

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет

Проривні технології в економіці і бізнесі

(досвід ЄС та практика України
у світлі III, IV і V промислових революцій)

Навчальний посібник

За редакцією Л. Г. Мельника та Б. Л. Ковальова

Рекомендовано вченою радою Сумського державного університету



Суми
Сумський державний університет
2020

Ministry of Education and Science of Ukraine
Sumy State University

Disruptive technologies in economy and business

**(EU experience and practice of the Ukraine
in the light of the Industries 3.0, 4.0 and 5.0)**

Study guide

Edited by L. H. Melnyk and B. L. Kovalov

Recommended by the Academic Council of Sumy State University

Sumy
Sumy State University
2020

УДК 330.342ЄС(477)(075.8)

П 81

Рецензенти:

Л. І. Михайлова – доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри менеджменту ЗЕД та євроінтеграції Сумського національного аграрного університету;

Н. Ф. Чечетова – доктор економічних наук, професор, професор кафедри підприємництва та бізнес-адміністрування Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова;

Т. І. Лепейко – доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри менеджменту та бізнесу Харківського національного економічного університету імені Семена Кузнеця

*Рекомендовано до видання
вченою радою Сумського державного університету
як навчальний посібник
(протокол № 5 від 12 грудня 2019 року)*

Проривні технології в економіці і бізнесі (досвід ЄС та практика П 81 України у світлі III, IV і V промислових революцій) : навчальний посібник / за ред. Л. Г. Мельника та Б. Л. Ковальова. – Суми : Сумський державний університет, 2020. – 180 с.

ISBN 978-966-657-792-7

Розкривається зміст проривних технологій як явища, що відкриває новий цикл розвитку продуктивних сил та істотно впливає на різні сторони життя суспільства. Показуються базові проривні технології, що визначили зміну соціально-економічних формацій у процесі розвитку людської цивілізації: від первісного й аграрного суспільств до індустріальної та постіндустріальної формацій.

Описуються базові проривні технології сучасного етапу розвитку суспільства: штучний інтелект, Інтернет речей, адитивні технології з використанням 3D-принтера, віртуальна і доповнена реальність, нові матеріали, «хмарні» технології та ін. Аналізуються можливі позитивні й негативні ефекти впровадження згаданих проривних технологій.

Для викладачів і студентів закладів вищої освіти. Може бути корисним для фахівців підприємств та органів виконавчої влади.

УДК 330.342ЄС(477)(075.8)

© Колектив авторів, 2020

ISBN 978-966-657-792-7

© Сумський державний університет, 2020

ЗМІСТ

С.

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1 ПРОРИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК ОСНОВА СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОГО ПРОГРЕСУ.....	8
1.1 Визначення проривних технологій	8
1.2 Економічна сутність проривних технологій	10
1.3 Зміст провідних проривних технологій сьогодення.....	12
1.4 Позитивні ефекти проривних технологій	18
1.5 Негативні ефекти проривних технологій	23
РОЗДІЛ 2 ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ ЯК ПРОВІДНИЙ ТРЕНД INDUSTRY 4.0	29
2.1 Поняття про Інтернет речей	29
2.2 Склад і функції IoT	31
2.3 Індустріальний Інтернет речей (IIoT)	34
2.4 Базові проривні технології як основа формування Інтернету речей	40
2.5 Основні етапи технологічного циклу.....	45
РОЗДІЛ 3 ПРОРИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК ОСНОВА ФОРМУВАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ.....	58
3.1 Проривні технології як основа сестейнової трансформації енергетики країн ЄС	58
3.2 Базові проривні технології розвитку «зеленої» енергетики	62
3.3 Проривні технології сучасного розвитку альтернативної енергетики.....	65
3.4 Розвиток української альтернативної енергетики на основі проривних технологій.....	75
3.5 Проривні технології як основа інновацій в альтернативній енергетиці.....	80
3.6 Проривні технології в процесах розвитку акумулювання енергії	89
3.7 Проривні технології при формуванні інфраструктури та мереж «зеленої» енергетики.....	91
РОЗДІЛ 4 ПРОРИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ФОРМУВАННІ МЕТОДІВ ВИРОБНИЦТВА ТА НОВИХ МАТЕРІАЛІВ	104
4.1 Проривні технології як основа формування адитивних методів виробництва.....	104
4.2 Проривні технології як основа формування самовідтворювальних виробничих систем.....	111
4.3 Проривні технології як основа створення нових матеріалів	114
4.4 Проривні технології як основа конвергенції та мініатюризації...	125
4.5 Проривні технології як основа дематеріалізації виробництва	127

Проривні технології в економіці і бізнесі

4.6 Інноваційний вектор проривних технологій	129
РОЗДІЛ 5 ФАЗОВИЙ ПЕРЕХІД ДО НОВОЇ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОЇ ФОРМАЦІЇ ЯК МАГІСТРАЛЬНИЙ ТРЕНД ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ	137
5.1 Фазові переходи як складова розвитку соціально- економічних систем	137
5.2 Триалектична основа реалізації трансформацій соціально- економічних систем	139
5.3 Фактор подолання фазового бар'єра як передумова соціально-економічного розвитку	141
5.4 Передумови сучасного фазового переходу до нової соціально-економічної формації.....	142
5.5 Особливості сучасного етапу розвитку соціально- економічних систем	143
5.6 Роль проривних технологій у формуванні трендів соціально- економічного розвитку	146
5.7 Економічний вимір трансформаційних процесів	151
5.8 Еволюція сутності людини на різних етапах розвитку соціально-економічних систем	154
ВИСНОВКИ	162
ДОДАТКИ.....	164
Додаток А.....	165
Додаток Б	170

ВСТУП

Сьогодні людство переживає комплекс системних інноваційних трансформацій, які наочно свідчать про фазовий перехід до нової соціально-економічної формації. Рушійною силою змін, що відбуваються, є так звані проривні технології. Саме вони докорінно перетворюють виробничий базис людства, а водночас радикально впливають на стиль життя і діяльність людей. Економічні чинники відіграють велику роль у формуванні передумов для виникнення й реалізації проривних технологій.

Проривні технології в значній кількості «народжуються» в процесі промислових революцій. Водночас вони самі зумовлюють появу нових проривних технологій і інновацій в різних секторах виробничої діяльності і суспільного життя.

Публікації вчених переконують, що сьогодні людству доводиться жити одночасно в умови трьох промислових революцій. Зокрема, Дж. Ріфкін і Р. Перелет (Рифкін, 2016; Перелет, 2019) малюють картину Третьої промислової революції, що забезпечує формування «зеленої» економіки і гармонізує індустріальний метаболізм із метаболізмом біосфери. К. Шваб і Н. Давіс (Schwab, 2019; Schwab et al., 2018) обґрунтовують необхідність реалізації Четвертої промислової революції, що закладає основи кіберфізичних систем, здатних автономно від людини виконувати виробничі функції. У працях М. Рада і М. Вольмера (Rada, 2018; Vollmer, 2018) окреслені контури П'ятої промислової революції, спрямованої на досягнення гармонії людини і технічних систем.

Серед ключових проривних технологій сучасності, на які спирається реалізація згаданих промислових революцій необхідно виділити: технології альтернативної енергетики; адитивні технології з застосуванням 3D-принтерів; технології, що забезпечують функціонування Інтернету (зокрема, Wi-Fi); штучний інтелект; Інтернет речей; GPS; віртуальну і доповнену реальність; технології отримання нових матеріалів; «хмарні» технології та ін.

Проривні технології є ключовими вузлами соціально-економічного розвитку взагалі та реалізації промислових революцій зокрема. У ряді публікацій (Christensen, 2016; Немного, 2015) відзначається провідна роль економічних чинників у реалізації проривних технологій.

По-перше, проривні технології цілком відповідно до своєї назви є певним «тараном» для «прориву» на більш високий інформаційний рівень функціонування економічних систем. Вони відкривають новий цикл бізнесу на більш ефективній основі. У цьому полягає істотна різниця проривних технологій та інших технологічних інновацій, які вдосконалюють умови виробництва вже існуючих виробничих циклів.

По-друге, проривні технології впливають, з одного боку, на витрати виробництва, а з іншого – на характеристики корисності товарів, які вони

Проривні технології в економіці і бізнесі

породжують до життя. Це, за влучним виразом К. Кристенсена, «змінює алгоритм отримання вигід і ціноутворення» (Christensen, 2016).

По-третє, поява проривних технологій означає не лише появу нових бізнес-циклів, а й припинення вже існуючих. Не випадково в економічній літературі проривні технології нерідко називають «кілерами» існуючих виробництв. Так, поява цифрової технології фото і кіноіндустрії знищила промислові гіганти (зокрема, «Кодак», «Фудзі»), які століття до того займалися виробництвом фотоматеріалів і організацією відповідного сервісу.

По-четверте, впровадження проривних технологій завжди пов'язане з певним ризиком економічних суб'єктів, які наважилися на таку складну справу. Це вимагає не лише значних інвестицій у започаткування відповідного стартапу, а й потребує гнучкості, управлінських навичок, реакції і наполегливості, щоб знайти своє місце на ринку.

Водночас необхідно зазначити суперечливість процесів реалізації проривних технологій. Нарівні з позитивними ефектами вони зазнають також і ризиків негативних наслідків.

У цьому навчальному посібнику проаналізовано зміст і форми проривних технологій. Без цього неможливо глибоко розуміти та аналізувати характер процесів, що відбуваються під час трансформації економічних систем.

Автори сподіваються, що навчальний посібник буде цікавим і корисним викладачам та студентам закладів вищої освіти, а також підприємцям і фахівцям виробничих підприємств.

Список літератури

1. Christensen C. M. The Innovators Dilemma. When New Technologies Cause Great Firms to Fail. *Harvard Business Review Press*. 2016. 288 p.
2. Rada M. Industry 5.0 definition. *Medium*. 21.01.2018. URL: <https://medium.com/@michael.rada/industry-5-0-definition-6a2f9922dc48> (assessed on: 20.10.2019).
3. Schwab K. The Fourth Industrial Revolution. *World Economic Forum*. URL: <https://www.weforum.org/about/the-fourth-industrial-revolution-by-klaus-schwab> (accessed on: 20.10.2019).
4. Schwab K., Davis N. Shaping the Fourth Industrial Revolution. Cologny, Switzerland: *World Economic Forum, Committed to Improving the State of the World*. 2018.
5. Vollmer M. What is Industry 5.0? – *LinkedIn*, 23.08.2018. URL: <https://www.linkedin.com/pulse/what-industry-5-0-dr-marcell-vollmer> (assessed on: 20.10.2019).
6. Перелет Р. А. «Зелёная» экономика в ЕС : Политика и практика. *MyShared*. URL: <http://www.myshared.ru/slide/936653/> (дата обращения: 20.12.2019).
7. Рифкин Дж. Третья промышленная революция : как горизонтальные взаимодействия меняют энергетику, экономику и мир в целом / пер. с англ. 3-е изд. Москва : Альпина нонфикшн, 2016. 410 с.
8. 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).

Авторський колектив:

д-р екон. наук, проф. Л. Г. Мельник (редактор) – вступ, 1–5, висновки; канд. екон. наук, доц. Б. Л. Ковальов (редактор) – вступ, 1.4, 1.5, 2.4, висновки; асист. Ю. М. Завдов'єва (технічний редактор) – 2.3, 3.4, 4.1; асист. Т. В. Бабій – 1.4; канд. екон. наук, доц. І. М. Бурлакова – 1.4; д-р екон. наук, проф. Т. А. Васильєва – 1.2, 5.7; канд. екон. наук, асист. В. І. Вороненко – 2.2, 2.3; канд. екон. наук, канд. техн. наук, доц. Галкін А. С. – 2.2; старш. викл. О. С. Гончаренко – 4.5, 4.6; мол. наук. співроб. Т. В. Горобченко – 2.2, 2.3; канд. екон. наук, асист. Гриценко П. В. – 4.1; канд. екон. наук, доц. І. Б. Дегтярьова – 1; асист. П. А. Денисенко – 4.6, 5.8; канд. екон. наук, доц. Ю. М. Дерев'яно – 4.1, 4.4; д-р екон. наук, доц. О. М. Дериколєнко – 3.5, 4.1, 4.5; д-р екон. наук, проф. О. В. Димченко – 1.2, 5.7; д-р екон. наук, проф. І. А. Дмитрієв – 3.4, 5.7; канд. екон. наук, доц. А. В. Євдокимов – 3.6, 4.3; асп. А. С. Ігнатченко – 2.5; асп. В. М. Ігнатченко – 2.4; канд. екон. наук, доц. О. І. Іваненко – 2.5, 3.5; д-р екон. наук, доц. О. І. Карінцева – 1.4, 5.7; канд. екон. наук, старш. викл. Коваленко Є. В. – 3.5, 3.6; асп. Я. С. Ковальов – 3.5, 4.6; д-р екон. наук, проф. О. Вас. Кубатко – 1; канд. екон. наук, доц. О. Вікт. Кубатко – 1.3, 1.5; студ. П. В. Кучеренко – 2.4; канд. техн. наук, доц. І. Л. Лебединський – 3.2, 3.4; канд. екон. наук, доц. О. А. Лукаш – 3.5; асп. Л. Ю. Люльова – 2.5; канд. екон. наук, доц. О. М. Маценко – 1.4; мол. наук. співроб. О. І. Маценко – 2.3, 2.4; д-р екон. наук, проф. Л. Є. Момотюк – 5.1, 5.7; д-р наук з держупр., проф., чл.-кор. НАНУ О. Г. Осауленко – 3.4, 4.5, 5.4; асп. А. А. Панченко – 2.5; д-р екон. наук, проф. П. Г. Перерва – 1.2, 3.5; асп. Є. А. Переход – 2.5; студ. В. С. Півень – 2.4; студ. В. С. Попов – 2.5; канд. фіз.-мат. наук, доц. А. І. Рубан – 4.3, 4.4; канд. екон. наук, доц. В. В. Сабадаш – 3.4–3.5; канд. екон. наук, доц. Ю. А. Сагайдак – 1.2, 2.5; студ. Є. О. Скрипка – 2.5; канд. екон. наук, доц. Л. В. Старченко – 3.2, 4.1; д-р екон. наук, проф. І. М. Сотник – 3.3, 3.7; асп. І. В. Торба – 2.2, 2.5; д-р арх., доц. І. І. Устинова – 5.4, 5.8; асп. С. М. Федина – 2.2; канд. екон. наук, доц. М. О. Харченко – 4.5, 4.6; асп. Ю. А. Химченко – 2.2; асист. О. М. Часник – 2.4; канд. екон. наук, доц. Ю. В. Чортот – 1.5, 2.5; канд. екон. наук, доц. О. М. Шершенюк – 3.3, 4.6; д-р екон. наук, доц. О. В. Шкарупа – 1.5, 3.1.

РОЗДІЛ 1¹

ПРОРИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК ОСНОВА СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОГО ПРОГРЕСУ

1.1 Визначення проривних технологій

У найширшому сенсі під **проривною технологією** (англ. Disruptive technology) розуміють технологічну інновацію, що відкриває новий технологічний цикл розвитку виробничих систем. Прикладами «проривних технологій» є винахід автомобіля на основі двигуна внутрішнього згорання (замінив гужовий транспорт), упровадження 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 їх основі змінюються знаряддя праці, дизайн виробленої продукції, комунікації, знання і навички працівників (детальніше – в Мельник, 2018).

Так, перехід до машинного виробництва, електрифікації виробничих систем та побуту людей, упровадження потокових ліній, комп'ютеризація суспільства та інші інновації докорінно змінили умови життя та діяльність людей. Початком усіх базових інновацій були проривні технології.

Вихідні інновації й 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 послідовності екосистем: окремих листків, гілок, цілих рослин, лісів, континентальних екосистем, біосфери планети.

Подібним чином «струмочки» менш масштабних проривних технологій, зливаючись, утворюють інноваційні «річечки» і «ріки», які готують ґрунт для більш значних змін. На самій вершині цієї інноваційної піраміди перебувають епохальні інноваційні прориви, що докорінно змінюють характер метаболізму між людиною й природою. Зокрема, до створення такої епохальної проривної технології, як Інтернет речей, привели цикли відкриттів і винаходів у рамках формування інших базових проривних технологій, що буде детально розглянуто в наступному розділі. Тут ми лише перелічимо найважливіші комплектувальні компоненти: *персональний комп'ютер, мобільний телефон, Інтернет, Wi-Fi, відновлювана енергія, 3D-принтер, цифрові технології, штучний інтелект, REID-мітки, GPS, «Хмара»*.

¹Розділ містить результати досліджень, проведених в рамках виконання держбюджетної науково-дослідної роботи № д/р 0118U003578 «Розроблення фундаментальних основ відтворювального механізму соціально-економічного розвитку в ході Третьої промислової революції».

Без завершення циклів будь-якої забезпечувальної проривної технології повною мірою реалізація проєкту *Інтернету речей* була б неможливою. Причому тут показані 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, що створює умови для реалізації GPS; і багато іншого.

Ми не випадково використовуємо щодо наведених компонентів проривних технологій саме термін «цикли». Справа у тому, що кожний із періодів реалізації цих технологій також є своєрідною ієрархічною структурою, розгортаючись у часі інноваційних подій. Останні також 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 різний час у 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 почати зі створення лічильної дошки (абака) в V столітті до н. е. Назвемо лише найбільш значущі, з нашої точки зору: 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 знизили розміри ЕОМ (1958–1959); реалізація першої мови програмування високого рівня – Фортран (1957); перші комп'ютери з клавіатурою, монітором та мишкою (1960–1963); винахід накопичувача на магнітному диску (1971); перший мікропроцесор (1971).

Подібні ланцюжки подій можна було б уявити за іншими згаданими циклами проривних технологій.

Створені на їх основі інновації й стали своєрідними «комплектувальними» для збірки Інтернету речей. Створення кожного з цих явищ саме по собі було знаковою подією в історії розвитку людської цивілізації. Ми назвали результати цих інновацій саме явищами внаслідок їх масштабності та багатогранності. Зокрема, за термінами «мобільний телефон» або «3D-принтер» – різноманітність предметів і технологій, що постійно змінюються в просторі та часі.

Поява Інтернету речей не могла відбутися раніше, ніж виробництво і використання кожного зі згаданих явищ (від персонального комп'ютера до

Проривні технології в економіці і бізнесі

«хмарних» технологій), що досягло промислової зрілості. Останнє передбачає, як мінімум, дві обставини: по-перше, досягнення їх 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 наступному розділі.

1.2 Економічна сутність проривних технологій

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

Вплив економічних чинників на просування проривних технологій обумовлений двома основними обставинами. По-перше, проривна технологія не лише є поштовхом для інноваційного розвитку технічних систем, а й відкриває новий цикл бізнесу. Проривні технології спрямовані не на вдосконалення існуючих виробництв і товарів, що ними виготовляються, а на кардинальну зміну технічної основи й 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 в повному обсязі реалізована, поки не знайде свого споживача на ринку. Саме ринковий успіх забезпечується грошовими надходженнями, необхідними для розвитку і просування нової продукції до масового покупця.

У 1997 році Клейтон Кристенсен (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 зводиться до такого. Перед успішною компанією рано чи пізно постає дилема: або продовжувати розвивати свій успіх, упроваджуючи технології щодо вдосконалення вже прибуткового виробництва і відповідно закріплюючи свій успіх на ринку (такі технології можуть бути названі стійкими), або застосовувати проривні технології, що означають створення принципово нового товару.

Для успішного великого підприємства (великого – насамперед за його часткою на ринку) рішення про упровадження проривної технології є досить болючим і ризикованим. Адже таке рішення, по суті справи, 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, що вже існують на ринку (Немного, 2015).

Розділ 1. Проривні технології як основа соціально-економічного прогресу

Так, поява персональних комп'ютерів (ПК) «вбила» на ринку значну кількість виробників універсальних обчислювальних машин. Ринок ПК значною мірою постраждав від виробників ноутбуків (лептопів), а ті також змушені були потіснитися під натиском виробників планшетів та смартфонів.

Чим успішніше позиції підприємства на ринку, тим із меншою охотою, воно відмовляється від чинних технологій. Успіхи підприємства перетворюються на своєрідне «гальмо» щодо нових проривних технологій. Добра здобувши, кращого не шукають. А спрогнозувати наступ віддалених у майбутнє несприятливих наслідків від упровадження технологій нового покоління не всім під силу. Такий прогноз найчастіше і є вирішальним фактором під час ухвалення ризикованих рішень на користь реалізації проривних технологій.

Таким чином, з економічної точки зору будь-яка disruptive technology має два начала: творче (адже відкриває новий технологічний цикл) і руйнівне (адже підриває основи уже існуючого виробництва). Тому цілком і закономірно використання двох термінів, що виникли як результат перекладу українською чи російською мовою базового поняття disruptive technology. Нарівні з уже згаданим словосполученням «проривні технології» можна натрапити й на термін «підривні технології». Останнє, як ми переконалися, також цілком об'єктивно має право на існування.

Якщо ж інноватором, який упроваджує нову технологію, є підприємство-новачок, то воно навряд чи відчуває подібні проблеми з ухваленням відповідного рішення. Такому підприємству не доводиться втрачати свій сегмент ринку, забезпечений успішною технологією. Це, правда, не знижує інших форм ризику, пов'язаних із реалізацією стартапів. Такі зухвалі й «легкі на підйом» підприємства-початківці зазвичай і стають «могильниками» старожилів ринку. Звісно, це відбувається лише в тому разі, якщо їм вдається пройти зі своїми проривними технологіями через «сито» ринкового відбору. Завдяки подібному здоровому авантюризму новачкам і вдається випереджати зазвичай на пару років у справі освоєння продукції наступного покоління компанії з міцними позиціями.

Вищезазначене дозволяє зрозуміти глибину ще одного визначення проривної технології, сформульованого К. Кристенсенем. «До категорії проривних відносять технології, що радикально змінюють алгоритм одержання вигід і ціноутворення» (Christensen, 2016).

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

Проривні технології в економіці і бізнесі

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

1.3 Зміст провідних проривних технологій сьогодення

Третя і Четверта промислові революції привели до нових проривних технологій, які виводять людство на рубіж безпрецедентних змін. Якщо коротко, то підсумком Четвертої промислової революції (Industry 4.0) повинна стати формування суспільства, побудованого на роботі кіберфізичних систем. На «плечі» останніх будуть покладені основні виробничі функції. Причому машини зможуть виконувати їх без безпосередньої участі самої людини. Подібні перспективи сьогодні вже чітко проглядаються в траєкторії розвитку такого ключового явища Industry 4.0, як Інтернет речей.

Найважливішим завданням, що повинно вирішити людство у найближчому майбутньому, є гармонізація індустріального і біосферного метаболізму. Кроки до цього робляться ще в рамках Третьої промислової революції за двома ключовими напрямками. Перший із яких – 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 це дозволяє якісно (в рази) підвищувати ефективність функціонування господарських систем.

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

Колосальний спектр можливостей очікує саму людину. Крайні траєкторії водночас представлені двома полярними трендами. Перший передбачає соціальний прогрес емансипованої від рутинних виробничих операцій людини через її особистісний розвиток. Другий допускає перетворення кібернетизованої людини на живу істоту, життя і діяльність якої будуть жорстко контролюватися системою глобального метарозуму. В останній може розвинутиися реальність всепланетної пам'яті, що зароджується сьогодні на основі «хмари».

