09.2019. URL: https://elektrovesti.net/67440_ukraina-voshla-v-top-5-liderov-evropy-po-vetroenergetike (дата звернення: 02.10.2020).

208. Український стартап Ecoisme створив умний гаджет для економії енергії. *ЕкоТехніка*. 27.11.2015. URL: <https://ecotechnica.com.ua/products/454-ukrainskij-startap-ecoisme-sozdal-umnyj-gadzheth-dlya-ekonomii-energii.html> (дата звернення: 17.11.2019).

209. Україна 2030E – країна з розвинутою цифровою економікою. *Український інститут майбутнього*. URL: <https://strategy.uifuture.org/kraina-z-rozvinutoyu-cifrovoyu-ekonomikoju.html> (дата звернення: 20.05.2020).

210. Урсул А. Д. Інформація. Москва : Наука, 1971. 296 с.

211. Учені зробили самовосстанавливающийся пластик. *Top news*. 03.09.2015. URL: http://www.topnews.ru/news_id_81418.html (дата звернення: 15.05.2017).

212. Федосенко Н. (а) В Чилі зафіксована рекордно низька ціна на сонячну енергію – вдвічі нижча за вугільну. *Ecotown*. 25.08.2016. URL: <http://ecotown.com.ua/news/V-CHyli-zafiksovana-rekordno-nyzka-tsina-na-sonyachnu-enerhiyu-vdvichi-nyzhcha-za-vuhilnu/> (дата звернення: 01.10.2019).

213. Федосенко Н. (б) У США працює інноваційна цілодобова сонячна електростанція. *Ecotown*. 29.02.2016. URL: <http://ecotown.com.ua/news/U-SSHA-pratsuyue-innovatsiy-na-tsilodobova-sonyachna-elektrostantsiya/> (дата звернення: 1.03.2016).

214. Физический энциклопедический словарь / гл. ред. А. М. Прохоров. Москва : Большая российская энциклопедия, 1995. 928 с.

215. Философский энциклопедический словарь / гл. ред.: С. С. Аверинцев, Л. Ф. Ильичёв, П. Н. Федосеев, С. М. Ковалёв, В. Г. Панов. Москва : Советская энциклопедия, 1989. 815 с.

216. Харари Ю. Н. *Sapiens. Краткая история человечества*. Москва : Синдбад, 2017. 520 с.

217. Хенс Л. Методы оценки показателей устойчивого развития / Л. Хенс, К. Флаэминк. *Социально-экономический потенциал устойчивого развития* : учебник / под ред. Л. Г. Мельника, Л. Хенса. Сумы : Университетская книга, 2007. С. 231–257.

218. Хижняк Н. Шесть сверхматериалов, которые смогут изменить этот мир / Н. Хижняк. *Hi-News.ru*. 05.02.2015. URL: <https://hi-news.ru/technology/shest-sverxmaterialov-kotorye-smogut-izmenit-etot-mir.html> (дата обращения: 15.05.2017).

219. Холодов И. 3D-печать: прошлое, настоящее и немного о будущем, а также российские реалии в этой сфере. *Ixbt.com*. 17.02.2014. URL: http://www.ixbt.com/printer/3d/3d_common.shtml (дата обращения: 10.03.2017).

220. Цифровые ароматы: записи, восстановление и передача запахов. *Geektimes*. 27.10.2017. URL: <https://geektimes.ru/company/mailru/blog/294803/> (дата обращения: 10.04.2019).

221. Чеботарёв А. Цифровые технологии настоящего и будущего. *Авиа Панорама*. № 4 (130). 2018. URL: <https://www.aviapanorama.ru/wp-content/uploads/2018/08/04.pdf> (дата обращения: 20.06.2020).

222. Человечество за 7 месяцев исчерпало годовые ресурсы Земли, – WWF. *РБК Україна*. 02.08.2017. URL: <https://www.rbc.ua/rus/news/chelovechestvo-7-mesyatsev-ischerpalo-godovye-1501668960.html> (дата обращения: 05.08.2017).

223. Что такое дрон? *Мир квадрокоптеров*. 04.02.2018. URL: <https://mirquadrocoptеров.ru/obshhie-voprosy/chto-takoe-dron.html> (дата обращения: 15.04.2018).

224. Что такое интернет вещей (Internet of Things, IoT). *TAdviser*. 26.09.2017. [http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Что_такое_интернет_вещей_\(Internet_of_Things,_IoT\)](http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Что_такое_интернет_вещей_(Internet_of_Things,_IoT)) (дата обращения: 25.04.2020).

225. Шанхайская компания WinSun напечатала пятиэтажный дом и особняк. *3D TODAY*. 19.01.2015. URL: <http://3dtoday.ru/blogs/news3dtoday/shanghai-company-winsun-has-printed-a-fivestorey-house-and-mansion/> (дата обращения: 10.03.2017).

226. Шеннон К., Бандвагон Е. Работы по теории информации и кибернетике. Москва : ИЛ, 1963. 690 с.