Усі досягнуті й 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

Розділ 1. Проривні технології як основа соціально-економічного прогресу

робити висновок за змістом ключових напрямків ініційованої ЄС програми наукового співробітництва країн континенту «Горизонт 2020». Зокрема, одне з провідних місць тут належить дослідженню наслідків ключових інновацій та проривних технологій сучасності, зокрема, таких: Інтернет речей, штучний інтелект, технології альтернативної енергетики, технології адитивних методів виробництва із використанням 3D-принтерів, технології одержання нових матеріалів, блокчейн, великі бази аналітичних даних (analytics), віртуальна і доповнена реальність, моделювання (simulations) та гейміфікація (gamification) реальності, алгоритмічні методи (algorithmic techniques) тощо. Коротка характеристика сучасних проривних технологій представлена в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Характеристика сучасних провідних проривних технологій

Назва технології	Характеристика
1	2
Отримання енергії з альтернативних джерел	Джерела енергії, основані на вилученні енергії із процесів, які постійно відновлюються в природному середовищі. До основних належать: сонячне світло, вітер, водні течії, припливи/відпливи, морські хвилі, геотермальна енергія, енергія з різниці потенціалів (температур, тисків, хімічних характеристик, енергія з різних видів рухів, електромагнітна енергія Землі, енергія з біогазу, енергія з біопалива (деревини, рослинної олії, етанолу).
Методи ефективного зберігання енергії	Процес, в ході якого енергія, що отримується із зовнішніх джерел (сонячних, теплових, вітряних, геотермальних та ін.), фіксується і зберігається в ефективних автономних пристроях. Наразі можна виділити п'ять основних напрямків, які так чи інакше обіцяють стати перспективними для їх комерційного розвитку: <ul style="list-style-type: none">• <i>гідроакумулявання</i> (пов'язано з природним і штучним підйомом рівня води в періоди надлишку виробництва енергії та утилізацією накопиченої енергії в пікові періоди);• <i>електроакумулявання</i>;• <i>водневі технології</i>;• <i>теплове акумулявання</i>;• <i>хімічне акумулявання</i> (пов'язане з цілеспрямованою зміною властивостей речовин за рахунок надлишку енергії або накопиченням органічних речовин із подальшим отриманням біогазу або електрики).
Інтернет речей (від англ. <i>Internet of Things, IoT</i>)	Концепція мережі, що складається із взаємопов'язаних фізичних пристроїв (оснащених датчиками, програмним забезпеченням та виконавчим інструментарієм), здатних до комунікації з іншими пристроями та виконання різних корисних для людини функцій

Проривні технології в економіці і бізнесі

Продовження таблиці 1.1

1	2
Штучний інтелект (ШІ) (англ. Artificial intelligence – AI)	<p>1) Властивість створених людиною технічних засобів (комп'ютерних пристроїв і програмного забезпечення) виконувати творчі функції, схожі на ті, які виконує людина.</p> <p>2) Широка область досліджень, що включає різні теорії, методи, технології і практики, а також певні базові поняття, а саме: машинне навчання, нейронна мережа, глибинне навчання, когнітивні обчислення, комп'ютерний зір.</p>
<p>Аддитивні технології (від англ. Additive technologies – AT);</p> <p>Терміни аналоги: адитивне виробництво (additive manufacturing – AM); фабер технології (fabber technologies – FT); 3D-друк (3D-printing); пряме цифрове виробництво (direct digital manufacturing)</p>	<p>Група технологічних методів виготовлення виробів, побудована на поетапному формуванні виробів шляхом додавання матеріалу на основу (платформу або заготовку) за тривимірною комп'ютерною моделлю.</p> <p>Використовуються методи: селективного лазерного плавлення, лазерної стереолітографії, селективного лазерного спікання, електронно-променевої плавки, моделювання методів багатострумнинного моделювання, використання ефектів ламінування, комп'ютерної осьової літографії.</p> <p>Сфери застосування – практично всі сектори економіки.</p>
Радіочастотна ідентифікація (англ. Radio Frequency Identification – RFID)	<p>Спосіб автоматичної ідентифікації об'єктів, в якому за допомогою радіосигналів зчитуються або записуються дані, що зберігаються в так званих <i>транспондерах</i>, або RFID-мітках. Базовими елементами RFID системи є: зчитувач, антена і сама мітка. RFID є сучасною технологією автоматичної ідентифікації предметів, яка дозволяє автоматизувати процес збору і обробки інформації безконтактним способом.</p> <p>Сфера застосування – повсюдно.</p>
Віртуальна реальність – VR (англ. Virtual reality, VR, штучна реальність)	<p>1) Створений технічними засобами світ, що передається людині через її відчуття: зір, слух, дотик та ін. VR імітує як вплив, так і реакцію на нього. Поведінка предметів VR зазвичай наближена до поведінки предметів матеріальної реальності і узгоджується з реальними законами фізики (гравітація, властивості рідин або газів, зіткнення з предметами, віддзеркалення тощо). А динаміка руху предметів виконується в реальному часі.</p> <p>2) Ілюзія дійсності, створена за допомогою комп'ютерних систем, які забезпечують зорові, звукові та інші відчуття.</p> <p>Виділяють такі властивості VR:</p> <p><i>породженість</i> – VR створюється активністю іншої реальності, зовнішньої щодо неї;</p> <p><i>актуальність</i> – VR існує тільки «тут і тепер», поки діє реальність, що її створює;</p> <p><i>автономність</i> – має свої власні простір, час і закони існування;</p> <p><i>інтерактивність</i> – може взаємодіяти з іншими реальностями, зокрема, і з тією, що її створює.</p>

Розділ 1. Проривні технології як основа соціально-економічного прогресу

Продовження таблиці 1.1

1	2
	<p>Існують такі <i>інструменти</i> створення VR: окуляри й шоломи; спеціальні кімнати; рукавиці, що передають положення рук та пальців; контролери зі зворотнім зв'язком (що дозволяють стимулювати маніпуляції з віртуальними предметами). Сфери використання VR включають: навчання, науку, дизайн (побудова і редагування тривимірних моделей механізмів, споруд тощо), розваги, військову справу</p>
<p>Доповнена реальність – ДР (англ. Augmental reality, AR)</p>	<p>1) Результат введення в поле сприйняття будь-яких сенсорних даних з метою доповнення картини про оточуюче середовище і поліпшення інформації. 2) Система, яка має певні властивості: а) поєднує віртуальне і реальне; б) взаємодіє в реальному часі; в) працює в тривимірному просторі. 3) Термін, що позначає всі проекти, спрямовані на доповнення реальної дійсності будь-якими віртуальними елементами; ДР – складова змішаної реальності (англ. Maxed reality), коли реальні об'єкти інтегруються у віртуальне середовище. <i>Методи реалізації:</i> 1) <i>прив'язка до маркера</i> (зображення, логотипу, звуку); 2) <i>прив'язка до площини</i> (напр., до певної точки чи лінії); 3) <i>прив'язка до геолокації</i>; 4) <i>портали</i>; 5) <i>взаємодія з фізичними об'єктами</i>; 6) <i>інтеграція реалістичних персонажів</i>; 7) <i>розширений функціонал</i>; 8) <i>мультиплеєр</i>; 9) <i>Web AR</i>. Сфери застосування: освіта, медицина, служба безпеки, експлуатація транспорту, будівництво, поліграфія, диспетчерські служби, авіація, ремонтні роботи, розваги, військова справа, управління транспортом.</p>
<p>GPS (англ. Global Positioning System – система глобального позиціонування)</p>	<p>Супутникова система навігації, що забезпечує визначення відстані, часу, швидкості місцеположення об'єкта в всесвітній системі координат WGS 84. Система розроблена, реалізована і експлуатується Міністерством оборони США. При цьому наразі вона доступна для використання і в цивільних цілях у будь-якій країні світу.</p>
<p>Технологія розподіленого реєстрування (англ. Distributed Ledger Technology)</p>	<p>Технологія зберігання даних, що розподіляє інформацію між багатьма вузлами зв'язку або обчислювальними пристроями. Вона має кілька ключових особливостей: 1) відсутність центрального адміністратора; 2) спільне використання з узгодженням за визначеним алгоритмом; 3) децентралізований географічний розподіл копій бази даних між усіма вузлами зв'язку. Кожен вузол може вносити зміни в реєстр незалежно від інших. Потім всі разом голосують за ухвалення змін; при досягненні консенсусу реєстр доповнюється новими даними. Кожен учасник мережі має власну ідентичну копію реєстру, а самі зміни добавляються протягом кількох хвилин.</p>

1	2
<p>Блокчейн (англ. <i>Blockchain</i>)</p>	<p>Розподілений реєстр може застосовуватися не лише в блокчейні криптовалют, а й в інших сферах діяльності. В нього можуть вноситися будь-які дані: фінансові, юридичні, статистичні, електронні та інші.</p> <p>Вибудований за певними правилами безперервний послідовний ланцюжок блоків, що містять інформацію. Зв'язок між блоками забезпечується не тільки взаємним порядком блоків, а й тим, що кожний блок містить свою власну хеш-суму й хеш-суму попереднього блоку. Для зміни інформації в блоці необхідно редагувати і всі наступні блоки. Як правило, копії ланцюжків блоків зберігаються на багатьох різних комп'ютерах незалежно один від одного. Це створює великі перешкоди для внесення змін в інформацію, вже включену в блоки.</p> <p>Вперше блокчейн було реалізовано в системі «Біткоїн» відносно до ланцюжка транзакцій. Втім технологія ланцюжків може поширюватися на будь-які взаємозв'язані інформаційні блоки. Наразі, блокчейн застосовується в таких сферах: фінансові операції, ідентифікація користувачів, технологіях кібербезпеки.</p>
<p>Великі дані – ВД (англ. <i>Big Data</i>)</p>	<p>Набори інформації (як структурованої, так і неструктурованої) настільки великих розмірів, що традиційні способи та підходи (в основному ті, що базуються на методах <i>бізнесової аналітики</i> та <i>системах управління базами даних</i>) не можуть бути застосовані до них. В протипагу цьому почали використовуватися інструменти <i>горизонтально масштабованого програмування</i>, які з'явилися на кінці 2000-х років. В сукупність методичних підходів та інструментів включаються засоби масово-паралельного оброблення невизначено структурованих даних.</p> <p>Необхідно зазначити, що термін «великі» стосовно даних обумовлений не тільки об'ємом інформації, але й її складністю. Ця складність спочатку передавалася набором ознак VVV (<i>volume, velocity, variety</i>). Перше означає фізичний об'єм інформації. Друге (<i>velocity</i>) – швидкість як приросту даних, так і необхідності швидкісного оброблення результатів. Третє (<i>variety</i>) – різноманітність одночасно оброблюваної інформації. Пізніше почали додаватися нові V (що характеризують якість даних): <i>veracity</i> – достовірність, <i>viability</i> – життєздатність, <i>value</i> – цінність, <i>variability</i> – мінливість, <i>visualization</i> – візуалізація.</p>
<p>Хмарні технології (англ. <i>Cloud Technology</i>)</p>	<p>Модель, що передбачає віддалене оброблення та зберігання даних; ця технологія надає користувачам мережі Інтернету доступ до комп'ютерних ресурсів сервера і використання програмного забезпечення як онлайн-сервісу.</p> <p>Хмарні технології – основа розвитку штучного інтелекту, адже саме на «хмарі» виконується переважна частка операцій (розрахунків, аналізу даних), які забезпечують функціонування систем штучного інтелекту.</p>

Серед названих проривних технологій особливу роль відіграє Інтернет речей. Саме в цій технології фактично концентрується основне завдання, яке покликане вирішити Четверта промислова революція. Воно в кінцевому рахунку зводиться до формування кіберфізичних систем, здатних задовольняти потреби людей без участі самої людини у виробничому процесі.

Компанія Gartner датує початок «циклу хайпу Інтернету речей» 2012 роком (Samarinha-Matos, 2013) (англ. Нуре cycle зазвичай перекладається як «цикл зрілості», «цикл суспільного інтересу», «цикл визнання»). Аналітики корпорації Cisco вважають 2009 рік періодом зародження Інтернету речей (IP), бо до цього часу кількість пристроїв, підключених до мережі Інтернет, перевищила кількість населення Землі. Тим самим, глобальна мережа стала обслуговувати не лише людей, а й безпосередньо речі (Evans, 2011). З початку 2010-х років на роботу IP почали поширюватися принципи «хмарних» технологій. Іншими словами, IP починав контролюватися Центрами оброблення 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 «комплектувальних» IP явищ. Цікавим фактом є те, що їх своєрідний запуск у виробництво відбувся практично одночасно. Зокрема, з 12 названих циклів у дев'яти критична подія (наприклад, випуск типового зразка) відбулося в одному й тому самому – 1973 році. У двох – зовсім недалеко від цього періоду (1968 і 1971 рр.). 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 від 30 до 40 млрд пристроїв, із яких близько 16 мільярдів будуть так чи інакше пов'язані між собою в рамках концепції Інтернету речей. На ці цілі передбачається інвестувати близько 1,4 трильйона доларів США (Интернет вещей, 2019).

Важливими моментами, які необхідно відзначити в рамках 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. Подібний взаємозв'язок тією чи іншою мірою спостерігається між усіма компонентами наведеної системи.

Зокрема, можна вважати що IP є умовною вершиною піраміди подій, які привели до його створення. Необхідно зазначити, що наведена схема є досить умовною. При бажанні її можна змінити таким чином, що Інтернет речей буде обслуговуючим 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 ре-

Проривні технології в економіці і бізнесі

чей починають відігравати роль робочого інструмента стосовно до вдосконалення вже інших проривних технологій.

1.4 Позитивні ефекти проривних технологій

Європейське співтовариство ініціювало дослідження ще однієї сфери змін. У ряді публікацій (Rada, 2018; Vollmer, 2018; Rossi, 2018; Ostergaard, 2019) вони умовно називаються 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 зокрема масову кастомізацію та персоналізацію для споживачів» (Rossi, 2018).

Деякі з можливих наслідків реалізації ключових проривних технологій початку XXI століття показані на рисунку 1.1.

Оцінювання можливих наслідків упровадження проривних технологій має велике значення. Це дозволяє порівнювати витрати на їх розроблення та освоєння з тими ефектами, які вони можуть дати. Обґрунтування найбільш ефективних вкладень в інноваційні проєкти відіграє надзвичайно важливу роль на тлі тих витрат, які вкладаються в реалізацію проривних технологій.

Зокрема, за прогнозними оцінками, обсяг світового ринку лише промислового Інтернету речей до 2020 року може досягти 110 млрд дол. США. На 2021 він уже оцінюється як 123 млрд дол., а до 2030 року може зрости до 14 трлн доларів США (The Industrial, 2019).

Прямі екологічні ефекти обумовлені зниженням впливу на довкілля процесів виробництва енергії, а також виготовлення і споживання продукції. Альтернативна енергетика дозволяє практично відмовитися від забруднення атмосфери, води та ґрунтів на безпосередніх (direct) стадіях виробництва енергії (Балацкий и др., 1982; Балацкий и др., 1986; Мельник, 2006).

Завдяки прогресу розвитку технологій в альтернативній енергетиці відновлювальна енергія починає конкурувати з традиційними джерелами, зокрема за вартісними показниками. Зокрема, як показують дослідження, під час виробництва 1 кВт · год електроенергії на вугільній або нафтовій електростанції в атмосферу викидається 6–8 г SO₂, від 2,5–3,5 г NO_x, 1–27 г твердих частинок. Таким чином, електростанція потужністю 1 000 мВт викидає в атмосферу 80–160 тисяч т шкідливих речовин за 1 рік (Канило, 2013). Значне забруднення води і ґрунтів відбувається від шкідливих речовин, що містяться в уловленій золі.

Розділ 1. Проривні технології як основа соціально-економічного прогресу



Рисунок 1.1 – Можливі наслідки реалізації ключових проривних технологій сучасності (складено авторами)

У 2019 році 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; Голованов, 2020).

Ще більш вражаючі успіхи ряду країн ЄС (Кабанов, 2019). Зокрема, в Німеччині частка «зеленої» енергії в 2019 р. досягла 47,3 %. Це більше, ніж виробляється електроенергії на вугільних і атомних електростанціях (43,4 %). Ще трохи менше ніж 10 % припадає на газові і нафтові електростанції (Miebach, 2019).

Значний екологічний ефект обіцяє привести до великого поширення електромобілів. Це дозволяє перевести забруднення атмосфери з безпосереднього середовища проживання людини в більш віддалені місця розміщення електростанцій. Необхідно зазначити, що нині автомобільний тран-

Проривні технології в економіці і бізнесі

спорт спричиняє до 40 % забруднення атмосфери. З розвитком альтернативної енергетики цей ефект буде багаторазово посилений.

Непрямі екологічні ефекти. Альтернативна енергетика дозволяє запобігти значному впливу на довкілля процесів видобування, транспортування і зберігання паливних ресурсів (висушування й забруднення ґрунтів, розливання 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 рядом оцінок, наразі 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 й альтернативної енергетики, можна зазначити, що остання дозволяє відмовитися від матеріаломістких та енергоємних процесів видобування і транспортування палива. Це означає, що з'являється можливість усунути й необхідність одержання матеріалів та 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 дозволяють значно підвищити ефективність економічних процесів.

Завдяки волоконно-оптичному зв'язку (кварцове, скляне або полімерне волокно), вдалося підвищити швидкість передавання інформації більше, ніж на п'ять порядків. Один світловод здатний легко замінити повністю кабель, що містить кілька сотень металевих проводів. Зокрема, один світловод, що має діаметр близько 1,5 см, може з успіхом замінити телефонний кабель діаметром 7,5 см, що містить 900 пар мідних проводів. Світловод також має цілий ряд інших істотних переваг (Бутов, 2003).

Крім того, енергоємність під час передавання сигналів зв'язку з волоконних світлодіодів майже в 100 разів менша, ніж при передаванні сигналів кабелями з нікелю (Оптическое, 2019).

Формування циркуляційної економіки. Створення в процесі Industry 4.0 кіберфізичних систем і в кінцевому підсумку Інтернету речей є кроком до будівництва циркуляційної (circular) економіки. Цьому також сприяють цифровізація виробничих процесів і розвиток «хмарних» технологій. В ідеалі в кожному продукті буде своя мітка, що буде мати інформацію про джерело ресурсів, технології виробництва, вид енергії, використо-

вуваний для цього, та інші дані. Ця інформація є основою для створення замкнених циклів використання матеріалів (Dedicoat, 2016).

Кріс Дедикот, старший віце-президент компанії Cisco звертає увагу на екологічні можливості технічного прогресу: «В циркулярній економіці кожний продукт матиме свою мітку, яка покаже джерело ресурсів, технологію виробництва, вид енергії, використаний для цього, та ін.

... Одержана на основі зазначених даних інформація дає можливість підприємствам, містам і країнам більш ефективно відновлювати й переробляти відповідні ресурси» (Dedicoat, 2016).

Зниження ризику аварій і катастроф. Нова економіка дозволяє істотно знизити ризик надзвичайних ситуацій, що завдають значної шкоди довкіллю. Цьому сприяють як мінімум дві обставини. Першою є дематеріалізація процесів виробництва і споживання продукції. Усуваються небезпечні ланки виробництва, транспортування та зберігання ресурсів. Достатньо порівняти: з одного боку, традиційні потужності, що вимагають значну кількість небезпечних матеріалів та енергоносіїв, з іншого боку, адитивне виробництво й альтернативну енергетику.

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

Перехід на екологічно дружні (environmentally friendly) матеріали. Сучасна технологічна революція і створення нових матеріалів дозволяють забезпечити здатність матеріалів залучатися до метаболізму екосистем. Зокрема, створюються «чорнила» для 3D-принтерів на основі кремнію і целюлози. Набуло поширення створення пакувальних матеріалів із відходів аграрного виробництва.

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

Соціологія розвитку. Формування Інтернету речей і широке використання роботів дозволяють 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 («вертикальні» ферми, м'ясо з пробірки). Все разом формує передумови для упровадження базового доходу і створює умови для розвитку особистісної основи людини. Це в кінцевому підсумку і є основною метою сестейнового (sustainable) розвитку суспільства.

Поліпшення якості життя. Реалізація індивідуального моніторингу здоров'я людини, розвиток відтворювальної медицини і нового покоління

Проривні технології в економіці і бізнесі

фармацевтичних препаратів сприяють значному підвищенню якості життя людини. У поєднанні з вищезгаданими комунікаціями це в кінцевому підсумку наближає суспільство до сталого розвитку.

Прогнозні оцінки ряду кількісних показників щодо ефектів упровадження проривних технологій дають досить вражаючу картину (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 – Потенційні економічні характеристики проривних технологій на 2025 рік (Disruptive, 2013)

Технологія	Оцінювання потенційного ефекту
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 з повним робочим днем
Інтернет речей	Дозволить знизити до 36 трильйонів доларів США оперативних витрат завдяки підвищенню ефективності в секторах: перероблення, охорони здоров'я, добувної промисловості
«Хмара»	Збільшення на 15–20 % продуктивності завдяки створенню IT-інфраструктури, розроблення необхідних додатків і програм
Просунута робототехніка	Підвищення якості життя близько 50 мільйонів ампутантів завдяки підвищенню їх мобільності
Автономний і близький до автономного транспорт	Очікується від 30 до 150 тисяч урятованих життів завдяки запобіганню фатальним дорожнім пригодам
Енергозбереження	Від 40 % до 100 % транспортних засобів очікується на електроприводі або гібридних
3D друк	Може заощадити від 35 % до 60 % оперативних витрат на одиницю виробленої продукції й 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 їх реалізації, обіцяючи інвесторам відчутний приріст доходів, причому, найчастіше, досить швидкий. Однак 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 «привабливими» (через їх економічні вигоди), що від них людство уже не в змозі відмовитися, яких би несприятливих нас-

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

1.5 Негативні ефекти проривних технологій²

Негативні наслідки упровадження *desruptive technologies* менш наочні і значно важчі в прогнозуванні. Однак багато дослідників звертають увагу на їх небезпеку (Schwab, 2019; 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 вирішувати інформаційні завдання, навички для вирішення яких не закладені в її біологічній природі. Вони повинні бути набуті заново, і виникає запитання, до яких меж людина зможе витримувати подібні психологічні перевантаження.

Інформаційна вразливість. Широке використання кіберфізичних систем у виробництві та споживанні дозволяє знизити ризик помилок людини. Водночас істотно зростає вразливість цих систем у разі інформаційних збоїв. Із подібними явищами ми часто стикаємося вже сьогодні (зависає комп'ютер, відключається Інтернет). У майбутньому подібні ситуації можуть призводити до значно більш драматичних наслідків. Це може посилюватися тим, що буде відсутня альтернатива згаданим системам, зважаючи на їх безпрецедентну складність.

Підвищення інформаційної залежності людини. Постійна концентрація людини на сприйнятті інформації може спричинити певні форми залежності, подібні до впливу наркотичних речовин. Це може викликати психічні відхилення в людини, неадекватність її поведінки в суспільстві. Крім того, це може стати причиною негативних процесів в організмі та обумовити відмову від нормальних фізичних навантажень. У кінцевому підсумку все це призводить до погіршення здоров'я людини і сприяє появі небезпечних хвороб.

Ризик зниження творчого потенціалу людини. Вивільнення людини від виконання багатьох виробничих функцій не в усіх людей супроводжується перемиканням на творчі види діяльності. Багато з них просто не мають достатнього творчого потенціалу для цього. Наслідком може стати поступова особистісна деградація частини суспільства, не здатна до творчого розвитку в умовах достатнього забезпечення для їх біологічного існування.

Підвищення витрат на перероблення відходів засобів виробництва «зеленої» економіки (*green economy*). «Зелена» економіка дозволяє значно

²Матеріал підготовлено в рамках НДР "Моделювання трансферу екоінновацій в системі «підприємство-регіон-держава»: вплив на економічне зростання та безпеку України" (№0119U100364), яка фінансується за рахунок державного бюджету України.

Проривні технології в економіці і бізнесі

знизити навантаження виробничих систем на довкілля (environment). Однак, маючи матеріальну основу, «зелена» економіка сама може бути джерелом впливу на довкілля. По-перше, при виготовленні навіть «зелених» засобів виробництва мають місце екодеструктивні процеси. По-друге, після завершення терміну використання цих засобів виробництва утворюються відходи, які повинні бути утилізовані або захоронені. Прикладом є величезна кількість відходів сонячних панелей і акумуляторів, яку необхідно чекати людству у недалекому майбутньому. Про уніфікацію та індустріалізацію цих процесів людина повинна подумати вже сьогодні.

Втрата робочих місць. Загальновизнаним фактом, що не викликає заперечень у вчених і експертів, є можливість втрати традиційних робочих місць унаслідок упровадження проривних технологій. Проте відзначається, що нові технології сприятимуть створенню нових робочих місць, цілком ймовірно, що за кількістю не менше ніж ті, які зникнуть. Це, однак, не дозволяє повною мірою вирішити соціальні проблеми, що виникають, з двох основних причин. По-перше, не всі люди готові освоїти нові професії з урахуванням їх більш складної інформаційної конфігурації. По-друге, навіть ті, хто в принципі здатний буде освоїти нові функції, не може бути звільнений від додаткових психологічних перевантажень. Причиною є те, що через швидкі зміни процесу технологій цим людям доведеться перенавчатися 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 подібних акцій усе важче зберегти в таємниці від суспільства негативні аспекти своїх дій. З іншого боку, кожна людина стає більш уразливою щодо до злочинних маніпуляцій та шантажу з боку злочинних елементів.

Ризик хакерства. Про ризик хакерства написано і сказано вже досить, щоб не зупинятися на цьому докладно. Скажемо лише, що атаки й 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, й на посилення етичної компоненти.

Ризик втрати людиною контролю за кіберсистемами. Колосальна складність кіберсистем, які проєктуються людиною, обумовлює постійне посилення здатності їх до самопроєктування і самоорганізації. Саме на цьому ґрунтується розвиток таких систем, як Інтернет речей і нанотехнології. Більше того, реалізація нанотехнологій без самоорганізації кіберсистем взагалі не можлива повною мірою. Зайве говорити, що розвиток самоорганізації кіберсистем призводить до повної втрати їх контролю з боку людини. Ця небезпека буде посилюватися в міру розвитку «Хмари». Поки

що вона є системою глобальної пам'яті. Але вона з великою швидкістю еволюціонує в бік формування самостійного глобального розуму, що діятиме на метарівні. Йому може виявитися під силу не лише контроль за поведінкою людини, а й створення інших сутностей (зокрема, й матеріальних), що можуть стати конкурентом людині.

На відміну від позитивних ефектів несприятливі наслідки набагато складніші в прогнозуванні. Позитивні ефекти зазвичай розраховують на основі уже відомих показників (зокрема, зростання продуктивності праці, зниження окремих видів витрат і т. ін.), які можна екстраполювати в майбутнє. Значна частина негативних наслідків може бути спричинена явищами, характер яких менш детермінований і складно прогнозований щодо термінів кількісних оцінювань. Такими явищами, наприклад, можуть бути зниження ступеня особистісної свободи людини, деградація його творчого потенціалу в мережевому суспільстві. По-перше, ніхто не може точно сказати, якою мірою подібні явища будуть відбуватися в майбутньому і чи будуть взагалі; по-друге, не зрозумілий часовий горизонт їх можливого прояву; по-третє, надзвичайно важко кількісно оцінити подібні явища.

Друга особливість, що відрізняє позитивні й негативні ефекти, обумовлена їх різним статусом щодо економічних суб'єктів. Більшість позитивних ефектів має інтернальний характер. Зокрема, вони виявляються у формі доходів конкретних суб'єктів, які зазнають витрат із реалізації певних проривних інновацій. Більшість негативних наслідків екстернальні за своєю суттю. Вони можуть виявлятися в економічних суб'єктах, які до ініціювання проривних технологій не мають взагалі ніякого відношення. Як бачимо, доходи, які одержують одні компанії, можуть оплачуватися іншими суб'єктами, які не одержують від згаданих інновацій ніяких вигод, або ж усім суспільством.

Таким чином, упровадженню проривних інновацій повинен передувати ретельний аналіз відповідних витрат і вигід.

Список літератури

1. Балацкий О. Ф., Мельник Л. Г., Ярош Н. В. Экология и экономика. Киев : Вища школа, 1986. 184 с.
2. Балацкий О. Ф., Мельник Л. Г. Теоретические и практические вопросы определения экономического ущерба от загрязнения окружающей среды. Киев, 1982. 15 с.
3. Бутов О. Волоконно-оптические световоды и датчики предупредят технические катастрофы. *Информационные технологии завтра*. 10.01.2003. URL: https://www.cnews.ru/articles/volokonnoopticheskie_svetovody_i_datchiki (дата обращения: 20.10.2019).
4. Голованов Г. В США возобновляемые источники энергии впервые обошли уголь. *Хайтек* +. 06.05.2020. URL: <https://m.hightech.plus/2020/05/06/v-sshavozobnovlyaemie-istochniki-energii-vpervie-oboshli-ugol-> (assessed on: 06.05.2020).
5. Интернет вещей. *Википедия*. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Интернет_вещей (дата обращения: 01.12.2019).

Проривні технології в економіці і бізнесі

6. Кабанов И. Инфографика возобновляемой энергетики в Европе. *Сайт радио «Эхо Москвы»*. 21.07.2019. URL: <https://echo.msk.ru/blog/metkere/2467949-echo/> (дата обращения: 20.10.2019).
7. Канило П. М., Сарапина М. В. Анализ энергоэкологических показателей тепловых электростанций. *Проблемы машиностроения*. 2013. Т. 16, № 1. С. 68–74.
8. 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>.
9. Мельник Л. Г. Екологічна економіка : підручник. Суми : ВТД «Університетська книга», 2006. 367 с.
10. Мельник Л. Г. Научные основы самоорганизации экономических систем. Часть 1. *Механізм регулювання економіки*. 2010. Т. 1, № 3. С. 12–26. URL: <http://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/3566>.
11. Мельник Л. Г. Предпосылки формирования «Интернета вещей»: экономический анализ. *Механизм регулирования экономики*. 2018. № 1. С. 8–30.
12. 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>.
13. 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).
14. Оптическое волокно. *Википедия*. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Оптическое_волокно (дата обращения: 10.10.2019).
15. Bonomi F., Milito R., Zhu J., Addepalli S. Fog Computing and Its Role in the Internet of Things. *MCC*. 2012. URL: <https://conferences.sigcomm.org/sigcomm/2012/paper/mcc/p13.pdf> (assessed on: 20.10.2019).
16. Bossong K. Solar and wind energy provide almost 10 percent of total generation in the US in 2019. 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).
17. 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. P. 3–12. URL: https://www.researchgate.net/publication/236972326_IFIP_Advances_in_Information_and_Communication_Technology (assessed on: 20.10.2019).
18. Christensen C. M. The Innovators Dilemma. When New Technologies Cause Great Firms to Fail. *Harvard Business Review Press*. 2016. 288 p.
19. Dedicat 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> (assessed on: 01.03.2019).
20. Disruptive technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy. *Mckinsey*. 2013. URL: <https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-digital/our-insights/disruptive-technologies> (assessed on: 20.10.2019).
21. Evans D. The Internet of Things: How the Next Evolution of the Internet is Changing Everything. 2011. URL: http://www.cisco.com/web/about/ac79/docs/innov/IoT_IBSG_0411FINAL.pdf (assessed on: 20.10.2019).
22. Miebach, E. (2019), German renewables deliver more electricity than coal and nuclear power for the first time. URL: <https://www.dw.com/en/german-renewables-deliver-more-electricity-than-coal-and-nuclear-power-for-the-first-time/a-49606644> (assessed on: 20.10.2019).

Розділ 1. Проривні технології як основа соціально-економічного прогресу

23. Ostergaard E. H. Welcome to Industry 5.0: The «human touch» revolution is now underway Magazine «Quality». 08.05.2019 / (assessed on: 20.10.2019).

24. Rada M. Industry 5.0 definition. Medium. 21.01.2018. URL: <https://medium.com/@michael.rada/industry-5-0-definition-6a2f9922dc48> (assessed on: 20.10.2019).

25. Rossi B. What will Industry 5.0 mean for manufacturing? / Raconteuk. 07.03.2018 / (assessed on: 20.10.2019).

26. Schwab K. The Fourth Industrial Revolution. World Economic Forum. URL: <https://www.weforum.org/about/the-fourth-industrial-revolution-by-klaus-schwab> (accessed on: 20.10.2019).

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

28. Skinner C. Digital Human. Marshall Cavendish International (Asia) Pte Ltd, 2018.

29. The Industrial Internet of Things market poised to reach 123.89 billion USD by 2021. URL: <https://www.i-scoop.eu/news/industrial-internet-things-market-2021/> (assessed on: 20.10.2019).

30. Vollmer M. What is Industry 5.0? LinkedIn. 23.08.2018. URL: <https://www.linkedin.com/pulse/what-industry-50-dr-marcell-vollmer> (assessed on: 20.10.2019).

Питання до розділу 1

1. Дайте визначення проривної технології (ПТ).
2. Як ПТ пов'язані з інноваціями?
3. Поясніть на прикладі Інтернету речей яку роль ПТ відіграють під час створення сучасних технологічних явищ, з якими має наразі справу людина.
4. На прикладі створення персонального комп'ютера поясніть зміст циклу ПТ.
5. Яку роль ПТ відіграють в економічних системах?
6. У чому сутність «дилеми інноватора»?
7. Чому проривні технології називають ще «підривними» технологіями? Що вони підривають?
8. З якими ризиками зіштовхується підприємець під час ухвалення рішень про реалізацію ПТ?
9. Яким чином ПТ впливають на цінність і прибутковість товарів, що випускаються?
10. Яку роль відіграють ПТ в реалізації цілей Третьої промислової революції?
11. Покажіть на прикладі, які позитивні ефекти можна очікувати від сучасних ПТ?
12. Як сучасні ПТ допомагають вирішувати екологічні проблеми?
13. Як сучасні ПТ допомагають вирішувати проблеми дематеріалізації виробництва?
14. Як сучасні ПТ допомагають вирішувати проблеми підвищення ефективності економічних систем?

Проривні технології в економіці і бізнесі

15. Яким чином ІТ впливають на формування циркуляційної економіки?
16. Як ви можете пояснити соціальну роль ІТ?
17. Як сучасні ІТ сприяють формуванню суспільних комунікацій?
18. Як сучасні ІТ сприяють підвищенню якості життя?
19. Чим можуть виявлятися негативні ефекти впровадження ІТ?
20. Чим можуть виявлятися соціальні ризики впровадження ІТ?
21. Як, на вашу думку, можна зменшити негативні наслідки впровадження ІТ?

РОЗДІЛ 2

ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ ЯК ПРОВІДНИЙ ТРЕНД INDUSTRY 4.0

2.1 Поняття про Інтернет речей

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

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

Історія створення

В 1970-ї роки поява комп'ютерів дала змогу розпочати автоматизацію виробничих процесів. Події почали розвиватися по двом напрямкам. *Перший* був пов'язаний з автоматизацією управлінських процесів, що передбачало обробку і зберігання даних, виконання розрахунків, обґрунтування оптимальних режимів роботи тощо (в деяких країнах це називалося АСУ – автоматизованими системами управління; сьогодні це об'єднується в понятті IT, 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; наразі цей напрям називають ОТ – операційними технологіями – operational technology).

Понад сорока років IT та ОТ розвивалися незалежно. Щоб з'єднатися їм не вистачало об'єднувального фактору, який з'явився з появою Інтернету.

Подія, яка знаменувала фактичне приєднання до цих двох напрямків Інтернету, відбулася майже випадково. В 1982 р. допитливі студенти другого курсу навчання університету Карнегі-Меллон (Carnegie-Mellon), м. Пітсбург, які підпрацьовували 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 (Sake machine).

В 1990 р. випускник Массачусетського Технологічного інституту, вчений і один із засновників протоколів Інтернету Джон Ромки (John Romkey) підключив до Інтернету свій власний тостер, який вважається однією із перших побутових Інтернет речей (Elder, 2019).

В 1991 р. керівник дослідницького центру компанії Херох Марк Вейзер (Mark Weiser) запропонував концепцію повсюдного комп'ютингу (ubiquitous computing). В 1994 р. Реза Реджі (Reza Raji) запропонував власну концеп-

Проривні технології в економіці і бізнесі

цію інтеграції і автоматизації будь-яких речей: від домашніх приладів до цілих підприємств.

В 1993 р. компанія Microsoft запустила платформу «At Work», що включала спеціальну операційну систему і протокол передачі даних. Метою цього було об'єднати офісну техніку (факси, копіювальні механізми, ін.) з можливістю передати функції управління комп'ютеру, який би працював на Windows. Спроба не була успішною і не знайшла продовження. В 1994 р. зі схожим проєктом виступила компанія Novell і повторила безуспішний результат попередниці.

В 1999 р. в історії Інтернету речей трапилися відразу дві значні події. По-перше, представник компанії Procter&Gamble Кевін Ештон (Kevin Ashton), представляючи результати робіт з удосконалення радіочастотних ідентифікаційних міток (RFID), вперше використав термін «Інтернет речей». По-друге, науковець Білл Джой (Bill Joy) представив на Всесвітньому економічному форумі в Давосі концепцію прямої інтеграції шести мереж («шести вебів»). В його типології такий зв'язок називався «device-to-device» (тобто: «прилад-з-приладом») (Інтернет, 2019).

За оцінками фірми «Cisco Systems» датою народження Інтернету речей можна вважати рубіж між 2008 і 2009 роками, коли кількість підключених до Інтернету приладів зрівнялася з кількістю мешканців Землі (Evans, 2011). Таким чином, поруч з «Інтернетом людей» почав функціонувати «Інтернет речей».

Крім наведеної вище дефініції IoT, існує і багато інших формулювань, у яких дається визначення IoT і висвітлюються окремі сторони такого багатогранного явища, яким є Інтернет речей (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Визначення Інтернету речей та його складових від різних аналітичних компаній (Internet, 2019; Zennaro, 2017; Patel et al., 2016)

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 в 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 зі зовнішнім середовищем, передавати дані про свій стан і приймати дані ззовні
Аналітична компанія McKinsey	Датчики і приводи (виконавчі пристрої), що вбудовані в 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;

Продовження таблиці 2.1

1	2
	підключені до Інтернету гаджети транслюють основні дані в «Хмару», звідкіля інші предмети, оснащені приймальними датчиками, можуть збирати ці дані і використовувати їх для управління роботою виконавчих пристроїв
Рекомендації ITU-TY.2060	Глобальна інфраструктура для інформаційного суспільства, яка забезпечує просунутими (advanced) послугами, що здійснюються взаємозв'язаними (фізичними і віртуальними) речами на основі існуючих та еволюціонуючих 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), які 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 бути виявленими, приведенними в дію і приєднаними; приклади фізичних речей включають: оточуюче 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 включають: 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 в режимі, наближеному до автоматичного, тобто без прямої участі людини. В цій інфраструктурі гармонічно ув'язані керівні функції інформаційних засобів (комп'ютерів, пристроїв збору та обробки інформації) та матеріальних речей (датчиків, виконавчих пристроїв), здатних виконувати фізичну роботу.

2.2 Склад і функції IoT

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

Проривні технології в економіці і бізнесі

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 (Чо такое, 2017).

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

У загальному вигляді Інтернет речей можна представити 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. 2.1).

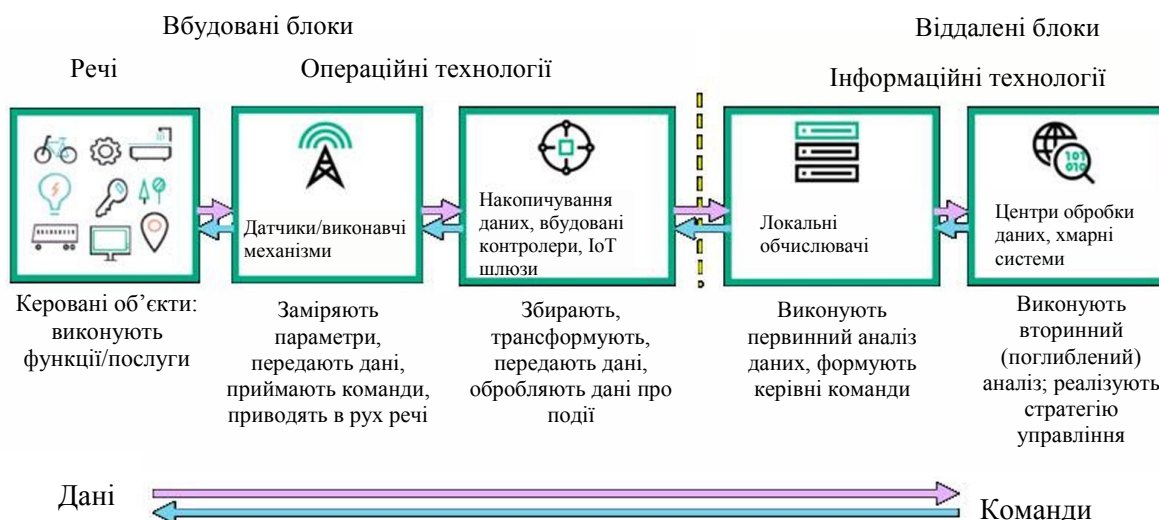


Рисунок 2.1 – Укрупнена структура IoT

Значну роль у роботі Інтернету речей відіграють різні датчики. Їх функція – здійснювати моніторинг за параметрами середовища, стан яких (наприклад, температура чи вологість приміщення) контролюється і підтримується відповідними виконавчими інструментами (приладами). На рисунку 2.2 показані можливі параметри, стан яких здатні контролювати датчики Інтернету речей (Zennaro, 2017).

Інтернет речей поділяють на два види:

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

Основні складові IoT кінцевого споживання показані на рисунку 2.3.

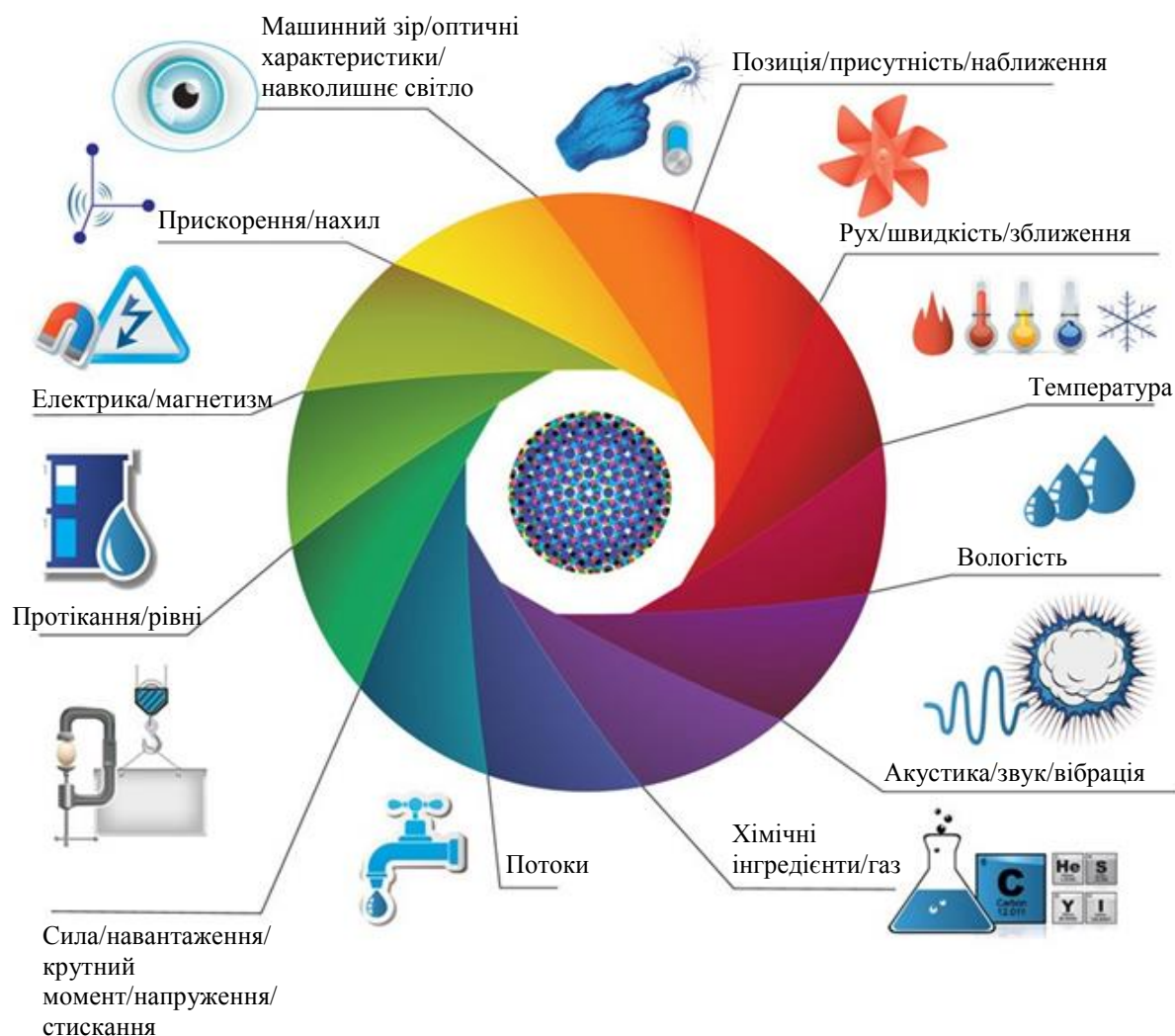


Рисунок 2.2 – Параметри стану, які здатні контролювати датчики Інтернету речей

Наприклад, вже сьогодні цілком сучасний «розумний» будинок («розумне» помешкання) вмє робити багато речей. Зокрема, при вашій появі в будинку вмикається світло й починають працювати інші функціональні прилади (кондиціонери, вентилятори, опалювальні пристрої). Коли ви покидаєте приміщення, все це вмикається. Датчики руху слідкують за тим, щоб електроенергія не витрачалася дарма, вмикаючи 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 вмикає при вологості 45 %.