227. Шесть сверхматериалов, которые смогут изменить этот мир. *Colors. Life*. URL: <http://www.colors.life/post/661065/> (дата обращения: 20.10.2017).

228. Щедровицкий П. Г. Третья промышленная революция. Выступление на XIX межрегиональной тьюторской конференции. *Youtube*. 28.10.2014. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=4a4qwUPJTik> (дата обращения: 01.03.2016).

229. Эванс Д. Всеобъемлющий интернет в пяти абзацах и трёх иллюстрациях. *Cisco*. 02.01.2013. URL: https://www.cisco.com/c/ru_ua/about/press/2013/02012013c.html (дата обращения: 25.11.2019).

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

231. Электрический двигатель. *Википедия*. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Электрический_двигатель (дата обращения: 20.03.2019).

232. Энергия «зеленых». ТОП-5 аграрных компаний по мощности биогазовых установок. *Latifundist.com. Главный сайт об агробизнесе*. 21.09.2020. URL: <https://latifundist.com/rating/energiya-zelenyh-top-5-agrarnyh-kompanij-po-moshchnosti-biogazovyh-ustanovok> (дата обращения: 02.10.2020).

233. Энергонезависимость: Украина уже производит 16 % электроэнергии из возобновляемых источников. *Новости Краматорска*. 25.08.2020. URL: <https://hi.dn.ua/novosti/novosti-ukrainy/energonezavisimost-ukraina-uzhe-proizvodit-16-elektroenergii-iz-vozobnovlyaemykh-istochnikov> (дата обращения: 02.10.2020).

234. Эшби У. Р. Введение в кибернетику / пер. с англ. Москва : Либроком, 2009. 432 с.

235. Яковлева Н. Schneider Electric розробили «розумну» систему накопичення енергії EcoBlade. *Ecotown*. 18.01.2016. URL: <http://ecotown.com.ua/news/Schneider-Electric-rozroblyla-rozumnu-systemu-nakopuchennya-enerhiyi-EcoBlade/> (дата звернення: 01.03.2016).

236. Янович А. 17-летняя школьница придумала плавающую электростанцию. *Gazeta.ua*. 15.03.2011. URL: https://gazeta.ua/ru/articles/ukraine-newspaper/_17letnyaya-shkolnica-pridumala-plavayuschuyu-elektrostantsiyu-/374990 (дата обращения: 17.11.2017).

237. Япония. *Возобновляемая энергия и ресурсы*. URL: <http://renewnews.ru/japan/> (дата обращения: 01.10.2020).

238. Яровая М. IT-рынок Украины 2019-2020: индустрия на \$5 млрд и 200 000 специалистов. *Ain*. 29.08.2019. URL: <https://ain.ua/2019/08/29/it-obzor-nix/> (дата обращения: 20.01.2020).

239. 3D-принтер. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/3D-принтер> (дата обращения: 10.03.2017).

240. Additive manufacturing – a definition: what is additive manufacturing? *SPI Lasers*. URL: <http://www.spilasers.com/application-additive-manufacturing/additive-manufacturing-a-definition/> (accessed on 20.10.2017).

241. ALOHAnet. *Wikipedia*. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/ALOHAnet> (accessed on 10.04.2019).

242. Atkinson S. 10 Mega Trends that are (re)shaping our world. *Ipsos*. 2016. URL: <https://www.ipsos.com/sites/default/files/10-Mega-Trends-That-are-Reshaping-The-World.pdf> (accessed on 25.04.2020).

243. Austria 2020. Energy Policy Review. *IEA*. May 2020. URL: <https://www.iea.org/reports/austria-2020> (accessed on 20.09.2020).

244. Bellini E. Portuguese government confirms world record solar price of \$ 0.01316/kwh. *PV Magazine International*. 27.08.2020 URL: <https://www.pv-magazine.com/2020/08/27/portuguese-government-confirms-world-record-solar-price-of-0-01316-kwh/> (accessed on 01.10.2020).

245. Bensoussan H. The history of 3D Printing: 3D Printing Technologies from the 80s to Today. *Sculpteo*. 14.12.2016. URL: <https://www.sculpteo.com/blog/2016/12/14/the-history-of-3d-printing-3d-printing-technologies-from-the-80s-to-today/> (accessed on 10.04.2019).

246. Bhasin S. C. Interview: Defining the Power of Megatrends – People Matters. *People Matters*. 2018. URL: <https://www.peoplesmattersglobal.com/article/diversity/defining-the-power-of-megatrends-19001> (accessed on 25.04.2020).

247. Bloem J., Doorn M. V., Duivestein S., Excoffier D., Maas R. and Ommeren E. V. The Fourth Industrial Revolution: Things to Tighten the Link between IT and OT. *Sogeti VINT*. 2014. URL: <https://www.sogeti.com/globalassets/global/special/sogeti-things3en.pdf> (accessed on 10.04.2019).