А ще «розумні» прилади можуть проаналізувати скільки електроенергії протягом дня, тижня і місяця витратив кожен з 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.

Проривні технології в економіці і бізнесі



Рисунок 2.3 – 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.

2.3 Індустріальний Інтернет речей (IIoT)

Поняття про IIoT. Індустріальним Інтернетом речей прийнято називати систему об'єднаних комп'ютерних мереж з підключеними виконавчими пристроями (датчиками, інструментами, приладами), здатними без прямої участі людини вирішувати виробничі завдання в різних секторах (галузях) економіки.

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

- випуск широкої номенклатури продукції, використання значного переліку комплектуючих;
- потреба в підвищенні якості продукції, що випускається 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 забезпеченні безпеки персоналу;
- необхідність системної інтеграції широкого спектру.

Застосування ІоТ дає можливість зв'язати в єдине ціле та оптимізувати діяльність чотирьох головних суб'єктів економіки (рис. 2.4)

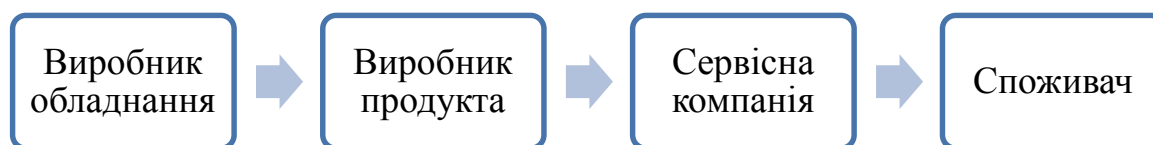


Рисунок 2.4 – Ланцюжок суб'єктів застосування ІоТ

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

3) автоматизований (в режимі реального часу) контроль процесів просування продукції, що виготовляється, від постачальників сировини і матеріалів до споживачів продукції; це досягається підключенням усіх виробничих майданчиків до єдиної програмної платформи, учасниками чого можуть бути юридично різні компанії;

Проривні технології в економіці і бізнесі

4) здійснення оперативного контролю за процесами використання реалізованої продукції у 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 випадку мова йде не просто про підвищення якості технічної підтримки (з використанням нових засобів телеметрії) реалізованої покупцям продукції, але взагалі про іншу бізнес-модель її реалізації. Кінцевим продуктом реалізації споживачам товару становляться, наприклад, не обладнання чи пристрої, а послуги з їх використання. Інакше кажучи, продукція взагалі не передається у власність споживачеві, а ним оплачуються процеси її використання, зокрема, на умовах оренди.

За таким прикладом уже працюють компанії в різних секторах діяльності.

Американська фірма Nikola Motors передає експлуатаційникам за абонентну плату (від 5 до 7 тисяч доларів на місяць) вантажівку на водні з повним її обслуговуванням (включаючи 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 намічено на 2020 рік (Мельник, 2018).

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

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

Будівельні підприємства частину приміщень, які розташовані 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 подібних 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 одержаних результатів.

Індустріальний IoT у секторах економіки. IoT сьогодні вже застосовується в багатьох секторах економіки (рис 2.5).

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 по місту, відеоспостереження, контроль за рівнем води у водоймах, датчики шуму і забруднення роблять міста зручнішими і

Розділ 2. Інтернет речей як провідний тренд Industry 4.0

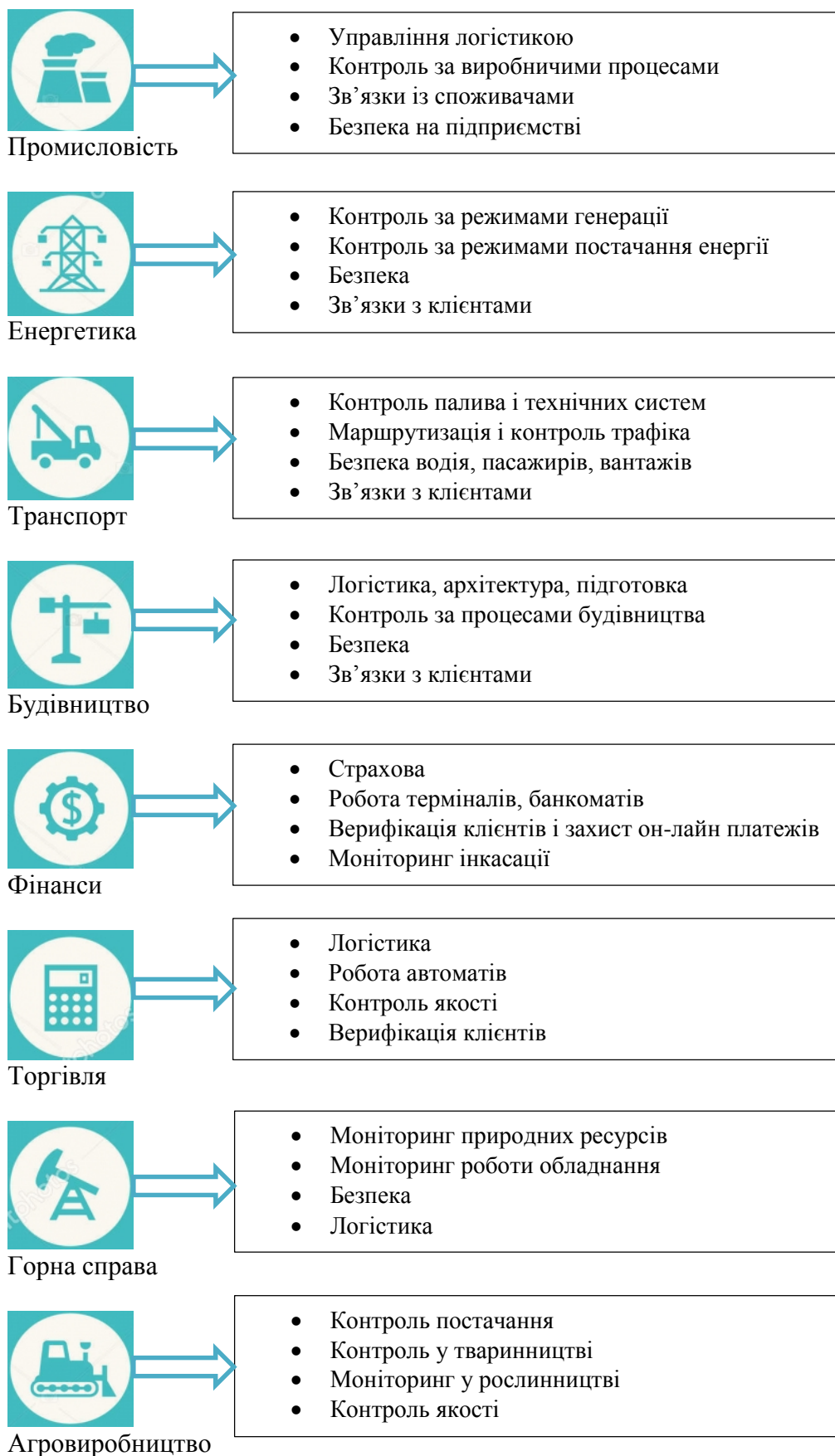


Рисунок 2.5 – Основні господарські сектори, де вже застосовується ІоТ

Проривні технології в економіці і бізнесі

безпечнішими. А великі дані, зібрані приладами, дають можливість владі міста краще розуміти потреби жителів.

Столиця китайської провінції Нінся – Іньчуань – примітна тим, що це єдине місто в світі, в 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 покупку, спокійно можна забрати товар в найближчому холодильнику – камері схову.

Всі сміттєві контейнери працюють від сонячних батарей, а коли бак заповнений, в комунальну службу надходить відповідний сигнал, і його вивозять.

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

Агровиробництво. Нова модель взаємодії людини з пристроями значно спростила процес моніторингу стану ґрунтів - пропала потреба контролювати урожай "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.

Більш того, близько 25 % врожаю може бути збережено завдяки онлайн-спостереженню за погодними умовами.

Наприклад, Нідерланди стали одним зі світових лідерів з вирощування сільськогосподарської продукції та зайняли 2-е місце з експорту насінневої картоплі саме завдяки системі IoT.

Smarterp дозволяє управляти поживними розчинами, поливом, кліматом і іншими процесами в теплиці. Розробники обіцяють приріст врожаю на 20-40 %, підвищення якості продукції, економію на енергоресурсах і повний контроль виробництва.

Особливістю іншого стартапу "ЄВА-ПРО" є те, що теплиця сконструйована в вигляді барабана – це економить займану площу. Джерело освітлення знаходиться 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, в яких вони відчувають 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 і 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 з 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 вирішують 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 лікуючому лікарю, вчасно сповіщати про ускладнення і датах запланованих аналізів.

За даними Gartner, в 2018 році кількість подібних пристроїв склало 347,53 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 відстежувати стан здоров'я пацієнтів і реагувати в режимі реального часу. А мобільний оператор AT & T у США розробив систему, покликану вирішити одну з найнебезпечніших проблем для літніх осіб – несподівані падіння.

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

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

Дорожнє будівництво. Фахівці-розробники з Університету Ватерлоо сьогодні представили унікальний і цікавий проєкт спеціального штучного інтелекту, який може допомогти в суттєвому прискоренні ремонту доріг і дорожніх покриттів – даний 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, прикріпленою 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.

Проривні технології в економіці і бізнесі

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

- зменшення поломок обладнання;
- скорочення незапланованих простоїв;
- зменшення позапланового техобслуговування;
- попередження збоїв в управлінні постачанням;
- прискорення прийняття рішень;
- скорочення обсягу браку;
- прогнозування ризиків простоїв;
- випередження конкурентів у застосування провідних технологій.

В кінцевому рахунку застосування ІоТ дає можливість 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; Олиярник, 2020).

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

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

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

2.4 Базові проривні технології як основа формування Інтернету речей

Щоб краще зрозуміти характер виникнення передумов для створення Інтернету речей, спробуємо поринути в умовну казку. Це доцільно зробити через те, що за швидкістю процесів, які відбуваються, і за характером за-

безпечувальних подій це явище насправді нагадує якусь фантастичну історію. І почнемо ми цю історію з уявлення, що начебто речі, якими ми користуємося, стали живими істотами, – хіба це не диво!

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

Були ж бо дві обставини, які змусили речі прийти до такої думки. Перша обставина – це те, що люди з різних причин робили неякісну продукцію або ж неякісно виконували різні види робіт. А такими причинами 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 по собі? Що взагалі, скажіть на милість, хтось один щось зробити може. 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 можна говорити?

Втім, раптом відбулася ціла низка подій, яка всю ситуацію, геть – чисто змінила... Можна навіть сказати, перевернула з ніг на голову. Потім через це дане 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...

Якби там не було, але ці події привели до того, що на Землі з'явилися всі необхідні вузли (як сказали б інженери, запчастини) для створення Інтернету речей (рис. 2.6). Винахід і виробництво кожного із зазначених вузлів забезпечувала відповідна проривна технологія.

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 мільйонів сімей. 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, у принципі, фіксувати все, що відбувається навколо цієї людини. Звісно, для цього вона повинна була надавати йому відповідну інформацію).

Проривні технології в економіці і бізнесі

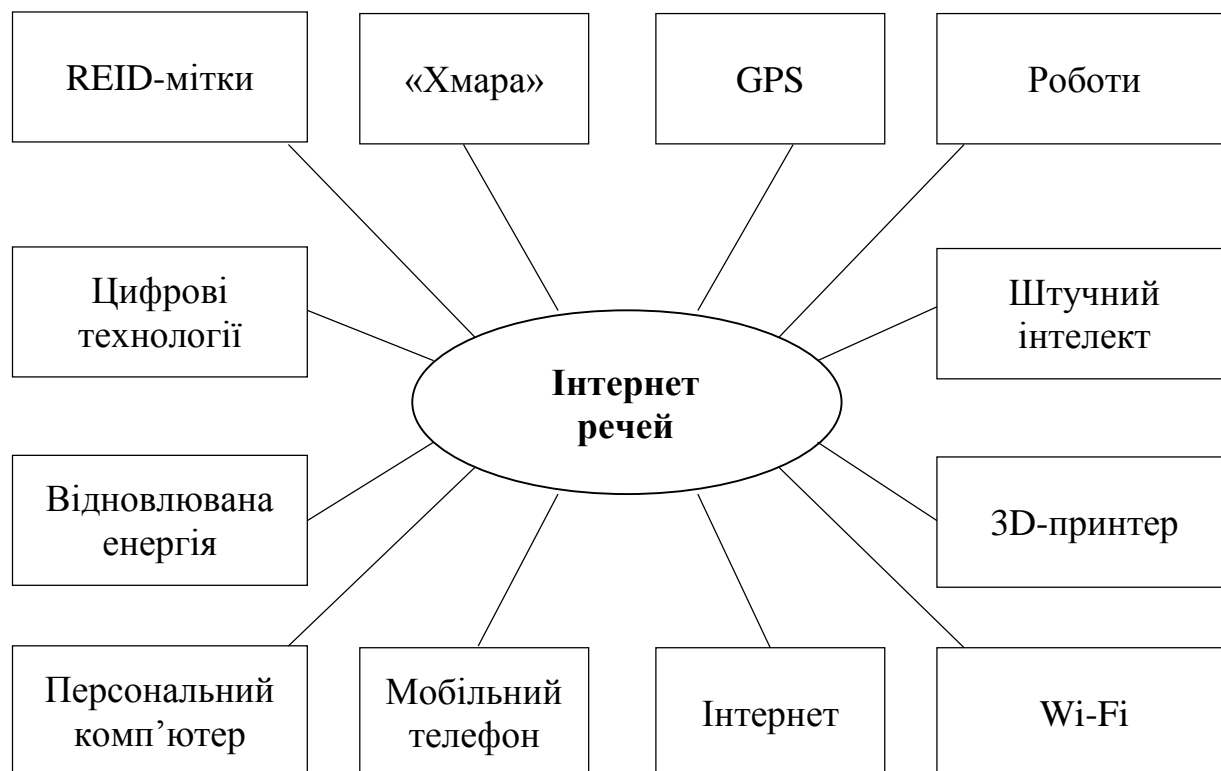


Рисунок 2.6 – Базові проривні технології, що забезпечують створення Інтернету речей (складено автором)

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 сполучені з електричною розеткою, а людина з клавіатурою з дисплеєм.

Мобільний телефон. Другою подією був винахід мобільного телефону, так званого мобільника. Досить швидко він став настільки маленьким і зручним, що вмщався в кишені. Але головне – в іншому: завдяки своїй мініатюрній акумуляторній батарейці йому вдалося стати автономним і «відірватися» від дротів, що з'єднували його з електричною мережею. Людина одержала свободу руху і могла пересуватися в 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 містив 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 та багато іншого. Водночас усі ці речі одержали можливість інформаційного контакту із зовнішнім середовищем.

Важливо те, що маленький і відносно дешевий мобільник став масовим, доступним практично кожному мешканцю Землі. На початку 2018 року на планеті кількість мобільних телефонів уже перевищила 8 мільярдів

(переважна більшість з яких є «розумними», тобто містять також ПК). Це більше, ніж мешканців на Землі. Іще раз підкреслимо: це означає, що більшість населення планети завжди має поряд 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 використовувати можна було лише залишаючись на одному місці – біля точки під'єднання ПК до мережі.

Wi-Fi. Так би все й залишилося, якби не відбулася *четверта* подія. З'явився Wi-Fi – бездротовий спосіб під'єднання ПК або айфону до мережі Інтернету за допомогою електронно-магнітних хвиль. Після цього можна говорити, що ПК остаточно «вирвався на свободу», адже цей спосіб не мав 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. – Яке відношення це має до самих речей? Від цього ж самі речі не одержали 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 й люди, які одержали можливість миттєво фіксувати та передавати інформацію про будь-які події, що відбуваються доволі навколо 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 одержувати 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 створюються дода-

Проривні технології в економіці і бізнесі

ванням матеріалів шар за шаром. Уже сьогодні так виготовляють різні деталі, взуття, кулінарні вироби і навіть будинки, мости, автомобілі, вузли космічної техніки.

Цифрова мітка. Восьмою подією стало одержання кожною річчю своєї ідентифікаційної характеристики – спеціальної цифрової мітки. Вона стала для неї і паспортом, і адресою, і фотокарткою, і рекомендацією, і резюме (CV), тобто життєописом. Тепер речі могли надсилати інформаційні повідомлення одна одній. Точніше, могли б, ... якби вміли читати й 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 одержані повідомлення. Це дає можливість роздруковувати на 3D-принтері різні речі за одержаним інформаційним образом. ШІ дозволив також підлаштовуватися під зміни зовнішнього середовища і навіть самовдосконалюватися, а це означає самонавчатися.

Роботи і GPS. Десятою та одинадцятою 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 в просторі.

Так, усі речі одержали свої ідентифікаційні мітки. Багато з них стали «розумними». Не вистачало лише когось, хто зміг би взяти на себе координату їх 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 їх, 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 сім'ї речей.

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

Його виникнення означає, що тепер речі можуть виробляти себе самостійно, не знаючи втоми, лінії й неточностей у роботі. Водночас вони самі можуть відстежувати потреби людини і здійснювати моніторинг свого власного стану. Якщо якась деталь подасть сигнал про можливі проблеми в її роботі, на заводі, де вона вироблялася, виготовлять їй відповідну заміну. Речі швидко «вивчають» уподобання своїх власників, режим їх 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. Одержана інформація дасть можливість підприємствам, містам і країнам створити *рециркуляційну економіку*, в якій відходи одного виробництва стануть джерелом ресурсів для іншого.

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

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

2.5 Основні етапи технологічного циклу

Нерідко реальне життя робить сюрпризи, дивніші від найсміливіших фантазій. На перший погляд, усі зазначені цикли подій відбувалися у відносно різні періоди часу.

Як ти читачу здивуєшся, коли дізнаєшся, що практично всі цикли подій, що залежали від діяльності тисяч людей, які працювали в різних сферах діяльності і жили в різних куточках Землі, відбувалися, без перебільшення, синхронно. Більше того, виявилось, що в переважній більшості зазначених технологічних циклів ключові події взагалі сталися в один і той самий час (1973 рік – плюс-мінус від одного до декількох років). У цьому читач зможе переконатися, ознайомившись із даними таблиць 2.2 і А.1, або впевнитися, не полінившись зайти на відповідні сторінки Інтернету.

Таблиця 2.2 – Цикли подій, що передували формуванню Інтернету речей (цифрові посилання в стовпчику «Подія» відповідають номеру пояснення в таблиці додатку 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, в 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)

Проривні технології в економіці і бізнесі

Продовження таблиці 2.2

1	2	3
4. Wi-Fi	1971 2000 2009	Перша реалізація ідеї; ⁵⁾ початок комерційного використання; прийняття офіційних стандартів
5. Відновлювана енергія	1973 2000 2010	Активізація робіт у галузі відтворювальної енергетики (сонячні панелі, годинник, калькулятори та 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
9. RFID-мітки	1973 1997 2010	Перша демонстрація; ¹⁰⁾ прийняття міжнародних стандартів; повсюдне поширення (бібліотеки, магазини, паспорти)
10. GPS	1973 2000 2010	Ініціювання програми; одержання назви; ¹¹⁾ отримання цивільного статусу; 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

В авторів немає серйозного пояснення такому феномену. З несерйозних версій «крутиться» лише одна. За часів «перебудови» у останні роки Радянського Союзу існував анекдот про те, що є два шляхи налагодити порядок у країні: один – фантастичний, а інший – реальний. Фантастичний

шлях означав, що ми самі все організуємо належним чином. Реальний шлях припускав, що це зроблять за нас інопланетяни. Сьогодні своєрідну перебудову переживає в глобальних масштабах уся людська цивілізація. Подумалося, чи не з реальним шляхом пов'язана настільки чітко організована подача на збірку «комплектувальних» «Інтернету речей».

Зазначені в таблицях 2.2 і А.1 цикли подій фактично є ключовими компонентами для початку «збирання» «Інтернету речей» (Teicher, 2019). Всі вони спиралися на відповідні проривні технології.

Водночас названі лише основні цикли. Їх 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 і створення систем бездротового передавання енергії, створення компактних акумуляторних джерел живлення (батареї) багаторазового використання і багато іншого. За іронією долі ключові події за більшістю й цих циклів також припадають на початок 1970-х років. Завдяки всім згаданим циклам подій до початку 2010-х років сформовано основні передумови до «збору» та старту функціонування Інтернету речей.

2.6. Сучасні тренди еволюції Інтернету речей

Технічне удосконалення IoT. Для подальшого розвитку IoT необхідно вирішити 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 при астрономічному числі підключень в тисячі трильйонів одиниць (пристроїв, контактів, речей) (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 – Майбутній розвиток технологій та потреби в їх наукових розробках (Patel et al., 2016)

Технологія	Майбутній розвиток	Потреби в наукових розробках
1	2	3
Електронні пристрої	<ul style="list-style-type: none"> • Нанотехнологія • Зменшення розмірів чипів • Значно нижче споживання електроенергії 	<ul style="list-style-type: none"> • Дешеві модульні пристрої • Низько енергетичні EPROM/FRAM-технології • Автономна мережа живлення
Сенсорні системи	<ul style="list-style-type: none"> • Розумні сенсори (наприклад, біохімічні) • Мікросенсори 	<ul style="list-style-type: none"> • Сенсори, що самозаряджаються • Чипи зі штучним інтелектом

Проривні технології в економіці і бізнесі

Продовження таблиці 2.3

1	2	3
	<ul style="list-style-type: none"> • Сенсори з нижчим рівнем споживання електроенергії • Бездротові сенсорні мережі 	
Комунікаційна технологія	<ul style="list-style-type: none"> • Вбудовані у мікросхему антени • Широкоспекторні технології • Об'єднані протоколи широкого спектру • Багатофункціональні чипи з переналаштуванням конфігурації 	<ul style="list-style-type: none"> • Протоколи взаємодії • Багатопротокольні чипи • Мережа вбудованих чипів • Ширший діапазон частот (до десятків ГГц) • 5G-технології
Мережева технологія	<ul style="list-style-type: none"> • Мережі, що самоорганізуються • Мережі, що саморемонтуються • IPv6-розширення • Постійне впровадження Інтернету речей, що базується на IPv6 	<ul style="list-style-type: none"> • Grid/Хмарна мережа • Програмно-конфігуруюча мережа • Сервісна мережа • Need-based основані на потребах мережі
Програмне забезпечення (ПЗ) та алгоритми	<ul style="list-style-type: none"> • Цілеспрямоване ПЗ • Розподілений інтелект та вирішення проблем • Програмне забезпечення, орієнтоване на користувача 	<ul style="list-style-type: none"> • Контекстно-усвідомлене ПЗ • ПЗ, що саморозвивається • Самоконфігуруюче ПЗ • Самовідновне ПЗ • Самокероване ПЗ
Обробка даних та сигналів	<ul style="list-style-type: none"> • Контекстно-усвідомлене оброблення даних • Когнітивне оброблення та оптимізація • IoT-аналіз даних • IoT-візуалізація даних • Обробка даних з урахуванням енергетичних потреб та спектру частот 	<ul style="list-style-type: none"> • Загальносенсорна об'єктна модель • Енергоефективне оброблення даних • Автономне обчислення
Пошукова система	<ul style="list-style-type: none"> • Автоматичне тегування маршрутів і центри ідентифікаційного управління • Можливість відкриття/інтеграції на вимогу 	<ul style="list-style-type: none"> • Поєднання пошуку об'єктів та послуг через служби знаходження
Технології безпеки та конфіденційності	<ul style="list-style-type: none"> • Контекстно-орієнтовані технології конфіденційності та приватності • Конфіденційно спрямована обробка даних 	<ul style="list-style-type: none"> • Низьковартісні, захищені та високо ефективні 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, 2019). На відміну від IoT, що реалізує головним чином комунікації між машинами (M2M), IoE концептуально

має більш широку сферу дій, включаючи комунікації машин та людей (people-to-people – M2P), а також інтерактивні комунікації між людьми (people-to-people – P2P). Інакше кажучи, ІоЕ включає сукупність Інтернету речей і традиційних підключених пристроїв, таких як комп'ютери, смартфони, планшети.

Останнім часом на ринку ІоЕ почали активно проявляти себе відносно нові типи підключених пристроїв (годинники, окуляри, підключені TV, авто і багато іншого) Розвитку цього ринка сприяють нові прогресивні тренди: хмарні технології, високошвидкісні інтернет-мережі нового покоління (зокрема, 5G) та інше. У впровадженні ІоЕ лідирують Азія та Європа.

Важко навіть уявити собі гігантську інформаційну складність завдання, яке дозволяє вирішувати Інтернет всього! За оцінками компанії Cisco, на кінець 2020 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. При цьому підключення кожного нового предмета (50 млрд + 1) збільшуватиме число 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 (Всеобъемлющий, 2013).

Втім, ІоТ існує не заради підключень, а заради користі, яку приносять ці підключення. Згідно з гіпотетичним законом Меткалфа, цінність мережі зростає у геометричній прогресії залежно від кількості підключень. Вперше цей закон сформулював Дж. Гілдер у 1993 році, посилаючись на Роберта Меткалфа. Останній сформулював його ще у 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 (Всеобъемлющий, 2013). Проте, не слід забувати, що справжня цінність ІоЕ полягає навіть не в кількості підключених пристроїв, а в значимості контактів (спілкувань) між людьми, процесами, даними та об'єктами, що ведуть до підвищення якості життя людей і їх особистісного розвитку.

Розвиток соціально-економічних комунікацій. Інтернет всього дозволяє реалізувати цілий комплекс комунікацій (інтерфейсів). На основі аналізу публікацій (Bloem et al, 2014; Груман, 2014; Вострилова, 2015) автори сформулювали зміст основних із них. Кожна із зазначених комунікацій також базується на відповідних технологіях, які також відкривають нові низки проривних технологій.

Комунікація особистісної людини («соціо») із самою собою. Може бути реалізована, зокрема, через соціальні мережі, коли людина одержує зворотний зв'язок на висловлені думки. Це може сприяти переосмисленню

Проривні технології в економіці і бізнесі

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). Подібні комунікації використовують усе частіше, хоча людина не завжди їх помічає, адже вони стають звичними. Такі комунікації використовують на виробництві (де машини дозволяють контролювати виробничі процеси або попереджають про небезпеку зривів) і в побуті (досить згадати пульт для відкриття гаража, 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 або в державі ресурсів або встановлювати їх відповідність чинній правовій основі.

Особливої актуальності цей вид комунікацій набуває у світлі П'ятої промислової революції, центральне місце в якій займає 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 творчого потенціалу людини, яка за рахунок упровадження 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 із собою, може, завдяки зворотному зв'язку, стати предметом оптимізації та підвищення ступеня сумісності в цій парі.

Електромобіль Tesla розумнішає з кожним місяцем експлуатації користувачем, одержуючи 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, прогриває салон перед розрахунковим часом виходу з дому. Скоро багато предметів навчатимуться 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 повинен відбуватися у світлі згаданої вище Industry 5.0, буде *персоналізація* виробництва споживчих товарів (виробництво товарів, адаптованих до індивідуальних запитів споживачів). Втім, на виробничій стадії процес персоналізації зупинятися не буде. Значна частка товарів (оснащена відповідною інфор-

маційною основою) зможе й далі продовжувати адаптуватися до вподобань та бажань споживачів.

Ще однією особливістю процесу *персоналізації* є орієнтація на запити саме особистісного начала людини, що сприятиме соціальному розвитку людини, це обумовлено цілями сестейнового розвитку.

Комунікація машин із машинами (M2M) або речей із речами (речей із машинами). Вирішує 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 та 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 мешкання 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 – вдосконалення інструментарію між-особистісного 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 з 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.

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

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

Сучасні тренди розвитку IoT. Застосування нових прогресивних технологій і освоєння суспільством концепції IoT обумовлюють появу нових трендів у розвитку цього суспільного явища.

Проривні технології в економіці і бізнесі

Технології нового покоління. Застосування таких технологій (насамперед 5G) дає змогу максимального ущільнення існуючих мереж. Це ліквідує бар'єри, які сьогодні гальмують розвиток IoT. Зокрема, проблемою є навіть отримання унікальних інтернет-адрес різними підключеними пристроями. Нові технології такі перешкоди знімають. Це, зокрема, дозволить впровадити інтелектуальні технології для розвитку «розумних міст». Як приклади можна назвати: камери відеоспостереження, ефективно 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 (циклогексасилан), 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 з відміткою часу, які компанії повинні збирати і аналізувати. При цьому елемент часу буде мати вирішальне значення для аналітики таких даних. Багато підприємств зрозуміють, що їм потрібна спеціальна стратегія для даних часових рядів, щоб максимально вилучити з них всю цінність.

Обробка даних іде в хмару. Обсяг даних з IoT надзвичайно зростає, через це їх обробка піде в хмару. Технології IoT будуть розвиватися разом з 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 вибудовувати інтелектуальні стратегії (наприклад, планувати дії) які допомагають збільшити прибуток або число покупців;
- призначені для користувача пристрої з кожним роком ставатимуть мініатюрніше і дешевше, при цьому 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 рамки пілотних проєктів, такі рішення почнуть впроваджувати в глобальному масштабі. За останні кілька років багато компаній зі списку Fortune 500, наприклад Mitsubishi, випробували IoT-проєкти, тепер процеси впроваджуються 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 продовжують рухатися до впровадження сторонніх хмар. Таким чином, інтеграція між пристроями індустріального Інтернету речей і хмарами стає все більш важливою.

Цивілізаційне значення IoT. Необхідно підкреслити одну дуже важливу деталь. Формування «Інтернету речей» означає не лише тотальну автоматизацію виробничих і побутових процесів. Це явище означатиме якісну зміну характеру соціально-економічної системи. Справа у тому, що радикально змінюються умови життя і діяльності людини. По-перше, вона звільняється від рутинних обов'язків у виробничому процесі, одержуючи небачені до цього можливості концентрації своїх зусиль на своєму особистісному (соціальному) розвитку; по-друге, кожний індивід одержує 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».

Необхідно звернути увагу ще на один момент. Прийдешні зміни будуть являти собою не лише черговий фазовий перехід до нової соціально-економічної формації, а й метaperехід, що означає безпрецедентне формування нової соціально-економічної цілісності вищого системного рівня – всепланетної людської спільноти як екіпажу космічного корабля «Земля» з єдиними органами керування та системою життєзабезпечення.

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. Анисимов В. В. Искусственный интеллект. *Интеллектуальные информационные системы*. URL: <https://sites.google.com/site/anisimovkhv/learning/iis/lecture/tema1> (дата обращения: 10.04.2019).
3. Богатов 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).
4. Взгляд изнутри: RFID и другие метки. *Хабр*. 05.12.2012. URL: <https://habrahabr.ru/post/161401/> (дата обращения: 10.04.2019).
5. Вострилова Е. Четвёртая революция: Интернет вещей. *Эксперт*. Январь 2015. URL: <http://www.ncca.ru/file?Files&141> (дата обращения: 01.03.2019).

Проривні технології в економіці і бізнесі

6. 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).
7. Груман Г. Многоликий Интернет вещей. *Директор информационной службы*. № 9. 2014. URL: <http://www.osp.ru/cio/2014/09/13042516/> (дата обращения: 01.03.2019).
8. Интернет вещей: история развития и создания. *Iot.ru: Новости Интернета вещей*. URL: <https://iot.ru/wiki/internet-veshchey> (дата обращения: 25.11.2019).
9. Интернет вещей: как технологии будущего упрощают настоящее. *Деловой новостной сайт Дело Украина*. 07.08.2018. URL: <https://delo.ua/business/internet-veshej-na-peresechenii-nastojaschego-i-345002/> (дата обращения: 25.04.2019).
10. 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).
11. История появления Интернета. *Retrobazar*. 15.12.2012. URL: http://retrobazar.com/journal/interesting/988_istorija-pojavlenija-interneta.html (дата обращения: 10.04.2019).
12. 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).
13. История искусственного интеллекта (а). *Википедия*. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/История_искусственного_интеллекта (дата обращения: 10.04.2019).
14. История персональных компьютеров (б). *Википедия*. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/История_персональных_компьютеров (дата обращения: 10.04.2019).
15. История создания системы GPS (в). *iTrack*. URL: <http://www.itrack.com.ua/support/docs/historyofgps> (дата обращения: 10.04.2019).
16. Как появилась первая цифровая камера. *Livejournal*. 30.12.2014. URL: <https://masterok.livejournal.com/2175310.html> (дата обращения: 10.04.2019).
17. Комиссаров А. Четвёртая промышленная революция. *Ведомости*. 13.10.2015. URL: <https://www.vedomosti.ru/opinion/articles/2015/10/14/612719-promishlennaya-revoljutsiya> (дата обращения: 01.03.2019).
18. Коннектом. *Википедия*. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Коннектом> (дата обращения: 10.04.2019).
19. Кулеш С. Оператор Vodafone Украина запустил услугу IoT Monitor для пакетного управления IoT-подключениями. *ITC.ua*. 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).
20. Купер, Мартин. *Википедия*. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Купер,_Мартин (дата обращения: 10.04.2019).
21. 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).
22. Мельник Л. Г. Зелена економіка : підручник. Суми : Університетська книга, 2018. 463 с.
23. Муртазин Э. От «кирпича» до смартфона: Удивительная эволюция мобильного телефона. Москва : Альпина Паблицер, 2012. 221 с.
24. Облачные вычисления. *Википедия*. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Облачные_вычисления (дата обращения: 15.04.2019).

Розділ 2. Інтернет речей як провідний тренд Industry 4.0

25. Олиарнык 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).
26. Охотник Ю. В цифрах: количество пользователей Интернета 15 лет назад и сегодня. *VIT.UA*. 27.05.2015. URL: <https://bit.ua/2015/05/internet-changes/> (дата обращения: 10.04.2019).
27. 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).
28. Робот. *Википедия*. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Робот> (дата обращения: 15.04.2019).
29. Семчишин А. История облачных вычислений. *Obozrevatel*. 02.02.2018. URL: <https://www.obozrevatel.com/tech/istoriya-oblachnyih-vyichislenij.htm> (дата обращения: 15.04.2019).
30. 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).
31. Технологии передачи запаха. *Википедия*. 09.08.2017. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Технологии_передачи_запаха (дата обращения: 10.04.2019).
32. Цифровые ароматы: записи, восстановление и передача запахов. *Geektimes*. 27.10.2017. URL: <https://geektimes.ru/company/mailru/blog/294803/> (дата обращения: 10.04.2019).
33. Что такое дрон? *Мир квадрокоптеров*. 04.02.2018. URL: <https://mirquadrocoptеров.ru/obshhie-voprosy/chto-takoe-dron.html> (дата обращения: 15.04.2018).
34. Что такое интернет вещей (Internet of Things, IoT). *TAdviser*. 26.09.2017. URL: [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: 25.11.2019).
35. ALOHAnet. *Wikipedia*. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/ALOHAnet> (accessed on: 10.04.2019).
36. 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).
37. 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).
38. Dediccoat 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: 01.03.2019).
39. DeepMind. *Wikipedia*. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/DeepMind> (accessed on: 10.04.2019).
40. Digital Revolution. *Wikipedia*. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Digital_Revolution (accessed on: 10.04.2019).
41. 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: 20.11.2019).
42. Evans D. The Internet of Things. How the Next Evolution of the Internet Is Changing Everything. *Cisco White Paper*. Cisco Systems. 11.04.2011. URL:

Проривні технології в економіці і бізнесі

https://www.cisco.com/c/dam/en_us/about/ac79/docs/innov/IoT_IBSG_0411FINAL.pdf (accessed on: 01.03.2019).

43. GPS. *Вікіпедія*. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/GPS> (дата обращения: 10.04.2019).

44. Industrial Internet of Things – ПоТ Промышленный интернет вещей. *Tadviser*. 07.07.2019. URL: [http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:ПоТ_-_Industrial_Internet_of_Things_\(Промышленный_интернет_вещей\)](http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:ПоТ_-_Industrial_Internet_of_Things_(Промышленный_интернет_вещей)) (дата обращения: 25.11.2019).

45. Internet of things. *Wikipedia*. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Internet_of_things (accessed on: 25.11.2019).

46. Nokia Communicator. *Вікіпедія*. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Nokia_Communicator (дата обращения: 10.04.2019).

47. 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: 27.11.2019).

48. Prof. Schmidhuber's highlights of robot car history. URL: <http://people.idsia.ch/~juergen/robotcars.html> (accessed on: 25.05.2019).

49. RFID (a). *Вікіпедія*. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/RFID> (дата обращения: 10.04.2019).

50. RFID стандарты EPC Global ISO 18000 (б). URL: http://www.keytex.ru/index.php?page=rfid_standart (дата обращения: 10.04.2019).

51. Rouse M. What is Internet of Everything (IoE). *TechTarget*. URL: <https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/Internet-of-Everything-IoE> (accessed on: 30.11.2019).

52. Teicher J. The little-known story of the first IoT device. *IBM Industries*. 07.02.2018. URL: <https://www.ibm.com/blogs/industries/little-known-story-first-iot-device/> (accessed on: 25.11.2019).

53. 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).

54. 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: 25.11.2019).

Питання до розділу 2

1. Назвіть забезпечувальні компоненти до формування Інтернету речей (IP).

2. Поясніть, яку роль відіграє кожен із забезпечувальних компонентів у функціонуванні IP.

3. Охарактеризуйте стисло ключові проривні технології, на яких базувалося формування IP.

4. Покажіть на прикладі, як розгорталися цикли подій щодо створення передумов до формування IP.

5. Які сфери застосування має IP?

6. Які соціальні комунікації дозволяють реалізувати сучасні технології?
7. Поясніть взаємозв'язок сучасних проривних технологій із фазовим переходом до нової соціально-економічної формації.
8. Які ознаки фазового переходу ви можете назвати?
9. Яку роль відіграють економічні фактори в реалізації сучасних трансформаційних процесів?
10. Які найважливіші економічні фактори можна виділити щодо впливу на процеси реалізації ІТ?

РОЗДІЛ 3

ПРОРИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК ОСНОВА ФОРМУВАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ¹

3.1 Проривні технології як основа сестейнової трансформації енергетики країн ЄС²

Енергетика є базовою ланкою будь-якої економіки. Ціна енергії значною мірою визначає ціну вироблених товарів та послуг. А від екологічності процесів одержання енергії залежить ступінь техногенного навантаження суспільства на природні системи. Таким чином, екологічно обумовлена трансформація енергетики відіграє вирішальну роль у сестейнізації економіки.

Невипадково з п'яти напрямків (принципів) реалізації Т. п. р. у країнах ЄС, прийнятих 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.
1. Використання просторів існуючих соціальних та промислових об'єктів (наприклад, дахів і фасадів будинків, поверхонь доріг та ін.) для установлення генераторів відновлюваних джерел енергії (сонячної, вітрової, геотермальної тощо).
2. Розроблення високоефективних засобів акумулювання енергії.
3. Інтеграція розподілених відновлюваних джерел енергії в єдину загальноєвропейську інформаційно-енергетичну мережу (ЕнерНет).
4. 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 повинні бути досягнуті: 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 з традиційними способами одержання енергії, що ґрунтуються на спалюванні викопних видів палива.

¹Розділ містить матеріали підручника «Зелена» економіка (досвід ЄС і практика України у світлі III і IV промислових революцій). Суми : ВТД «Університетська книга», 2018. 463 с.

²Матеріал підготовлено в рамках НДР "Моделювання трансферу екоінновацій в системі «підприємство-регіон-держава»: вплив на економічне зростання та безпеку України" (№0119U100364), яка фінансується за рахунок державного бюджету України.

Розділ 3. Проривні технології як основа формування альтернативної енергетики

Крім того, вони мають кілька очевидних властивостей, що 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, вже 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 та 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 прийняття п'яти згаданих принципів реалізації Т. п. р. збігся в часі з енергетичною кризою 2007 року, коли ціна на нафту на світових ринках підвищилася з 30–40 доларів, які були лише за кілька років до цього, в середньому до 120 дол. За 1 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 підвищилася 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 їх активності. Внаслідок цього у 2009 році ціни на нафту знизилися взагалі до 30 доларів за 1 барель. Дешеві ціни на нафту активізували економічну активність, що, також, із часом мотивувало підвищення ціни на нафту. І до 2012 р. вона знову досягла позначки 120 дол. За нею «поповзли вгору» й ціни на інші товари. Через два роки маятник хитнувся у зворотному напрямку, довівши ціни на нафту до 30 дол. І економіка знову пішла колом.

Як бачимо, сам характер енергетики, що базується 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 лише забезпечити стабільний режим поставок електроенергії, а й упора-

Проривні технології в економіці і бізнесі

тися з проблемами істотних коливань споживання енергії впродовж добових і тижневих періодів часу. Це, як відомо, створює досить серйозні труднощі для традиційної енергетики.

У той самий час 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 уже зазначалося, у багатьох країнах Євросоюзу частка електроенергії, вироблювана на атомних електростанціях, становила в середньому від 30 % до 40 %, у низці країн 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 вирішена лише через інтенсифікацію використання відновлюваних джерел енергії. Це й дало старт системному явищу під назвою «Третя промислова революція».

Іншою відмінною рисою відновлюваних джерел енергії можна вважати їх відносну *економічність*. Вона обумовлена тим, що вартісні показники виробництва альтернативної енергії мають одну цікаву особливість. В 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 то атомної електростанції) операційні витрати виробництва зростають зі збільшенням обсягу виробленої електроенергії. Адже з кожною виготовленою кВт-годиною електроенергії необхідно більше платити за придбання палива і людську працю, що забезпечує виробничий процес.

Сонячний, вітровий або геотермальний генератори не потребують палива. Джерелами їх роботи безкоштовно служать сили природи. Так само й праця людини під час їх роботи ніяк не пов'язана з об'ємом 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, припливна енергія) дозволяє взагалі обходитися без палива і хімічних процесів його спалювання. Це означає, що з виробничих циклів виключаються цілі галузеві ланки, які забезпечують: видобування викопних ресурсів, ре-

Розділ 3. Проривні технології як основа формування альтернативної енергетики

культивуацію порушених ландшафтів, транспортування сировини (вагонами/суховантажами – в разі вугілля або цистернами/трубопроводами/танкерами – в разі нафти й газу), спалювання палива в електростанціях; виготовлення очисного обладнання та 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 істотно полегшиться, якщо процеси розроблення та утилізації генераторів будуть передбачені конструктивно під час проєктування самих генераторів.

Усе ж необхідно визнати, що майже всі напрямки відновлюваної енергетики, зокрема сонячна та вітрова, забезпечують виробництво енергії з мінімальними витратами праці на стадії їх експлуатації. Американський економіст Дж. Рифкін назвав це явище енергією «з нульовими змінними витратами». Крім того, порівняно з вуглецевою та атомною енергетикою під час експлуатації відновлюваних джерел енергії практично виключаються витрати, матеріалізовані у видобування і перероблення вихідних енергоносіїв (Рифкін, 2016).

На рубежі 2015–2016 років середньосвітова вартість виробництва одиниці енергії в альтернативній енергетиці вже зрівнялася з такими самими показниками в традиційній енергетиці.

Водночас необхідно врахувати, що завдяки технічному прогресу питомі витрати на одиницю встановленої потужності в альтернативній енергетиці будуть стрімко знижуватися. Наприклад, очікується, що лише з 2016 до 2018 року вартість виробництва одиниці сонячної енергії повинна скоротитися майже на 50 %, а вітрової – майже на 35 % (New Energy, 2016; Shahan, 2016; Weaver, 2016). І це відбуватиметься при нескінченних джерелах відновлюваної енергії.

Зовсім інша перспектива спостерігається для традиційної енергетики. Її технічна основа перебуває вже на межі вдосконалення і поліпшення питомих економічних показників. Це в той час, як природні умови видобування 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 їх розподіленість. На відміну від джерел палива традиційної енергетики, які мають одиниці, відновлювані джерела енергії доступні більшості жителів планети. Причому це стосується не лише повсюдної фізичної наявності самих джерел енергії (сонця, вітру, геотермального тепла), й економічних

Проривні технології в економіці і бізнесі

можливостей самого генерування енергії. Вже сьогодні багато домо-власників можуть собі дозволити мати свою власну електростанцію, що задовольняє їх потреби в електроенергії. Завтра це буде доступно мільйонам, а післязавтра – мільярдам мешканців Землі.

Один з ідеологів здійснення Т. п. р. в Європі Дж. Рифкін у своїх працях неодноразово підкреслював необхідність системної реалізації всіх п'яти напрямків (принципів), згаданих на початку цього підрозділу. Реалізація будь-якого з них у відриві від інших значно знижує ефективність проведення заходів.

3.2 Базові проривні технології розвитку «зеленої» енергетики

«Зелена» енергетика, яку, безсумнівно, цілком заслужено вважають однією з головних інновацій сучасності, належить, швидше, до того нового, що згідно з відомим висловом є «добре забутим старим». До певної міри «зелена» енергетика знаменує повернення людини до своїх витоків, коли вона використовувала енергетичні сили природи: вітру, води, сонця, хімічних процесів. Але щоб це повернення відбулося, людству необхідно було піднятися на новий технічний рівень, удосконалити свої знання, світогляд, виробничі технології, вихідні матеріали, організаційні підвалини. Тому в цьому разі повернення до природних основ необхідно розцінювати не стільки як «назад до природи», скільки як «уперед до природи».