248. Bolton D. People in Germany are now being paid to consume electricity: The price of power in Germany briefly dropped to -€130 per MWh on 8 May. *INDEPENDENT*. 11.05.2016. URL: <http://www.independent.co.uk/environment/renewable-energy-germany-negative-prices-electricity-wind-solar-a7024716.html> (accessed on 01.10.2019).

249. Bonomi F., Milito R., Zhu J., Addepalli S. Fog Computing and Its Role in the Internet of Things. *MCC*. 17.08.2012. URL: <https://conferences.sigcomm.org/sigcomm/2012/paper/mcc/p13.pdf> (accessed on 20.10.2019).

250. Boon E. Johannesburg: the antecedents of the Millennium Declaration, the Doha Agenda and the Monterrey Consensus. *Mechanism of Economics Regulation*. 2004. № 4. P. 13–40.

251. Bossong K. Solar and wind energy provide almost 10 percent of total generation in the US in 2019. *Renewable energy world*. 28.10.2019. URL: <https://www.renewableenergyworld.com/2019/10/28/solar-and-wind-energy-provide-almost-10-percent-of-total-generation-in-the-us-in-2019/> (assessed on 01.11.2019).

252. Boulding K. E. The economics of the coming Spaceship Earth. *Classics in environmental studies. An overview of classic texts in environmental studies* / Ed.: N. Nelisse, J. Van Den Straaten and L. Klinkers. Amsterdam, the Netherland, 1997. P. 218–228.

253. Boulding K. E. The economics of the coming Spaceship Earth. *Environmental quality in a growing economy* / H. Jarrett (ed.). Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press, 1966. P. 3–14.

254. Brinker S. 5 meta-trends underlying almost all of modern marketing. *Chief Marketing Technologist Blog*. 22.10.2012. URL: <https://chiefmartec.com/2012/10/5-meta-trends-underlying-almost-all-of-modern-marketing/> (accessed on 25.04.2020).

255. Calma J. Wind and solar energy is steadily replacing coal. *The verge*. 13.08.2020. URL: <https://www.theverge.com/2020/8/13/21366373/wind-solar-power-electricity-doubled-paris-climate-change-agreement> (accessed on 20.09.2020).

256. Camarinha-Matos L. M, Goes J., Gomes L., Martins J. Contributing to the Internet of Things. Technological Innovation for the Internet of Things, *IFIP AICT*. Series 394. April 15–17. 2013. pp. 3–12. URL: https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-642-37291-9_1.pdf (assessed on 20.10.2019).

257. Christensen C.M. The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail. *Harvard Business Review Press*. 2016. 288 p.

258. Cockburn H. Climate crisis: Renewable energy provided almost half of UK's electricity in first three months of 2020. *Independent*. 26.06.2020. URL: <https://www.independent.co.uk/author/harry-cockburn> (accessed on 15.09.2020).

259. Coren M. J. Germany had so much renewable energy on Sunday that it had to pay people to use electricity. *Quartz*. 10.05.2016. URL: <http://qz.com/680661/germany-had-so-much-renewable-energy-on-sunday-that-it-had-to-pay-people-to-use-electricity/> (accessed on 01.10.2019).

260. Cost for onshore wind, solar and battery storage dipped: BNEF. *Greentechlead. Renewable Energy*. 29.04.2020 URL: <https://greentechlead.com/renewable-energy/cost-for-onshore-wind-solar-and-battery-storage-dipped-bnef-35985> (accessed on 10.09.2020)

261. DARPA: на пути к революции в материаловедении. *Technowars*. 07.09.2015. URL: <http://technowars.ru/article/202/> (дата обращения: 10.03.2017).

262. Dedicoat C. Circular economy: what it mean, how to get there. *World Economic Forum*. 23.01.2016. URL: <http://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-importance-of-a-circular-economy> (accessed on 01.03.2016).

263. DeepMind. *Wikipedia*. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/DeepMind> (accessed on: 10.04.2019).

264. Delbert C. This Nation is building the world's cheapest solar farm. *Popular Mechanics*. 01.05.2020 URL: <https://www.popularmechanics.com/science/a30266828/worlds-cheapest-solar-farm/> (accessed on 01.10.2020).

265. Denmark Just Produced 140 % of its Electricity Needs with Renewable Wind Power. *EARTH. WE ARE ONE*. 2015. URL: <http://www.ewao.com/a/1-denmark-just-produced-140-of-its-electricity-needs-with-renewable-wind-power/> (accessed on 01.10.2019).

266. Diamandis P. 20 metatrends for the roaring 20s. *Newsletter*. 16.04.2020. URL: <https://www.diamandis.com/blog/> (accessed on 25.04.2020).

267. Digital competence: the vital 21st-century skill for teachers and students. *School Education Gateway*. 17.01.2020. URL: <https://www.schooleducationgateway.eu/en/pub/resources/tutorials/digital-competence-the-vital-.htm> (accessed on 17.05.2020).