Сторінки історії

Вітроенергетика. Перші відомості про використання вітру для приведення механізмів у дію датуються ще 1750 роками до н. е. (Вавилон). Відомо також, що в XI ст. вітряні млини використовували на Близькому Сході (Іран, Ірак, Афганістан), зокрема як силові установки для зрошення земель. Застосовували два типи коліс: із вертикальною віссю (навколо якої оберталося кілька лопаток) і горизонтальною віссю (на якій розміщувалися лопаті крана пропелерного типу). Цілком ймовірно, ідею про використання вітрових установок до Європи завезли зі Сходу хрестоносці на початку 1100-х років. У Французьких хроніках 1180 року та англійських – 1190 року уже розповідається про працівники млини. Звідти вітряки поширилися в Голландію, Фландрію, Німеччину та інші країни. Економічний розквіт Голландії в XVII–XVIII століттях значною мірою був обумовлений розвитком там вітроенергетики. Спочатку вітряки в основному надавали руху насосам для осушування земель, а потім стали широко використовуватися як приводи в різних виробництвах. Це забезпечило лідерство тодішньої Голландії в енергооснащеності серед європейських країн і фактично зумовило старт місцевої промислової революції (яку деякі дослідники називають «нульовою» – вона начебто була прологом Першої промислової революції, що стартувала за кілька десятиліть в Англії). У 1700-х роках в європейських країнах (Англія, Німеччина, Голландія, Іспанія, Франція, Росія, Україна)

Розділ 3. Проривні технології як основа формування альтернативної енергетики

працювали вже тисячі вітряків. У кінці XIX століття в Голландії їх налічувалося понад 10 тисяч. Лідером побутового використання вітряків була Данія. У ній було близько 30 тисяч побутових вітряків і лише 3 тисячі – промислових (Мосейчук, 2014).

Україна – країна з багатовіковими традиціями використання енергії вітру, який масово застосовували для розлому зерна і перекачування води. За деякими оцінками, перед 1917 роком сумарна потужність вітряків в Україні доходила до 1 400 МВт (що можна порівняти, наприклад, із потужністю Хмельницької АЕС (Мосейчук, 2014).

Із початком використання парових машин та двигунів внутрішнього згоряння кількість вітряків, які використовували, почала скорочуватися. Перші промислові вітрогенератори були сконструйовані в Данії в 1890 році. Свої типи вітроустановок в 1920-ті роки запропонували інженери Франції, США, Нідерландів, Німеччини.

У дореволюційній Росії теорію вітродвигунів створюють Н. Є. Жуковський та його учні (В. П. Ветчинкін, Г. Х. Сабін, Н. В. Красовський, Г. Ф. Проскура). Зокрема, академік Г. Ф. Проскура з Харківського політехнічного інституту зробив теоретичні розрахунки різних типів вітроколеса. У 1933–1934 рр. у Харкові під керівництвом Ю. В. Кондратюка (А. І. Шаргея), ім'я якого згодом стало відомим після реалізації американської програми польоту на Місяць, було розроблено проєкт найбільшої на той час у світі ВЕС на 12 тис. кВт. У 1936 р. в Криму навіть було розпочато її будівництво, яке незабаром було зупинене.

У період із 1940 до 1970 року вітроенергетика зазнала спаду. З'явилася відносно недорога електроенергія, вироблена на теплових електростанціях, що забезпечували до того ж незалежне від погоди енергопостачання. Новий інтерес до вітроенергетики став виявлятися після нафтової кризи 1973 року. Пізніше чорнобильська, а потім фукусімська катастрофи також стимулювали інтерес до відновлюваних джерел енергії і до вітрової енергії зокрема.

Гідроенергетика. Воду, як і вітер, використовувала людина як силовий фактор для полегшення праці людини. Водяні млини працювали нарівні з вітровими, їх застосовували в сільському господарстві, ткацькій справі, металургії.

Прийнято вважати, що вперше для виробництва електрики гідроенергетичний метод у 1878 році використав англієць Уільям Армстронг (William George Armstrong) для живлення електродугової лампи у своїй художній галереї. Він винайшов і гідроакумулятор, що накопичував енергію піднятої води. Перша електростанція була запущена в 1882 році на Фоке-Рівер у місті Еплтон, штат Вісконсин, США. Через п'ять років у США та Канаді було вже 45 гідроелектростанцій, а в 1889 році – 200 (Гідроенергетика, 2019).

У дореволюційній Росії перші гідроелектростанції були побудовані в Сибіру на березі річки Березівка (притоки р. Бухтарм) у 1892 році і на річці Нігр (притоки р. Вачі) у 1896 році (Гідроенергетика, 2019). Як відомо, в Україні найбільша на той час у СРСР гідроелектростанція ДніпроГЕС була запущена в 1936 році.

Сьогодні будівництво великих ГЕС на рівнинних територіях вважають недоцільним. Будівництво ГЕС доцільне лише там, де можна обійтися без

Проривні технології в економіці і бізнесі

затоплення територій (малі річки, гірські річки, рукавні мікроГЕС). І тут лідирують скандинавські країни (передусім Норвегія).

Сонячна енергетика. Основними способами перетворення сонячного випромінювання на електроенергію є фотоелектричний та геліотермічний. Перший базується на фотоелектричному ефекті, тобто випромінюванні електронів речовиною під дією світла; другий – на концентрації сонячних променів за допомогою дзеркал із подальшим підігріванням теплоносія (наприклад, води). Останній, також, перетворюється на пару і приводить у дію турбіну.

Як відомо, енергію сонця люди використовували з давніх часів. Зокрема, сонце активно застосовується у виробничих процесах (наприклад, під час сушіння). Архімед згідно з древньогрецькими хроніками в битві під Сиракузами 212 року за допомогою зв'язаних дзеркал запалив весь римський флот. Сучасні дослідження підтвердили теоретичну можливість подібного факту. А палаючим агентом могла виявитися смола на кораблях, що допомогла зберегти дерев'яні корпуси судів, але легко запалювалася під впливом високої температури (Володин, 2019).

Сучасний етап розвитку сонячної енергетики, вочевидь, необхідно датовати 1839 роком, коли французький фізик Александр Беккерель (Alexandre Edmond Becquerel) відкрив явище фотоелектричного ефекту. А в 1883 році американець Чарльз Фріттс (Charles Fritts) сконструював із селену перший фотоелемент. Щоправда, його ККД ледь досягав 1 %.

Великий внесок у дослідження фотоелектричного ефекту зробив Альберт Ейнштейн (Albert Einstein), який саме за цю працю (а не за теорію відносності) одержав Нобелівську премію в 1921 році. У СРСР під керівництвом Абрама Іоффе (вихідця з України) у 1930-ті роки були створені сонячні сірчано-талієві елементи, щоправда, теж із невисоким ККД.

Проривним виявився 1955 рік, коли компанія Bell Telephone представила сонячну батарею на основі кремнію. Її ККД становив уже близько 6 % і був у подальшому збільшений до 11 %.

Із виходом людини в космос використання фотоелементів було активізоване. Зокрема, в першому супутнику (1958 р.) використовували фотоелементи. Черговий поштовх до розвитку сонячної енергетики дала нафтова криза 1973–1974 рр. Почали виготовляти вироби із сонячними елементами (годинники, калькулятори). Будували будівлі, що використовують сонячну енергію.

Перша геліотермальна електростанція (10 МВт) була запущена в США в 1981 році. У 1988 році корпорація Applied Solar Energy Corporation (ASEC), скориставшись ідеєю групи наукових дослідників під керівництвом Жореса Алфєрова, розробила на основі галій-арсенічних батарей елемент із ККД 17 %. Наразі ККД серійних панелей доведено до 20 %. А компанія Boeing випустила сонячні панелі з ККД 39,2 % (История, 2014).

Біогазова енергетика. Згадки про використання примітивних біогазових технологій трапляються в рукописах Китаю, Індії, Азії, Персії і датуються ще до нашої ери. Однак відносно системні дослідження та використання біогазу почалися лише в XVIII столітті н. е. Вперше дослідив та описав самозаймісті гази в болотах і озерних відкладах Алессандро Вольта (Alessandro Volta) в 1776 р. Він виявив наявність метану в болотному газі й дослідив його властивості.

Розділ 3. Проривні технології як основа формування альтернативної енергетики

Після того як англійський хімік Джон Дальтон (John Dalton) у 1804 році відкрив формулу метану, європейськими вченими були зроблені кроки з практичного застосування біогазу. В 1875 році знаменитий російський фізик і хімік А. С. Попов описав вплив температури на кількість біогазу, що виділяється. А трохи пізніше В. Л. Омелянський дослідив природу анаеробного бродіння і бактерій, що беруть участь у ньому (История, 2017).

Із початку 1880 років у Європі почалися дослідження із використання біогазу для обігрівання приміщень та освітлення вулиць. Перша задокументована біогазова установка була побудована в Бомбеї, Індія, в 1859 році. З 1895 року біогаз почали застосовувати у Великобританії для вуличного освітлення (Биогаз, 2019).

Перший великомасштабний завод із виробництва біогазу був побудований у 1911 році в Бірмінгемі, Англія. Значний поштовх до розвитку біогазові технології отримали в країнах, що воювали (Німеччина, Угорщина, Франція), через нестачу палива у період Другої світової війни. Після війни багато установок були демонтовані на тлі відносно дешевого палива. Новий сплеск уваги до біотехнологій виник лише під час нафтової кризи на початку 70-х років ХХ століття, а потім на початку 2000-х років.

Розвиток біогазових технологій відбувався у трьох основних напрямках: оброблення стічних вод, органічних відходів (зокрема тих, що містяться у твердих побутових відходах), відходів тваринництва. Перша промислова біогазова установка з перероблення тваринницьких відходів була відкрита в США в 1939 році. У 1954 році теж у США був побудований перший завод із перероблення комунальних відходів з одержанням біогазу. Сьогодні там діють тисячі таких заводів. Своїм шляхом, починаючи з 1970 років, йдуть країни Азії, зробивши акцент на створенні невеликих сімейних установок. Сьогодні в Китаї завдяки фінансовій підтримці держави, нараховується понад 10 млн таких установок, в Індії – близько 4 млн. У Фінляндії, Швеції, Австрії частка енергії біомаси досягає 15–20 % від усієї споживаної енергії (История, 2017).

За кілька років із кінця 2000-х років відновлювана енергетика стрімко пройшла величезний шлях, перетворившись з екзотичного експериментального сектору на повноцінну ланку енергетичної системи, яку вже можна порівнювати за обсягом виробництва з її лідерами. Більше того, вона стала відкрито витісняти їх із, здавалося б, непорушних позицій, відбираючи їх клієнтів та інвестиційні потоки.

3.3 Проривні технології сучасного розвитку альтернативної енергетики

Розвиток сонячної та вітрової енергетики. Про те, що альтернативна енергетика давно вже перейшла з існуючих на папері планів у реальну дійсність, переконливо свідчать численні цифри і факти. Досить ознайомитися лише з деякими з них, щоб переконатися, що це дійсно так.

Проривні технології в економіці і бізнесі

У 2015 р. потужності вітрових електростанцій у світі вперше перевищили потужності АЕС (Мощность, 2015). У 2016 р. в США кількість працівників «сонячної» енергетики вперше перевищила за цим показником нафтову промисловість (Турлікьян, 2016; Число, 2019; Федосенко, 2016).

2015-й став роком, коли собівартість сонячної і вітрової енергії стала нижчою за собівартість атомної енергії та майже зрівнялася із собівартістю одержання енергії на теплових електростанціях (Randall, 2015; Solar Power, 2019).

У 2015 і 2016 роках кількість сонячних установок у світі збільшилася більш ніж на третину порівняно з попереднім роком (Solar Power, 2019).

У 2016 році в Європі 86 % (21,1 з 24,5 ГВт) нових електростанцій, підключених до національних енергомереж, генерують енергію з відновлюваних джерел (В Европе, 2017; В Украине, 2017).

Щогодина в Китаї встановлюються одна вітряна турбіна і сонячна електростанція розмірами як три футбольних поля. Очікується, що вже в 2018 році Китай виконає завдання з розвитку відновлюваної енергетики, заплановане на 2020 рік (Каждый, 2017).

У цілому в 2016 році у світі було запущено 161 ГВт нових «зелених» потужностей енергетики. За даними Міжнародного агентства з поновлюваних джерел енергії (IRENA), на 1 січня 2017 року встановлена потужність «зелених» електростанцій у світі досягла 2006 ГВт. У 2016 р. приріст потужностей за видами енергії становив: сонячна – 71 ГВт, вітрова – 51 ГВт, гідроенергія – 30 ГВт, біоенергія – 9 ГВт, геотермальна енергія – 1 ГВт (Вязов, 2017).

Серед регіонів із найбільшим приростом ВДЕ у 2016 році лідирує Азія – 58 %. Серед лідерів за приростом потужностей сонячної енергетики у 2016 році на першому місці Китай – 34 ГВт нових потужностей, потім США – 11 ГВт, Японія – 8 ГВт, Індія – 4 ГВт (Авельсник, 2017). Європа збільшила сонячні потужності на 5 ГВт, досягнувши 104 ГВт (лідирують Німеччина і Великобританія) (Вязов, 2017).

За 2017 рік у Китаї збільшилися потужності СЕС на 50 ГВт. Це майже вдвічі перевищує сумарні потужності, введені в дію традиційною енергетикою (1,1 ГВт – АЕС; 6,7 – ГЕС; 18,9 – ТЕС). Ще 7,3 ГВт становить приріст потужностей вітроелектростанцій. Загальна потужність СЕС у країні на кінець 2017 р. наблизилася до 130 ГВт. Завдяки Китаю загальна потужність нових сонячних електростанцій у світі у 2017 році перевищила 100 ГВт – більше, ніж будь-якого іншого виду станцій. За оцінкою Asia Europe Clean Energy Consultants, до 2020 року СЕС Китаю досягнуть потужності 248 ГВт, що вище за всю потужність російської енергетики (Китай, 2017; Михайлова, 2017).

Сьогодні європейські біогазові установки мають можливість замінити 15 вугільних електростанцій із середньою потужністю 500 МВт (Бельгія, 2015).

У принциповій життєздатності відновлюваних джерел енергії переконують рекорди, які вони встановлюють.

Розділ 3. Проривні технології як основа формування альтернативної енергетики

Зокрема, за даними кількох джерел, в один із сонячних днів (8 травня 2016 р.) у Німеччині частка електроенергії, одержаної лише від сонця і вітру, перевищила 87 % від загальної добової потреби в енергії за цей день. Виникла критична ситуація перевиробництва енергії в країні, що змусило енергетичний сектор на кілька годин увести негативну (від'ємну) ціну для стимулювання інтенсивного споживання енергії. Впродовж усього цього періоду за використання енергії платили не споживачі, а споживачам (Bolton, 2016 року; Coren, 2016). Подібні ситуації (виробництво понад 85 % за рахунок ВДЕ) стали повторюватися в Німеччині у святкові дні із завидною постійністю (грудень 2016 р.; січень 2017 р.; травень і грудень 2017 р.). У березні 2017 року Німеччина вийшла на середньомісячний показник – 41 % виробництва енергії з відновлюваних джерел (Федосенко, 2017; Reed, 2017).

Ще більше вражає інший рекорд: 9 вересня 2015 року в день, який видався дуже вітряним, вітроенергетика Данії виробила 144 % електроенергії, спожитої за цей день у країні. Це змусило посилити експорт енергетичної продукції. До речі, в Данії надзвичайно високий і середньорічний показник використання вітроенергії. Ще в 2015 році її частка досягла 42 %. Причому в 17 % балансу часу частка вітроенергетики «зашкалює», доходючи до 100 % (1 460 годин із 8 760 можливих) (Denmark, 2015).

Із 7 до 11 травня 2016 р. впродовж 107 годин Португалія споживала енергію винятково з відновлюваних джерел. Це неоднозначне досягнення, адже мова йде не лише про вихідні дні, коли енергоспоживання знижується, й про робочі. Близько чверті цієї енергії забезпечується вітроелектростанціями. Цікаво, що лише 15 років тому на частку вітрових електростанцій у цій країні припадав 1 % споживаної енергії (Португалія, 2016).

Уже 2017 рік ознаменувався новими рекордами. У Великобританії більшість ліній електропоїздів перейшли на сонячну енергію (Srivani, 2017). А в Нідерландах взагалі всі 100 % електропотягів національних залізниць перейшли на використання енергії вітру (Dutch, 2017).

Другого жовтня 2017 року вітрові турбіни Шотландії виробили 206 % від загальної потреби в електроенергії регіону. За підрахунками фахівців, цього б вистачило більше ніж на 7 млн будинків – утричі більше, ніж є в Шотландії. На один місяць раніше вітрогенератори впродовж усього місяця виробили енергії на 63 % від загальної потреби регіону (Ветрогенераторы, 2017).

В останню суботу жовтня 2017 р. вітрові генератори, встановлені в 28 країнах ЄС, виробили майже чверть (24,6 %) споживаної енергії. Всього в цей день вітрогенератори забезпечили потреби Данії на 109 %; Німеччини – на 61 %; Португалії – на 44 %; Ірландії – на 34 %. Із 28 країн 10 одержали не менше ніж 20 % необхідної електроенергії від вітрогенераторів (Європа, 2017).

На сьогодні країною, що повністю зупинила АЕС, стала Італія. У найближчому майбутньому її приклад планують перейняти Бельгія, Іспанія і Швейцарія. У Німеччині останню АЕС планують відключити до 2022 року (Алексеева, 2017).

Проривні технології в економіці і бізнесі

Однією з вирішальних ділянок боротьби «зеленої» енергетики за своїх споживачів є економічна. Саме ціна за одиницю одержаної енергії найчастіше є визначальним фактором під час прийняття рішень на користь розвитку цього виду енергії.

Справжня боротьба за рекорд у ціні сонячної енергії відбулася в 2016–2017 роках:

1) компанія SunEdison на аукціоні в Чилі на початку 2016 року запропонувала фантастично низьку ціну – 2,91 євроцента (¢) за 1 кВт / год електроенергії; це вдвічі нижче від ціни за електроенергію, яку отримують на вугільних електростанціях (Нижче, 2016);

2) у серпні 2016 року в ОАЕ було встановлено новий рекорд – 2,42 ¢ кВт / год (там само);

3) у грудні 2016 року датська енергокомпанія Pure & Better Energy в кінці року встановила новий світовий рекорд, продавши 20 МВт / год сонячної енергії за ціною 1,81 ¢ кВт / год (там само);

4) у вересні 2017 року в Саудівській Аравії був установлений новий рекорд – 1,79 ¢ / кВт·годину (Названа, 2017);

5) у листопаді 2017 року в Мексиці компанія ENEL Green Power запропонувала новий рекордний тариф – 1,77 ¢ кВт / год електроенергії від СЕС потужністю 167 МВт (там само).

Згідно зі звітом Світового економічного форуму відновлювана енергія стала дешевшою за нафту і газ уже в 30 країнах (зокрема, 11 країн із ЄС), включаючи: Австралію, Бразилію, Німеччину, Данію, Ізраїль, Нову Зеландію, Мексику, Туреччину, Чилі, Швецію, Японію та інші країни. У найближчі кілька років паритет вартості енергії буде досягнуто вже у 80 % усіх країн (Возобновляемая, 2019).

Можна з упевненістю стверджувати, що коли читач буде тримати в руках цю книгу, більшість рекордів, поставлених відновлюваною енергетикою, будуть перебиті її новими досягненнями (Дияшев, 2017). Упевненості в цьому додає динаміка розвитку «зеленого» сектору енергетики. Досить, зокрема, звернути увагу на дані таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Динаміка обсягів і вартості виробництва відновлюваної енергії (New Energy, 2016; Shahan, 2016; Weaver, 2016)

Показник	Значення
1	2
Подвоєння обсягу виробництва альтернативної енергії з 2000 р.: – щодо сонця; – щодо вітру	7 разів; 4 рази

Продовження таблиці 3.1

1	2
Прогнозоване збільшення обсягів виробництва енергії з 2016 до 2018 року: – щодо сонця; – щодо вітру	2 рази; 1,5 рази
Скорочення вартості виробництва енергії при кожному подвоєнні її об'єму : – щодо сонця; – щодо вітру	на 24 %, на 17 %

Наведемо ще один факт. На Саміті глав держав із питань клімату (Париж, грудень, 2015) був представлений проєкт щодо повного переходу на відновлювані джерела енергії (ВДЕ) для 139 країн, серед яких Україна (Для 139 країн, 2015).

Окремою сторінкою формування альтернативної енергетики є суперництво двох напрямків її розвитку, що базуються на створенні концентрованих і деконцентрованих (розподілених) електростанцій.

Перший напрямок орієнтується на концентрацію виробничих енергетичних одиниць (сонячних панелей або вітрогенераторів) на одній території. Водночас відбувається не лише територіальна, а й суб'єктна концентрація. Іншими словами, виробничі потужності концентруються в руках одного, нехай навіть і колективного власника (юридичної особи). У цьому напрямку рухаються країни, що мають достатню площу вільних територій. Для сонячної енергетики це зазвичай території пустель (Китай, Індія, Австралія, Африканські країни, США), для вітрової – прибережна морська зона (Японія, Великобританія, Нідерланди, Німеччина).

У 2014 р. найбільшою сонячною (фотоелектричною) електростанцією була СЕС у Каліфорнії (США) Topaz (550 МВт). У листопаді того самого року вона поступилася першістю сонячній електростанції в Камуті, Індія (648 МВт). У 2016 р. титул найбільшої СЕС у світі належить китайській Dam Solar Park (850 МВт, тобто майже 1 ГВт).

Необхідно відзначити, що з 2016 року Китай став найбільшим у світі виробником сонячної енергії, обігнавши Німеччину, США та Японію. У 2015 році сумарна потужність установлених у Китаї сонячних панелей збільшилася з 15 до 43 ГВт, у 2016 р. зросла до 77 ГВт, а у 2017 р. – до 128 ГВт (Шульц, 2017).

В Україні значні перспективи розкриваються у зв'язку з планами розвитку сонячної енергетики в Чорнобильській зоні. Наразі близько 60 компаній (включаючи закордонні) висловили своє бажання інвестувати свій капітал у будівництво там потужностей СЕС. Потенціал цієї території оцінюється як 2 ГВт виробництва електроенергії за 1 рік. І вже розпочато будівництво першої електростанції (Терехов, 2017).

Проривні технології в економіці і бізнесі

Другий напрямок пов'язаний із деконцентрацією джерел енергії, тобто розосередженням окремих потужностей як на території, 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), що буде вирішувати всі економічні й технічні проблеми виробництва і споживання енергії. Цим шляхом йде більшість європейських країн.

Перехід на відновлювані джерела енергії має надзвичайно велике значення для більшості країн. Це є одним із найважливіших кроків до забезпечення їх енергетичної незалежності й подальшої реструктуризації господарських систем у напрямку формування «зеленої» економіки. Відрадно, що поряд з іншими країнами свої зусилля в цьому робить і Україна.

Розвиток біогазової енергетики. На сьогодні максимальна кількість біогазових установок – близько 15 млн – діє в Китаї. В Індії – близько 10 млн установок. Активно розвивається біогазова галузь в Європі. В 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 діючих біогазових установок належить Німеччині – у 2016 р. їх налічувалося близько 10 800. Лише 7 % виробленого цими підприємствами біогазу надходить до газопроводів, решта – використовується для потреб виробника. У перспективі 10 – 20 % природного газу, що використовується в країні, може бути замінено на біогаз. З точки зору 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, що працюють на сільськогосподарських відходах (Обзор, 2017).