268. Digital Economy Report 2019. *United Nations Conference on Trade and Development*. 2019. URL: https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/der2019_en.pdf.

269. Digital Revolution. *Wikipedia*. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Digital_Revolution (accessed on 10.04.2019).

270. Dubai Future Foundation. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Dubai_Future_Foundation (accessed on 15.09.2017).

271. Dudley D. Renewably energy costs take another tumble, making fossil fuels look more expensive than ever. *Forbes*. 29.05.2019. URL: <https://www.forbes.com/sites/dominicdudley/2019/05/29/renewable-energy-costs-tumble/#6be829d6e8ce> (accessed on 01.10.2020).

272. Dufva M. (a) The metatrends behind the megatrends Sitra. *Sitra*. 06.03.2020. URL: <https://www.sitra.fi/en/articles/the-metatrends-behind-the-megatrends/> (accessed on 25.04.2020).

273. Dufva M. (б) The big picture of the megatrends Sitra. *Sitra*. 06.03.2020. URL: <https://www.sitra.fi/en/articles/the-big-picture-of-the-megatrends/> (accessed on 25.04.2020).

274. Efrat Z. World's top Global mega trends to 2020 and implications to business, society and cultures. Executive Summary. *Indonesia Digital Research Community*. October, 2017. URL: <https://docplayer.net/678769-World-s-top-global-mega-trends-to-2020-and-implications-to-business-society-and-cultures-executive-summary.html> (accessed on 19.04.2020).

275. Elder J. The internet's first thing – John Romkey's «smart» toaster. *Avast news*. 03.09.2019. URL: <https://blog.avast.com/the-internets-first-smart-device> (accessed on 20.04.2020).

276. Energy in Sweden. *Wikipedia*. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Energy_in_Sweden (accessed on 15.09.2020).

277. EU Project: Factory-in-a-day. *Factory-in-a-day*. URL: <http://www.factory-in-a-day.eu/> (accessed on 10.03.2017).

278. European Technology Platforms (ETP). Innovation Union. European Commission. 2017. URL: http://ec.europa.eu/research/innovation-union/index_en.cfm?pg=etp (accessed on 20.10.2017).

279. Evans D. The Internet of Things. How the Next Evolution of the Internet is Changing Everything. *Cisco*. 2011. URL: http://www.cisco.com/web/about/ac79/docs/innov/IoT_IBSG_0411FINAL.pdf (accessed on 20.10.2019).

280. Fab Lab FAQ. URL: <http://fab.cba.mit.edu/about/faq/> (accessed on 10.03.2017).

281. Factory-in-a-day. *Ros-industrial*. 29.10.2013. URL: <http://rosindustrial.org/news/2013/10/17/factory-in-a-day> (accessed on 10.03.2017).

282. Gauthier G. 3D ice cubes let your scotch cool down in style. *Spoon & Tamago*. 14.04.2014. URL: <http://www.spoon-tamago.com/2014/04/14/3d-ice-cubes-let-your-scotch-cool-down-in-style/> (accessed on 10.11.2017).

283. Germany to invest \$23.6bn in smart grid by 2026. *Metering & smart energy international*. *Smart Grid*. 28.09.2016. URL: <https://www.metering.com/news/germany-23-6bn-smart-grid-2026/> (дата обращения: 20.12.2017).

284. Gershenfeld N., Gershenfeld A. Cutcher-Gershenfeld J. Designing reality: How to survive and thrive in the third digital revolution. *Science*. 20.11.2017. URL: <http://designingreality.org/>.

285. Global Electricity Review. *EMBER*. 20.03.2020. URL: <https://ember-climate.org/wp-content/uploads/2020/03/Ember-2020GlobalElectricityReview-PrintA4.pdf> (accessed on 20.09.2020).

286. Global Footprint Network. *Ecological Wealth of Nations*. URL: www.footprintnetwork.org (accessed on 01.10.2016).

287. GPS. *Википедия*. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/GPS> (дата обращения: 10.04.2019).

288. Hall M. Japan's struggle to drive down renewable cost. *PV magazine international*. 20.08.2020. URL: <https://www.pv-magazine.com/2020/08/20/japans-struggle-to-drive-down-renewables-costs/> (accessed on 02.10.2020).

289. Harmon J. What are digital technologies? *Quora*. 27.04.2018. URL: <https://www.quora.com/What-are-digital-technologies> (accessed on 25.05.2020).

290. Hill J. Renewable Energy Now Accounts For 30 % Of Global Power Generation Capacity. *CleanTechnica*. 20.09.2016. URL: <https://cleantechnica.com/2016/09/20/renewable-energy-now-accounts-30-global-power-generation-capacity/> (accessed on 01.10.2016).

291. Horx M. The Power of the Megatrends. About the turbulence of the future. *Zukunftsinstitut Horx GmbH*. 2020. URL: <https://www.horx.com/en/speeches/the-power-of-the-megatrends/> (accessed on 19.04.2020).

292. Hunt T. The solar singularity: 2020 update (part 1). *Greentech Media*. 20.08.2020 URL: <https://www.greentechmedia.com/articles/read/the-solar-singularity-2020-update-part-1> (accessed on 01.10.2020).

293. IHS Markit: мировой прирост мощности солнечных электростанций в 2020 году достигнет 147 ГВт. *Новосту elektrovesti.net*. 08.01.2020. URL: https://elektrovesti.net/69072_ihs-markit-mirovoy-prirost-moshchnosti-solnechnykh-elektrostantsiy-v-2020-godu-dostignet-142-gvt (дата обращения: 01.10.2020).

294. Industrial Internet of Things – ИIoT Промышленный интернет вещей TAdviser. 07.07.2019. [http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:ИIoT_-_Industrial_Internet_of_Things_\(Промышленный_интернет_вещей\)](http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:ИIoT_-_Industrial_Internet_of_Things_(Промышленный_интернет_вещей)) (дата обращения: 25.04.2020).

295. Industry 4.0. *Wikipedia*. URL: http://en.m.wikipedia.org/wiki/Industry_4.0 (accessed on 01.03.2016).

296. International standards: Right to information. *Article19*. 05.04.2012. URL: <https://www.article19.org/resources/international-standards-right-information/>.

297. Internet of things. *Wikipedia*. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Internet_of_things (accessed on 25.04.2020).

298. John von Neumann. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/John_von_Neumann (accessed on 10.03.2017).

299. Johnston A. Portugal runs on 100 % renewables for 4 days. *Clean Technica*. 21.05.2016. URL: <https://cleantechnica.com/2016/05/21/100-renewable-electricity-portugal-4-days/> (accessed on 01.10.2016).

300. Jones D., Graham E., Tunbridge P. Wind And Solar Now Generate One-Tenth Of Global Electricity. Global half-year electricity analysis. *EMBER*. 13.08.2020. URL: <https://ember-climate.org/project/global-electricity-h12020/> (accessed on 20.09.2020).

301. Kellner L. Report confirms wind technology advancements continue to drive down the cost of wind energy: wind energy costs at all-time lows, as wind turbines grow larger. *New Center*. 26.08.2019 URL: <https://newscenter.lbl.gov/2019/08/26/report-confirms-wind-technology-advancements-continue-to-drive-down-the-cost-of-wind-energy/> (accessed on 02.10.2020).

302. King J. Could renewables become the top UK power source of 2020? *Renewable energy world*. 24.08.2020. URL: <https://www.renewableenergyworld.com/2020/08/24/could-renewables-become-the-top-uk-power-source-of-2020/#gref> (accessed on 15.09.2020).

303. Klein F., Bansal M. & Wohlers J. Beyond the Noise: The Megatrends of Tomorrow's World. *Deloitte*. 2017. URL: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/nl/Documents/public-sector/deloitte-nl-ps-megatrends-2ndedition.pdf> (accessed on 19.04.2020).

304. Kolodny L. BeeHex cooks up \$1 million for 3D food printers that make pizzas. *TC*. 28.02.2017. URL: <https://techcrunch.com/2017/02/28/bee-hex-cooks-up-1-million-for-3d-food-printers-that-make-pizzas/> (accessed on 10.03.2017).

305. Lotus effect. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Lotus_effect (accessed on 25.07.2017).

306. Disruptive technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy / Manyika J., Chui M., Bughin J., Dobbs R., Bisson P., Marrs A. *McKinsey Digital*. 01.05.2013. URL: <https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-digital/our-insights/disruptive-technologies> (accessed on 20.10.2019).

307. Melnyk L. Socio-natural antientropic potential: the role of economy and innovations. *Environment, Development and Sustainability*. 30.04.2020. URL: <https://doi.org/10.1007/s10668-020-00730-0>.

308. Melnyk L., Kubatko O., Dehtyarova I., Matsenko O. & Rozhko O. The effect of industrial revolutions on the transformation of social and economic systems. *Problems and Perspectives in Management*, 17(4), 381–391. 2019. URL: [https://doi.org/10.21511/ppm.17\(4\).2019.31](https://doi.org/10.21511/ppm.17(4).2019.31).

309. Mitchell G. 20 Metatrends To Blow Your Minds – The Manufacturing Connection. *The Manufacturing Connection. All Rights Reserved*. 10.01.2020. URL: <https://themanufacturingconnection.com/2020/01/20-metatrends-to-blow-your-minds/> (accessed on 19.04.2020).

310. Mokhtar T. On the verge of a solar revolution. *Noteworthy. The Journal Blog*. 01.02.2019 URL: <https://blog.usejournal.com/on-the-verge-of-a-solar-revolution-225cd2a959b3> (accessed on 02.10.2020).

311. Murphy S. V., Atala A. 3D bioprinting of tissues and organs. *Nature Biotechnology*. 05.08.2014. № 32. P. 773–785. URL: <http://www.nature.com/nbt/journal/v32/n8/full/nbt.2958.html> (accessed on 10.03.2017).