В Україні, незважаючи на величезний потенціал, біогазові технології не набули належного розвитку. Перша біогазова установка в Україні була побудована ще в 1965 р. на базі Бортницької станції аерації. Для виробництва біогазу вона використовувала осад стічних вод. Перша біогазова установка вітчизняного виробництва на відходах тваринництва була упродовженена в м. Сумах у середині 70-х років ХХ століття на підсобному тваринницькому комплексі НВО «Завод ім. М. В. Фрунзе». Інженери цього науково-виробничого об'єднання самі ж і розробили конструкцію уста-

новки. Одержаного газу повністю вистачало на опалення комплексу і на заправлення всіх автомобілів, які обслуговували господарство. На виході установки лише через кілька днів після входу на неї одержували також сухе (зневоднене) знезаражене і вільне від живого насіння бур'янів органічне добриво. Установка прослужила аж до розпаду Радянського Союзу.

У 1993 р. металургійний комбінат «Запоріжсталь» установив біогазову установку датської компанії Bigadan Ltd потужністю 50 кВт на своїй свинофермі. За 1 добу установка могла переробляти 20–22 т свинячого гною.

У 2003 році «Українська молочна компанія» (УМК) запустила на своїй фермі біогазову установку з перероблення гною великої рогатої худоби та силосу кукурудзи. Потужність цієї установки стала рекордною за всю історію біогазової галузі в Україні – 1 МВт.

Трохи пізніше біогазова установка для перероблення силосу кукурудзи була упроваджена на Вознесенському коньячному заводі, а установки на стічних водах – на Рубіжанському картонно-тарному заводі та Лужанському спиртзаводі. З'явилися й установки зі збору так званого звалищного біогазу (landfill gas) – на Львівському, Маріупольському, Запорізькому, Луганському, Київському та ін. полігонах ТПВ (Первые, 2013).

Аналіз статистичних даних для тваринницьких і птахівничих підприємств України свідчить, що на свинофермах у діапазоні потужності 30–190 кВт можна побудувати не менше ніж 370 біогазових установок (сумарною потужністю 27 МВт), на фермах ВРХ у діапазоні потужності до 300 кВт – 965 таких установок (загалом на 75 МВт) і ще 90 (сумарною потужністю 5 МВт) – у птахівничих господарствах у діапазоні потужності 15–110 кВт (Украинские, 2017).

За три останні роки в Україні було упроваджено кілька великих біогазових станцій потужністю від 2 до 5 МВт на відходах агровиробництва у Київській, Тернопільській та Хмельницькій областях. На сьогодні в Україні функціонує понад 30 заводів біогазової енергетики. Проєктується і будується в різних областях України ще більше ніж десять об'єктів біогазової енергетики (Михайлюта, 2017; В Днепре, 2017; В Украине построят, 2017).

Геотермальна енергетика (ГЕ). 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 енергія вилучається за допомогою буріння глибоких свердловин, куди закачується вода для її нагрівання. На виході виходять окріп і пара, які можуть використовуватися для опалення приміщень та виробництва енергії.

Геотермальна енергетика має більше ніж столітню історію. У липні 1904 року в італійському містечку Лардерелло був проведений перший експеримент, що дозволив одержати електроенергію з геотермальної пари. А

Проривні технології в економіці і бізнесі

за кілька років тут була запущена перша геотермальна електростанція, що працює до цього часу (Геотермальныe, 2016).

Господарське застосування геотермальних джерел поширене більше ніж у 30 країнах, зокрема: в Ісландії, Новій Зеландії, Італії, Франції, Литві, Мексиці, Нікарагуа, Коста-Риці, Філіппінах, Індонезії, Китаї, Японії, Кенії (Геотермальна, 2019).

Установлена потужність геотермальних електростанцій у світі на початку 1990-х років становила близько 5 ГВт, на початку 2000-х років – близько 6 ГВт. У середині 2010 року сумарна потужність геотермальних електростанцій планети перевищила 12 ГВт (там само).

Основна з проблем, що виникають у разі 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 виключає можливість скидання цих вод у природні водні системи, розміщені на поверхні (там само).

У ряді країн частка геотермальних електростанцій у загальному балансі енергоспоживання країн перевищує 10 %, а на Філіппінах і в Ісландії – наближається до 30 % (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Виробництво енергії геотермальними електростанціями за країнами на початку 2010 року (Геотермальна, 2019)

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-Рика	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 (при глибинах буріння свердловин до 7 км і періодах роботи станцій до 50 років) і систем геотермального теплопостачання загальною потужністю до 1 200–1 500 МВт (при глибинах буріння свердловин до 4 км і періодах роботи до 50 років (Геотермальна, 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 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 та обмежену доступність місць із досить високими припливними діапазонами (в деяких місцях перепад висот може досягати 18 м).

Перші припливні енергоустановки (млини) використовували 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 відбувалося шість років, а потужність становила 240 МВт (успішно працює й 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 до 10 МВт) вже працюють або будуються 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 використовується взаємодія кінетичної і потенціальної енергії потоку. Через циклічність роботи ПЕС максимальну віддачу вони можуть забезпечити в поєднанні з іншими видами електростанцій (Приливные, 2019).

Хвильові електростанції. Як випливає 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 їх кількість значно більша. Вони забезпечують електроенергією невеликі об'єкти: берегові споруди, невеликі поселення, маяки, науково-дослідницькі прилади, бурові платформи.

Проривні технології в економіці і бізнесі

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 впродовж 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 ніж 18–20 °С (Закопана, 2015).



Рисунок 3.1 – Труби для збирання підземного тепла/прохолоди (Закопана, 2015)

Ґрунтовий теплообмінник (ҐТО). Є найпростішим інструментом використання тепла землі. Він являє собою систему повітропроводів, які прокладають під землею. Взимку входить холодне повітря, яке надходить до будинку і, проходячи по ҐТО, нагрівається, а влітку – охолоджується. При раціональному розміщенні повітропроводів можна відбирати з ґрунту

значну кількість теплової енергії з невеликими витратами електроенергії (там само).

Теплові насоси – ще один напрямок використання тепла Землі. Принцип їх дії – зворотний до роботи холодильника. Джерелом енергії є будь-який перепад температур, що виникає в середовищі. У холодильнику реагент переносить холод, а при застосуванні теплового насоса – тепло. Температура носія, яку він генерує, – 35–40 °С. Теплові насоси можуть відбирати тепло із землі, ґрунтових вод або повітря (Гандзій, 2013).

3.4 Розвиток української альтернативної енергетики на основі проривних технологій

Наразі розвиток відповідної енергетики в Україні зазнає значного піднесення. Кожні два дні в Україні з'являється по одній потужній сонячній електростанції і близько 25 малих станцій (Напряжение, 2019). Слід зазначити, що збільшення потужностей альтернативної енергетики йде з великим випередженням прийнятих колись планів, за якими планувалось довести до 2025 р. частку альтернативної енергетики до 2 % (Орел, 2017).

В 2019 р. було встановлено 4,5 гВт нових потужностей альтернативної енергетики, що збільшило загальну потужність майже втричі – до 6,8 гВт. Загалом зазначені електростанції дають можливість виробити більше 8,4 млрд кВт·год електроенергії, або 5,5 % від загального обсягу. Все це – завдяки 3,7 млрд євро інвестицій (Призрачное, 2020).

Планується, що до 2021 року частка електроенергії в Україні досягне 10,9 %. Загалом за 2020 рік має бути вироблено 152 млрд кВт·год, з яких 16,6 млрд кВт·год мають 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).

Сьогодні потужності альтернативної енергетики створюються практично в усіх областях України. Найбільше СЕС, які працюють, функціонує в Одеській, Миколаївській, Херсонській, Вінницькій, Львівській, Кіровоградській, Харківській областях. Вітрові електростанції вже працюють у Запорізькій, Львівській, Миколаївській, Херсонській, Харківській областях.

До речі, одна із СЕС («Солар парк Підгородне»), яка запрацювала на повну потужність під містом Дніпро, є досить унікальною і не має аналогів у Східній Європі. Справа у тому, що її сонячні модулі є рухомими і стежать за пересуванням сонця впродовж дня. Це дозволяє на 50 % підвищити ефективність роботи електростанції.

Проривні технології в економіці і бізнесі

Усього на ринку ВДЕ України працюють близько 230 компаній. Значна їх частина представлена зарубіжними інвесторами. Велику активність виявляють підприємства Німеччини, Китаю, Кореї, Індії, Нідерландів, Данії, Швеції та інших країн. Сегмент вітроенергетики представлений усього 13 компаніями (15 діючих ВЕС).

Значний потенціал розвитку сонячної енергетики має зона відчуження Чорнобильської АЕС. Вже подано 60 заявок від різних організацій, що претендують на будівництво СЕС у цій зоні, багато з яких є зарубіжними 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 проектів відновлюваної енергетики. Розробленням карти, за визнанням глави Держенергоефективності С. Савчука, займається його відомство. Карта повинна демонструвати відповідні земельні ділянки під розміщення об'єктів відновлюваної енергетики (для електростанцій потужністю від 27,5 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 проекту та розрахувати його рентабельність. Розробляються також типові фінансові моделі для різних проектів, що посилює інформаційну цінність карти (Савчук, 2017).

У середньому на 1 МВт установленної потужності «зеленої» енергетики в Україні необхідно близько 1 млн євроінвестицій. Це означає, що будівництво потужностей 1 ГВт обходиться – розміром 1 млрд євро. Втім, на це можна поглянути і з іншого боку. Створення потужностей 100 МВт дає можливість залучити до країни зарубіжні 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, 2020).

Фахівці відзначають істотну відмінність щодо ринкових умов створення потужностей сонячної і вітрової енергетики. Відмінність зумовлена тим, що «поріг входу» (вартість проекту) в сегменті сонячної енергетики нижчий, ніж у вітроенергетиці. Це обумовлено тим, що процес будівництва СЕС простіший, а вимоги до досвіду та експертизи нижчі. Через це на сонячний ринок потрапити набагато легше. Процес створення вітрової електростанції більш трудомісткий. Глава 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 також є експертиза місця будівництва ВЕС. Необхідно провести попередній вітромоніторинг, що може зайняти від двох до трьох років (Україна, 2020).

Розділ 3. Проривні технології як основа формування альтернативної енергетики

Відомим фактом є те, що для ефективного функціонування об'єктів відновлюваної енергетики необхідна наявність потужної системи зберігання (акумуляції) енергії. Така система дозволяє домогтися значних результатів із підвищення ефективності та забезпечення безпеки 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 керівництво країни, як мінімум, розуміє існуючу проблему. Зокрема, уряд України офіційно звернувся до відомого підприємця і засновника Tesla Ілона Маска з пропозицією побудувати в Україні сховище відновлюваної енергії, подібне до того, яке він уже будує в Австралії. У пресі з'явилося повідомлення, що підприємець готовий обговорити цю пропозицію (Гройсман, 2017).

Ще більше вражає розвиток альтернативної енергетики в приватних домогосподарствах. В 2014 р. в країні було лише 20 приватних сонячних електростанцій. У I кв. 2020 року їх кількість перевищила 25 тисяч, а їх потужність наблизилась до 600 МВт. Лише за 2019 рік вона збільшилась на 60 %.

Переконує динаміка зростання потужностей «зеленої» енергетики в приватних господарствах країни (рис. 3.2. і 3.3.), якщо враховувати, що лише п'ять років тому вони практично були близькими до «нуля».

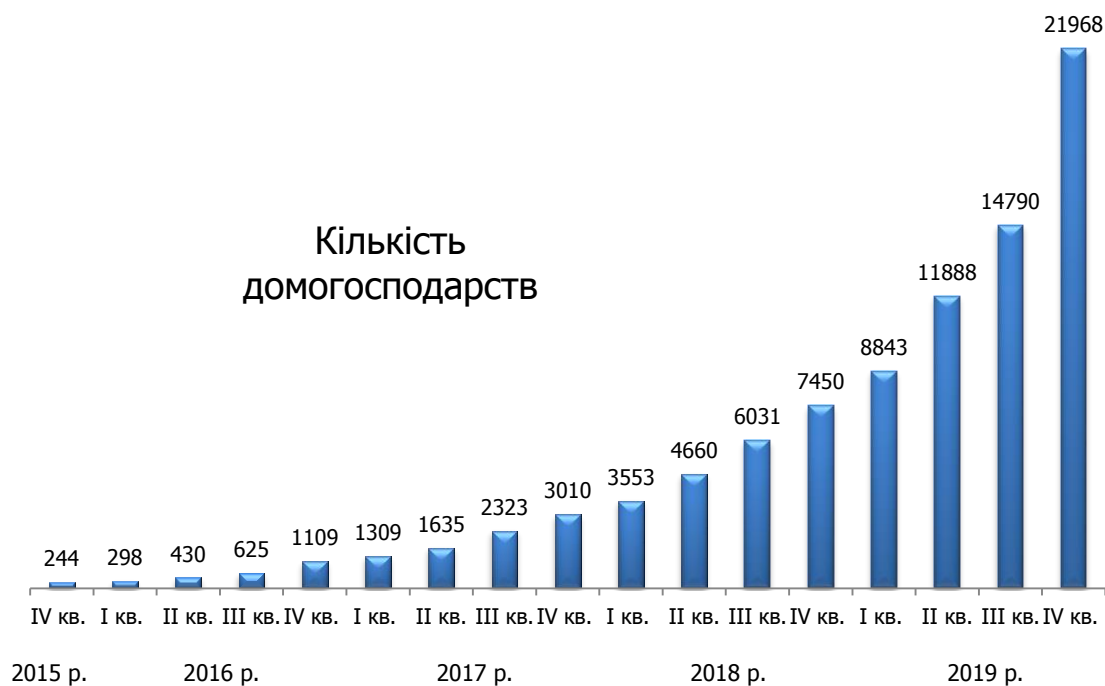


Рисунок 3.2 – Динаміка кількості сонячних електроустановок у приватних домогосподарствах (Домашние, 2020)

Проривні технології в економіці і бізнесі

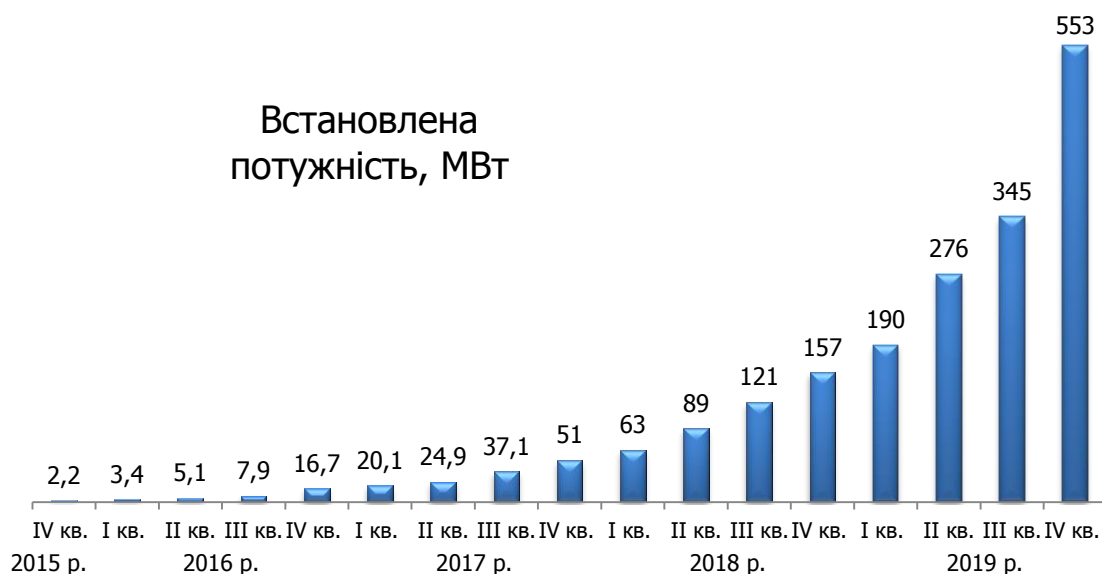


Рисунок 3.3 – Динаміка встановлених потужностей (МВт) сонячних електроустановок у приватних домогосподарствах (Домашние, 2020)

Кількість сонячних установок у приватних домогосподарствах за областями України показано на рис. 3.4.

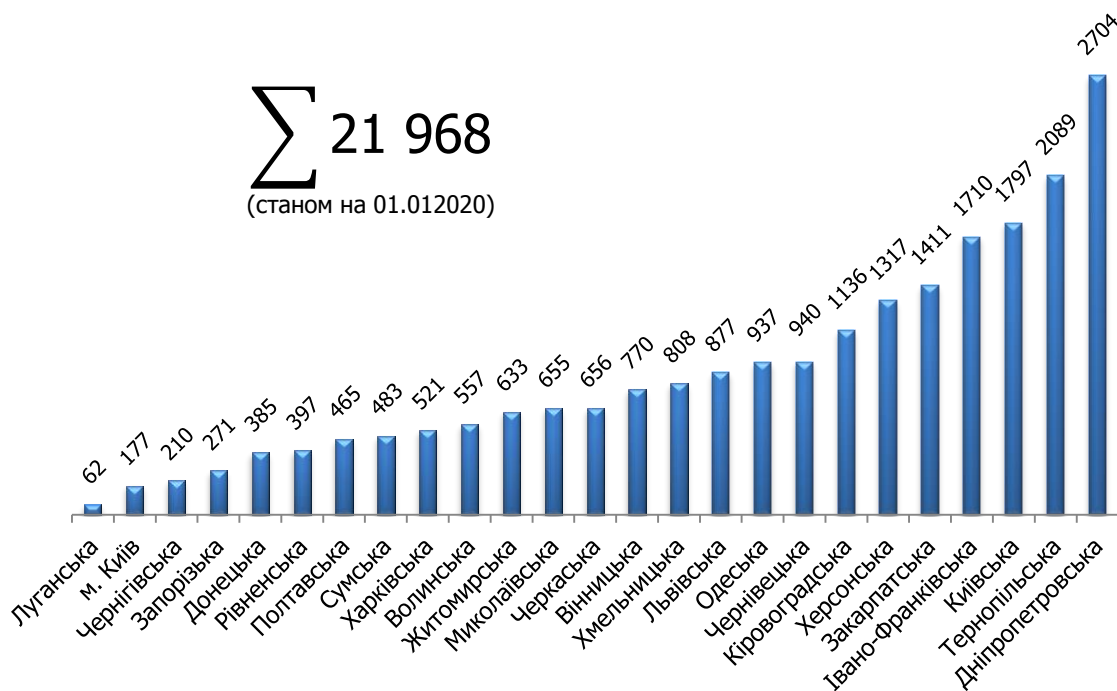


Рисунок 3.4 – Кількість сонячних електроустановок у приватних домогосподарствах по областях України (Домашние, 2020)

Безумовно, така динаміка розвитку приватної «зеленої» енергетики в Україні має позитивні тенденції. Однак усе пізнається в порівнянні. Наведено лише одну цифру. В Італії близько 500 тисяч домогосподарств установили сонячні станції, що більше ніж у 330 разів перевищує показники

Розділ 3. Проривні технології як основа формування альтернативної енергетики

України (Яковлева, 2017 б). Це одночасно може свідчити й про горизонти «зеленої» енергетики для України.

Необхідно зазначити, що для установалення зазначених приватних міні-СЕС вдалося мобілізувати інвестицій на суму майже в 0,5 млрд 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 й те, що за останні кілька років дуже знизилася вартість сонячних батарей і зросла їх доступність. А це також призвело до зниження терміну окупності подібних проєктів. Якщо два роки тому побутова сонячна станція обходилася в 10 тис. доларів і окупалася в середньому за 10 років, то нині 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 діє один із найвищих «зелених» тарифів у Європі, який також значно вищий, ніж для інших видів вітчизняної генерації. Для станцій, запущених у 2019 році, тариф становить біля 15 євроцентів за одну кіловат-годину сонячної енергії і 10 євроцентів для вітрової. Для тих, хто не встиг закінчити проєкт до нового 2020 року, ставки будуть уже нижче: 11 і 9 євроцентів відповідно (Сергач, 2020).

Більш високі тарифи на сонячну енергію стимулюють і прискорений розвиток СЕС. Якщо у 2018 році обсяг введених потужностей СЕС менше, ніж втричі випереджав збільшення потужностей ВЕС, то у 2019 році це співвідношення перевищило 4 на користь СЕС. Крім того, будівництво СЕС повної потужності майже вдвічі дешевше, ніж будівництво ВЕС такої самої потужності. Втім, у ВЕС виробництво електроенергії вдвічі більше (адже сонячні електростанції майже половину доби не працюють) (Сергач, 2020).

Підвищений попит населення на сонячні панелі передусім пояснюється прийнятим у 2015 році законом, який установає «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, в денний час доби, коли ви практично не споживаєте електроенергію, ваша сонячна панель працює на максимумі й продає в мережу електрику по 15 євроцентів за 1 кВт-год. При цьому ввечері, коли ваша станція не працює, ви купуєте електрику з мережі за звичайним тарифом: 1,68 грн за 1 кВт-год при споживанні понад 100 кВт-год або 0,9 грн за 1 кВт-год при меншому споживанні (Орел, 2017).

Істотну допомогу в розвитку альтернативної енергетики надають місцеві адміністрації. Так, наприклад, у Львівській області з обласного бюджету домогосподарству повертають 22 % річних за кредитом на сонячні панелі, а в Житомирській області – 20 % від суми кредиту (Скрипін, 2017).

Проривні технології в економіці і бізнесі

Необхідно зазначити, що сонячні панелі встановлюють не лише в приватних будинках, а й у багатоповерхівках. Приклади подібних ініціатив уже демонструють об'єднання співвласників багатоквартирних будинків (ОСББ) у Києві, Дніпрі, Рівному, Сумах. Зазвичай фінансову підтримку (до 70 %) надає місцевий бюджет.

Із 2017 року істотну підтримку розвитку малої «зеленої» економіки став надавати державний Укргазбанк. Він почав видавати фізичним особам кредити на купівлю й установа «домашніх» сонячних електростанцій, сонячних колекторів і теплових насосів під 0,01 % річних. Максимальна сума кредитування – 1 млн гривень на термін до 5 років (В Україні, 2017).

Додатковий оптимізм надає інноваційний вектор розвитку «зеленої» енергетики в Україні. Тут виникають оригінальні рішення зі створення нових вітрових генераторів, сонячних концентраторів і панелей, засобів малої гідроенергетики (Янович, 2011; Украинский, 2015; Остапович, 2016; Стартапы, 2017). Значна частина цих рішень втілюється в реальних виробках.

Стрімкий розвиток альтернативної енергетики примушує ставити питання про реорганізацію управління енергетичним сектором. По-перше, галузь уже не витримує фінансовий тягар «зелених» тарифів. Наразі при виробництві 8 % загальної частки електроенергії «зелена» енергетика бере на себе до 20 % усіх виплат за енергію (Сергач, 2020). Сьогодні в країні почав діяти механізм аукціонів на продаж певних обсягів електроенергії, покликаний вирішити проблему непропорційного зростання вартості енергії. Це, тим паче, доцільно тому, що «зелена» енергія, завдяки її швидкому здешевленню, вже не потребує застосування 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 і навіть альтернативної генерації.

Частково ця проблема могла б вирішуватися створенням значної кількості потужностей акумулювання енергії. Саме на вирішення цієї проблеми в країні починають також діяти стимулюючі фінансові механізми.