312. Naisbitt J. Megatrends: Ten new directions transforming our lives. – New York: Warner Book, 1982. 290 p.

313. New energy outlook 2017. Annual long-term economic forecast. *Bloomberg New Energy Finance*. 2016. URL: <https://about.bnef.com/new-energy-outlook/> (accessed on 01.10.2016).

314. Nokia Communicator. *Википедия*. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Nokia_Communicator (дата обращения: 10.04.2019).

315. Norton J. METATRENDS. *Awesome Media & Entertainment Ltd*. 2012. URL: <http://www.jeffnorton.com/public/MetaTrends.html> (accessed on 19.04.2020).

316. Norway – 2018 update. Bioenergy policies and status of implementation. Country Reports. *IEA Bioenergy*. 2018. URL: https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2018/10/CountryReport2018_Norway_final.pdf (accessed on 15.09.2020).

317. O’Neill R. 3D Self-Replicating Printer to be Released Under GNU License. URL: <https://hardware.slashdot.org/story/08/04/07/210205/3d-self-replicating-printer-to-be-released-under-gnu-license> (accessed on 1.10.2017).

318. Øosterhuis F., Rubik F., Scholl G.Dordrech. Product Policy in Europe: New Environmental Perspectives. Netherlands : Kluwer Academic Publishers, 1996. 306 p.

319. Østergaard E. H. Welcome to Industry 5.0. The «human touch» revolution is now underway Magazine «Quality». 08.05.2019. URL: <https://www.qualitymag.com/articles/95450-welcome-to-industry-50> (assessed on 20.06.2020).

320. Outlook for biogas and biomethane. Prospects for organic growth. World Energy Outlook special Report. IEA. 2020. URL: <https://www.iea.org/reports/outlook-for-biogas-and-biomethane-prospects-for-organic-growth> (дата обращения: 02.10.2020).

321. Paris climate change conference. *United Nations Framework Convention on Climate Change*. November 2015. URL: http://unfccc.int/meetings/paris_nov_2015/meeting/8926.php (accessed on 20.09.2017).

322. Patel K. K., Patel S. M. Internet of things – IoT: Definition and characteristics, architecture, enabling Technologies, application and future challenges. *Research Gate. IJESC*. 2016. Issue No. 5. DOI 10.4010/2016.1482. URL: https://www.researchgate.net/publication/330425585_Internet_of_Things-IOT_Definition_Characteristics_Architecture_Enabling_Technologies_Application_Future_Challenges (accessed on 27.04.2020).

323. Patterson B. T. The enernet. Powering Buildings in the 21st Century. *Emerge Alliance*. URL: [http://www.emergealliance.org/portals/0/documents/home/The_Enernet_-_Powering_Buildings_in_the_21st_Century_-_SPI_2015\[1\].pdf](http://www.emergealliance.org/portals/0/documents/home/The_Enernet_-_Powering_Buildings_in_the_21st_Century_-_SPI_2015[1].pdf) (accessed on 20.12.2017).

324. Potrubeiko D. IT: Уйти и не вернуться. *Хабр*. 2020. URL: <https://m.habr.com/ru/post/497762/?mobile=yes> (дата обращения: 19.04.2020).

325. Prof. Schmidhuber's highlights of robot car history. URL: <http://people.idsia.ch/~juergen/robotcars.html> (accessed on 25.05.2019).

326. Rada M. Industry 5.0 definition. 21.01.2018. URL: <https://medium.com/@michael.rada/industry-5-0-definition-6a2f9922dc48> (assessed on 20.06.2020).

327. Renewables 2017 Global status report. *Renewable Energy Policy Network for the 21st century «REN 21»*. URL: <http://www.ren21.net/status-of-renewables/global-status-report/> (accessed on 15.04.2017).

328. Renewables gained ground in Brazil in 2019. *Hydro Review*. 27.07.2020. URL: <https://www.hydroreview.com/2020/07/27/renewables-gained-ground-in-brazil-in-2019/#gref> (accessed on 02.10.2020).

329. Renewables supply 51% of electricity in 2019. *The Portugal News*. 07.02.2020. URL: <https://www.theportugalnews.com/news/renewables-supply-51-of-electricity-in-2019/52939> (accessed on 15.09.2020).

330. RFID (а). *Википедия*. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/RFID> (дата обращения: 10.04.2019).

331. RFID стандарты EPC Global ISO 18000 (б). URL: http://www.keytex.ru/index.php?page=rfid_standart (дата обращения: 10.04.2019).

332. 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.

333. 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.

334. Robert Metcalfe – inventor, mathematician. *Biography*. 02.04.2014. URL: <https://www.biography.com/people/robert-metcalfe-9542201> (accessed on 15.11.2017).

335. Rossi B. What will Industry 5.0 mean for manufacturing? *Raconteur*. 07.03.2018. URL: <https://www.raconteur.net/technology/manufacturing-gets-personal-industry-5-0> (assessed on 20.06.2020).

336. Rouse M. What is Internet of Everything (IoE). *TechTarget*. URL: <https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/Internet-of-Everything-IoE> (accessed on 30.04.2020).

337. Sarah G. Renewables accounted for record 47% of UK generation in first quarter of 2020. *Edie*. 26.06.2020. URL: <https://www.edie.net/news/10/Renewables-accounted-for-record-47--of-UK-generation-in-first-quarter-of-2020/> (accessed on 20.09.2020).

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

339. 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.

340. Scotland Just Generated More Power Than It Needs From Wind Turbines Alone. *Science alert*. 12.08.2016. URL: <http://www.sciencealert.com/scotland-just-generated-more-power-than-it-needs-from-wind-turbines-alone> (accessed on 01.10.2016).

341. Shahan Z. 10 Solar Energy Facts & Charts You (& Everyone) should know. *Clean Technica*. 17.08.2016. URL: <https://cleantechnica.com/2016/08/17/10-solar-energy-facts-charts-everyone-know/> (accessed on 01.10.2016).

342. Shahan Z. Renewable Energy = 22.2% of US Electricity in 1st Half of 2020 (Charts). *CleanTechnica*. 12.09.2020. URL:

<https://cleantechnica.com/2020/09/12/renewable-energy-22-2-of-us-electricity-in-1st-half-of-2020-charts/> (accessed on 15.09.2020).

343. Skinner C. Digital Human. – Marshall Cavendish International (Asia) Pte Ltd, 2018.

344. Solar Power Costs Dropped Dramatically In 2013–2018. *CleanTechnica*. 17.09.2020. URL: <https://cleantechnica.com/2020/09/17/solar-power-costs-dropped-dramatically-in-2018/> (accessed on 25.04.2020).

345. Swiss electricity getting cleaner, says energy report. *SWI – swissinfo*. 05.04.2019. URL: https://www.swissinfo.ch/eng/renewables-drive_swiss-electricity-getting-cleaner--says-energy-report/44001606 (accessed on 15.09.2020).

346. The cost for renewables decreases to a record low-report. *Smart Energy International*. 31.05.2019 URL: <https://www.smart-energy.com/renewable-energy/renewable-power-costs-decreases-record-low-report/> (accessed on 15.09.2020).

347. The Digital Competence Framework 2.0. *EU SCIENCE HUB. The European Commission's science and knowledge service*. 09.01.2019. URL: <https://ec.europa.eu/jrc/en/digcomp/digital-competence-framework> (accessed on 18.05.2020).

348. The Economics of Digitization. / Editors: Greenstein S., Goldfarb A., Tucker C. The International Library of Critical Writings in Economics series, 2013. 672 p.

349. The history of Wifi: 1971 to today. *CableFree*. 18.05.2017. URL: <http://www.cablefree.net/wireless-technology/history-of-wifi-technology/> (accessed on: 10.04.2019).

350. The Industrial Internet of Things market poised to reach 123.89 billion USD by 2021. *I-SCOOP*. URL: <https://www.i-scoop.eu/news/industrial-internet-things-market-2021/> (assessed on 20.10.2019).

351. The world's biggest solar power plants. *PowerTechnology*. 10.01.2020 URL: <https://www.power-technology.com/features/the-worlds-biggest-solar-power-plants/> (accessed on 02.10.2020).

352. Top 10 biggest wind farms. *PowerTechnology*. 25.07.2020 URL: <https://www.power-technology.com/features/feature-biggest-wind-farms-in-the-world-texas/> (accessed on 02.10.2020).

353. Vashchenko K. TOP 5 energy storage projects of 2020. *GETMARKET*. 2020. URL: <https://getmarket.com.ua/en/news/top-5-energy-storage-projects-of-2020> (дата обращения: 02.10.2020).

354. Vollmer M. What is Industry 5.0? *Linked in*. 23.08.2018. URL: <https://www.linkedin.com/pulse/what-industry-50-dr-marcell-vollmer> (assessed on 20.10.2019).

355. Vorrath S. Milestone: Australia's main grid reaches 25 pct renewables over last year. *Clean Energy News and Analysis*. 14.09.2020. URL: <https://reneweconomy.com.au/milestone-australias-main-grid-reaches-25-pct-renewables-over-last-year-32967/> (accessed on 20.09.2020).

356. Waldholz R. Germany marks first ever quarter with more than 50 pct renewable electricity. *Clean energy wire*. 01.04.2020. URL: <https://www.cleanenergywire.org/news/germany-marks-first-ever-quarter-more-50-pct-renewable-electricity> (assessed on 25.05.2020).

357. Weaver J. F. Solar power cost down 25% in five months – «There's no reason why the cost of solar will ever increase again». *Electrek*. 26.09.2016. URL: <https://electrek.co/2016/09/26/solar-power-cost-down-25-in-five-months-theres-no-reason-why-the-cost-of-solar-will-ever-increase-again/> (accessed on 01.10.2016).

358. What is Additive Manufacturing? *Additive Manufacturing. AM Basics*. URL: <http://additivemanufacturing.com/basics/> (accessed on 01.12.2016).

359. Will solar panels get cheaper? (updated for 2020). *Solar Industry*. 10.01.2020 URL: <https://www.thesolarnerd.com/blog/will-solar-get-cheaper/> (accessed on 01.10.2020).

360. World leaders adopt Sustainable Development Goals. *United Nations Development Programme*. 25.09.2015. URL: <http://www.undp.org/content/undp/en/home/news-centre/news/2015/09/24/undp-welcomes-adoption-of-sustainable-development-goals-by-world-leaders.html> (accessed on 01.10.2016).

361. Zennaro M. Introduction to the Internet of things. *NBTC-ITU Training on «Building IoT solutions for e-applications»*. 27.11.2017. URL: https://www.itu.int/en/ITU-D/Regional-Presence/AsiaPacific/SiteAssets/Pages/Events/2017/Nov_IOT/NBTC%E2%80%93ITU-IoT/Session%201%20IntroIoTMZ-new%20template.pdf (accessed on 25.04.2020).

362. 3D printing. *Wikipedia*. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/3D_printing (accessed on 10.03.2017).

363. 9 quotes that sum up the Fourth Industrial Revolution. *World Economic Forum*. 09.01.2016. URL: <http://www.weforum.org/agenda/2016/01/9-quotes-that-sum-up-the-fourth-industrial-revolution> (accessed on 01.10.2016).

Анотація

У монографії ми розкриваємо зміст таких категорій, як тренд і тенденція стосовно розвитку соціально-економічних систем. Досліджуємо вплив проривних технологій на виникнення сучасних соціально-економічних трендів (SET). Характеризуємо особливості реалізації SET у напрямках: формування сучасної технологічної основи; розвитку матеріалознавства; інформатизації, цифровізації і сестейнізації господарських систем; побудова «зелених» економіки та енергетики; створення Інтернету речей. Розкриваємо зміст сучасного фазового переходу цивілізації до нової соціально-економічної формації та особливості трьох промислових революцій, у ході яких цей фазовий перехід відбувається. Характеризуємо цілі, завдання і базовий інструментарій промислової революції. Зокрема Третя промислова революція спрямована на подолання глобальної екологічної кризи. Її ключовими інструментами є відновлювана енергетика та адитивні технології (3D-принтинг). Четверта промислова революція розв'язує проблему керованості виробничих систем в умовах колосального підвищення їхньої складності. Інструментарієм тут є формування Інтернету речей, оснований на кіберфізичних системах і здатного функціонувати без прямої участі людини. П'ята промислова революція займається пошуком шляхів синергетичного єднання людини із кіберфізичними системами і забезпечення можливості особистісного розвитку людини. Подано досвід країн ЄС та практику України з реалізації SET в умовах промислових революцій 4.0 та 5.0.

Призначена для наукових працівників, фахівців підприємств, спеціалістів місцевих органів адміністрації, викладачів і студентів навчальних закладів.

Summary

The monograph reveals the content of such categories as the trend and tendency concerning socio-economic systems development. It studies the influence of disruptive technologies on the emergence of modern socio-economic trends (SET). The monograph characterizes features of realization of SET in the directions of forming a modern technological basis; development of materials science; informatization, digitalization and sustainable development of economic systems; building a “green” economy and energy; creating the Internet of Things. It reveals the content of the current phase transition of civilization to a new socio-economic formation and the features of the three industrial revolutions during which this phase transition occurs. It characterizes the goals, tasks, and necessary tools of the industrial revolution. In particular, the Third Industrial Revolution aims to overcome the global environmental crisis. Its essential tools are renewable energy and additive technologies (3D printing). The Fourth Industrial Revolution solves the problem of controllability of production systems in the conditions of colossal increase in their complexity. The toolkit here is the formation of the Internet of Things, based on cyber-physical systems and able to function without man’s direct participation. The Fifth Industrial Revolution looks for ways to synergetic connection of a man with cyber-physical systems and provides personal development opportunities. The monograph presents the experience of the EU countries and the practice of Ukraine in the implementation of SET in the conditions of industrial revolutions 4.0 and 5.0.

Designed for researchers, business professionals, local government professionals, teachers, and students.

Наукове видання

Мельник Леонід Григорович

**Сучасні
соціально-економічні тренди:
досвід ЄС та практика України
у світлі промислових революцій**

Монографія

Художнє оформлення обкладинки Ю. М. Завдов'євої

Редактор І. О. Кругляк

Комп'ютерний набір О. І. Маценка та Ю. М. Завдов'євої

Комп'ютерне верстання та технічне редагування Ю. М. Завдов'євої

Формат 60×84/16. Ум. друк. арк. 19,76. Обл.-вид. арк. 18,67. Тираж 300 пр. Зам. №

Видавець і виготовлювач

Сумський державний університет,

вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, 40007

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3062 від 17.12.2007.