3.5 Проривні технології як основа інновацій в альтернативній енергетиці

Згадані перетворення енергетичних систем на основі відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) можуть бути реалізовані лише завдяки новим науковим ідеям. Унаслідок інтенсифікації інноваційної діяльності з початком Т. п. р. різко збільшилася різноманітність технологічних принципів реалізації енергетики, що працює на відновлюваних джерелах. У кожній її складовій (сонячній, вітровій, біогазовій, геотермальній та ін.) сьогодні успішно розвиваються цілі кластери напрямків.

До основних напрямів розвитку енергетичних систем належать:

- 1) розроблення нових принципів реалізації ВДЕ;
- 2) вдосконалення технологічних рішень (підвищення ефективності) в межах освоєваних напрямків;
- 3) підвищення ефективності процесів акумулювання енергії;
- 4) оптимізація просторових рішень розміщення ВДЕ;
- 5) формування інформаційних систем, що оптимізують роботу ВДЕ і відповідної інфраструктури;
- 6) формування комунікаційних систем, що інтегрують роботу окремих ВДЕ в цілісні енергетичні системи.

Завдяки науковим проривам і технологічному прогресу вдається значно збільшити кількість ефективних напрямків у сонячній енергетиці. На сонячні панелі перетворюються не лише дахи будинків, а й вікна приміщень, крім того, волосся людини, рослини, транспортні магістралі й багато чого іншого. Технічно реалізована ідея «сонячного дерева», кожний листочок якого («надрукований», до речі, за допомогою 3D-принтера) являє собою мініатюрну сонячну електростанцію (Искусственное, 2015).

З'явилися конструкції вітряних генераторів, здатних уловлювати буквально легкий вітерець. Вони зовсім не подібні до звичних величезних лопатей вітряних млинів і швидше нагадують дитячі вертушки, але, зібрані у великій кількості, стають відчутним джерелом енергії. З'явилися вітрові електростанції, здатні працювати взагалі при повному штилі. Вони використовують перепад тисків на різних висотах (до 700 м) (Ромова, 2013). У Швеції на електростанцію перетворилася телевежа. Для цього вона була обвішана тисячами електростатичних соломинок, що виробляють електроенергію від тертя між собою. Такі електрогірлянди до того ж повністю змінили вигляд банальної інженерної споруди, яка набула ознак цілком привабливого архітектурного об'єкта (Мохнатый, 2013). В Америці електростанцією стала автомагістраль, де енергію виробляють автомобілі, що проїжджають нею (Карпусь, 2016). Подібну дорогу-електростанцію збираються побудувати в США (Скрипин, 2016). А в Європі на сонячну панель перетворилася велодоріжка (Лищук, 2014).

У розвинених країнах звичним явищем стає використання перепаду температур під землею й на її поверхні. Мова йде про використання так званих *теплових насосів*. Взимку вони можуть обігрівати приміщення, а влітку – охолоджувати. Причому і перше, і друге забезпечується з мінімумом витрат енергії.

Розширюється спектр технологічних процесів, що утилізують хімічну енергію трансформації відходів біомаси (виробництво біогазу, біоетанолу, біодизелю та ін.).

Наукові успіхи дозволяють утилізувати різні види відновлюваної енергії, розлитої по планеті. Стає реальним використання не лише енергії сонця. Джерелом енергії може стати будь-яка різниця потенціалів; інакше кажучи, перепад температур, тиску, висот, хімічних характеристик. Набу-

Проривні технології в економіці і бізнесі

ває ознак цілком реальних технічних проєктів те, що ще недавно здавалося лише вигадкою письменників-фантастів або жартами гумористів. На джерела енергії починає перетворюватися буквально все, що рухається, включаючи наше взуття (Обувь, 2016).

Зазначене можна проілюструвати на конкретних прикладах.

Сучасна сонячна установка. У м. Сумах (вул. Новомістенська) вже майже два роки працює сонячна установка (рис. 3.5). Фотоелектричні панелі, встановлені на трекарах, стежать за рухом сонця. Електроенергія забезпечує багатоквартирний будинок. Залишок продається в мережу за зеленим тарифом, який у 6 разів вищий від тарифу облэнерго (5,5 грн за 1 кВт/год порівняно з 0,9). Різниця дозволяє окупати витрати на установку. До зазначеного необхідно додати, що в будинку також встановлено тепловий насос, що дозволяє використовувати підземне тепло для часткового опалення будинку (Яковлева, 2016).



Рисунок 3.5 – Сонячна установка в Сумах (Україна) (Яковлева, 2016)

Енергетичне дерево. Розробка фінських учених дозволяє збирати та акумулювати сонячну енергію, достатню для підзарядження гаджетів. Продукт виготовлений із застосуванням технології 3D-друку. «Листя» дерева – це сонячні панелі на основі органічних матеріалів (рис. 3.6). Вироблену електрику спрямовують по провідниках до стовлової частини; 200 листків генерують струм 3,2 А/10,4 Вт у гарний сонячний день, займаючи водночас цьому лише 1 м² території (Искусственное, 2015).



Рисунок 3.6 – «Листя» для енергетичного дерева (Карасёв, 2015)

Розділ 3. Проривні технології як основа формування альтернативної енергетики

Сонячний концентратор. Завдяки українському стартапу EnergyTorrent (рис. 5.7) відновлювана енергія стала ще доступнішою. Це стосується не лише ціни, основна справа – у самій суті технології перетворення сонячної енергії. У цьому разі мова йде про сонячні концентратори – пристрої, що дозволяють одержати високотемпературне тепло і з трохи складнішими доробками – електрику. Тепер будь-хто зможе зробити такий концентратор навіть у своїй домашній майстерні – вся необхідна документація, креслення і покрокова інструкція містяться у відкритому джерелі EnergyTorrentWiki (Украинский, 2015).



Рисунок 3.7 – Сонячний концентратор EnergyTorrent (Украинский, 2015)

Сонячні панелі з волосся людини. Перші у світі панелі з волосся людини створені молодим винахідником з Непалу (рис. 3.8). Панель удвічі дешевша за звичайні кремнієві (Солнечные, 2014; Созданы, 2015).

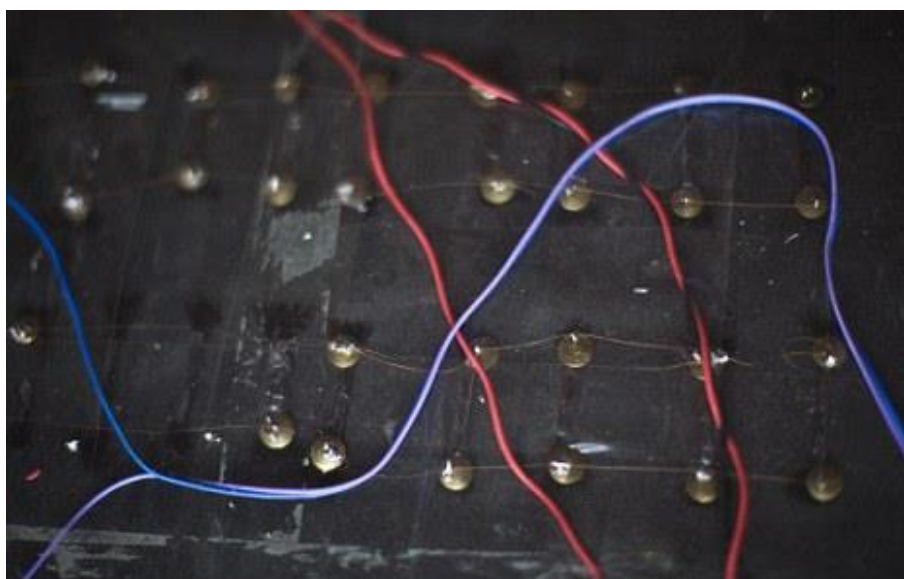


Рисунок 3.8 – Сонячні панелі з волосся (Созданы, 2015)

Проривні технології в економіці і бізнесі

Термосонячна станція. Фізик-ентузіаст із Миргорода (Полтавська область) розробив і сконструював надзвичайно просту й дешеву сонячну станцію для підігрівання води (рис. 3.9). Інноваційна сонячна станція працює за принципом збільшувального скла. Уже розроблений проєкт забезпечення центральної частини Миргорода гарячою водою із використанням сонячної енергії. Проєкт вартістю 533 000 євро допоможе забезпечити гарячим водопостачанням 7 % жителів міста. Планується, що сонячна станція окупиться вже через 2–3 роки, а щорічна економія становитиме 825 000 кубометрів газу (Солнечная, 2015).



Рисунок 3.9 – Термосонячна станція в м. Миргороді (Солнечная, 2015)

Централізована СЕС. У Китаї розпочато будівництво величезної сонячної теплової електростанції площею 6 300 акрів (В Китає, 2015).



Рисунок 3.10 – Централізована СЕС у Китаї (В Китає, 2015)

Гнучкі сонячні панелі. Американські вчені створили легку й гнучку сонячну панель, яку вони назвали Dragon SCALE («Луска дракона»). Її можна

Розділ 3. Проривні технології як основа формування альтернативної енергетики

буде нанесити на будь-яку поверхню. Подібні до зміїної шкіри сонячні панелі можуть наноситися на поверхню дронів, супутників, смартфонів. Сонячна луска згинається як папір. Ці мініатюрні панелі коштують набагато дешевше за традиційні і у виготовленні, і при використанні. При цьому технологія більш надійна та ефективна, ніж у випадку поширених сьогодні кремнієвих фотоелектричних елементів. Втім, останнім вона ще істотно поступається за ККД. Має дуже високий рівень міцності.

У галузі сонячних панелей існують й інші проривні технології. Стартап Sunflare з Лос-Анджелеса розробив гнучкі сонячні батареї товщиною лише декілька мікрометрів, які можна розмістити на будь-якій поверхні – даху автомобіля, стіні будівлі тощо. До поверхні вони кріпляться за допомогою спеціальної двобічної клейкої стрічки (рис. 3.11 і 3.12) (Учёные, 2017; New Solar, 2017).

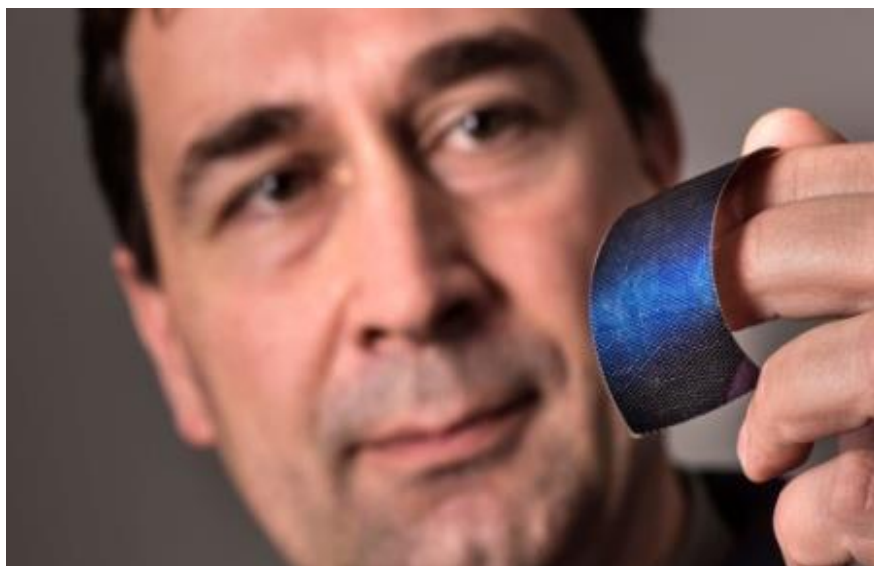


Рисунок 3.11 – Гнучкі сонячні панелі (New Solar, 2017)

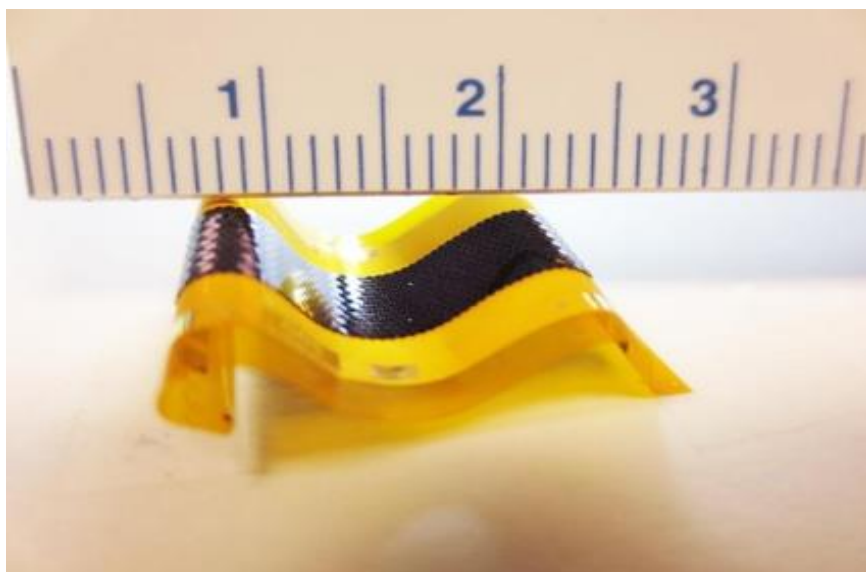


Рисунок 3.12 – Надтонкі гнучкі сонячні панелі (New Solar, 2017)

Проривні технології в економіці і бізнесі

«Вітрове дерево». Замість одного великого вітрогенератора використовується система маленьких вітряків, здатних працювати навіть за невеликої швидкості вітру (4 м / с) (рис. 3.13) (Во Франції, 2017; Ильченко, 2016).



Рисунок 3.13 – Вітрове дерево (Дерево, 2014; Во Франції, 2017)

Безлопатеві вітряки. Іспанська компанія запропонувала новий проєкт безлопатевих вітряків «VortexBladeless», передає hi-news.ru. (рис. 3.14). Інноваційні генератори мають вигляд звичайних стовпів, закопаних у землю. А енергію вітру використовують не для розкручування лопатей, а для качання і коливань. Коли дме вітер, установка починає вібрувати, і генератор біля основи турбіни перетворює механічний рух на електрику (Ветряные, 2015).



Рисунок 3.14 – Безлопатеві вітряки (Ветряные, 2015)

Розділ 3. Проривні технології як основа формування альтернативної енергетики

Вітряк-турбіна, що літає в повітрі. Фактично такий вітрогенератор є дирижаблем. Його почали експлуатувати в Канаді (рис. 3.15). Висота польоту регулюється залежно від швидкості вітру. За малих швидкостей – піднімається, за великих – опускається (Парящий, 2014).



Рисунок 3.15 – Вітрогенератор, що літає (Парящий, 2014)

ВЕС, що працює навіть при штилі. Американська компанія SolarWindEnergyTower розробила інноваційний проєкт енергогенерувальної установки, що працює від сили вітру. Аналогів їй на сьогодні в світі немає (рис. 3.16). Принцип роботи нової електростанції полягає в охолодженні повітряних потоків, яким в аеродинамічній вежі (685 м висоти) надається прискорення, і вони потім надають руху електрогенераторам.

У верхній частині вежі розміщені клапани, за допомогою яких розпо-
рошується всередину вежі вода. Вона охолоджує повітряні потоки, що
спрямовуються до основи вежі. А вже там розміщені звичайні енергогене-
ратори. Вони обертаються цими потоками, підсилюючи їх (Ромова, 2013).

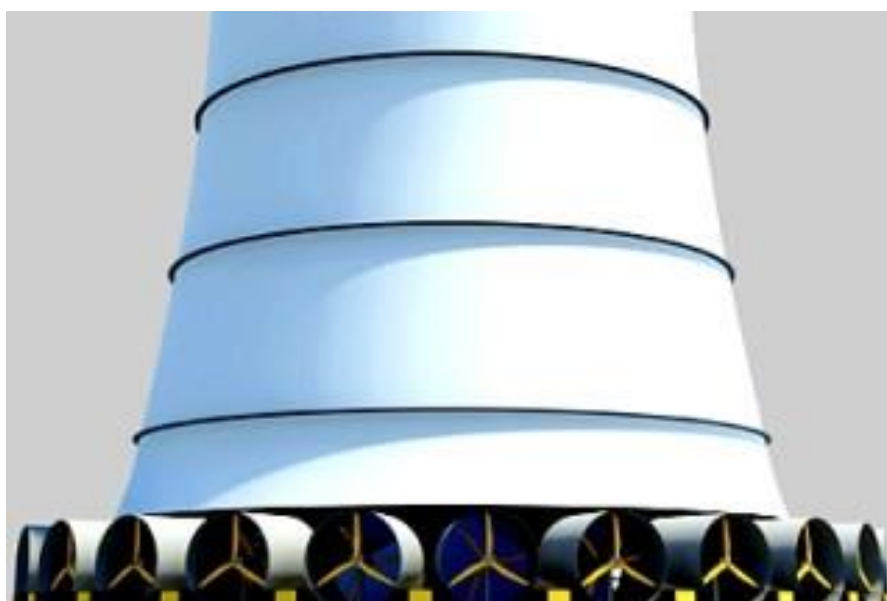


Рисунок 3.16 – Вітровий генератор-вежа (Ромова, 2013)

Проривні технології в економіці і бізнесі

WISP-технології. Сучасні технології дозволяють збирати енергію взагалі з повітря, точніше, з електромагнітних хвиль, що пронизують простір, в якому ми існуємо. Скорочено назва цих технологій звучить як WISP – від англійських слів wireless Internet service providers, тобто провайдери бездротової інтернет-послуги. Йдеться про те, щоб обходитися не лише без дротів (які передають інформаційні сигнали), а й без джерел енергії (скажімо, у вигляді акумуляторних батарей). Для цього енергія вилучається з електромагнітного поля (рис. 3.17) (Atherton, 2016).

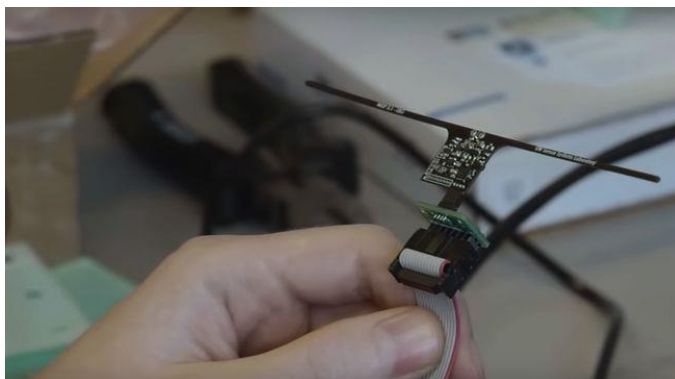


Рисунок 3.17 – WISP-енергія електромагнітних хвиль (Atherton, 2016)

Кінетична енергія від руху людини. Одним із напрямків розвитку «зеленої» енергетики може виявитися використання кінетичної енергії, що виробляється в результаті життєдіяльності людини, зокрема під час її руху. Саме на цьому ґрунтується принцип роботи генератора енергії, розміщеного в спеціальних кросівках (рис. 3.18) (Lavars, 2016).



Рисунок 3.18 – Кросівки – генератор енергії (Lavars, 2016).

Тут показана лише незначна частина інноваційних рішень із розвитку відновлюваної енергетики. Їх кількість із кожним роком збільшується. Навіть якщо припустити, що в певних публікаціях їх автори дещо перебільшують реальні можливості методів, про які вони пишуть, головним є не це, а загальний тренд багатофакторного руху до відновлюваної енергетики.

3.6 Проривні технології в процесах розвитку акумулювання енергії

Цей напрямок розвитку технологічних систем дозволяє усунути суперечності в часі між тим, коли можна одержати енергію, і тим, коли виникає потреба щодо її використання. Теплові електростанції працюють найефективніше за постійного режиму роботи, тобто якщо вироблена ними енергія впродовж 1 доби залишається постійною. Атомні електростанції взагалі не можуть істотно змінювати режим своєї роботи. Якщо вони зупиняться, то це вже надовго.

Потреба ж в електроенергії весь час змінюється. Наприклад, удень (коли працює більшість підприємств) вона значно вища, ніж уночі, 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 випадку 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, необхідно враховувати сезонні перепади в енергетичних потребах.

Ще більшою буде потреба в акумулюванні електроенергії, коли повною мірою почнуть використовувати сонячні й 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 дозволять накопичувати й запасати енергію в необмеженій кількості.

Частину проблеми дозволяють вирішити вже звичні нам електроакумулятори... Але лише 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 половини 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 (при згорянні утворюється звичайна вода) одночасно може бути використаний як ключовий агент під час акумулювання енергії.

Безумовно, про все це люди знали й раніше. Але широкому використанню водню заважала одна обставина. Справа у тому, що для одержання водню у звичайних умовах потрібно витратити більше енергії, ніж вдається одержати під час його спалювання. З економічних міркувань використання такого процесу втрачало сенс. Навіщо спалювати вугілля, газ або навіть

Проривні технології в економіці і бізнесі

ядерне паливо, щоб одержати 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 (наприклад, 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 й можна пустити на «заготівлю» водню. Все одно вона даремно буде витрачена. Тому розвиток відновлюваних джерел енергії (сонце, вітер) повинен бути нерозривно пов'язаний з удосконаленням акумуляційних технологій.

Крім зазначених напрямків, розвиваються й інші технології, що використовують природні властивості об'єктів та явищ природи. Наразі можна виділити п'ять основних напрямків, які так чи інакше обіцяють стати перспективними для їх комерційного розвитку:

- 1) *гідроакумулювання* (пов'язано з природним і штучним підйомом рівня води в періоди надлишку виробництва енергії та утилізацією накопиченої енергії в пікові періоди);
- 2) *електроакумулювання*;
- 3) *водневі технології*;
- 4) *теплове акумулювання*;
- 5) *хімічне акумулювання* (пов'язане з цілеспрямованою зміною властивостей речовин за рахунок надлишку енергії або накопиченням органічних речовин із подальшим одержанням біогазу або електрики).

У пустелі Атакама (Південна Америка) реалізується проєкт найбільшої електростанції, яка об'єднує сонячну й гідравлічну генерації. Продовж дня електроенергія, одержана за рахунок сонячних панелей, буде піднімати морську воду тунелем на вершину гори, де вода буде зберігатися в природних резервуарах. Уночі електроенергія буде генеруватися за рахунок падіння води (Грандиозный, 2016).

Фірма «Шнайдер електрик» («SchneiderElectric») розробила розумну систему акумулювання енергії. Система сама вибирає режими накопичення енергії (при 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 1 000 км на одній зарядці (Турлікьян, 2015).

Швейцарські вчені представили дуже дешеву систему одержання водневого палива (штучного фотосинтезу води) за рахунок енергії сонця, яка має найбільший на сьогодні ККД перетворення (12,3 %) (Разработана, 2014).

У США в штаті Невада сонячна електростанція цілодобово дає електроенергію. Удень вона не лише генерує струм, а й нагріває до температури

понад 500 °С гігантський соляний стрижень. За рахунок цього теплоелектростанція працює і в нічний час (Федосенко, 2016).

Дослідники з Массачусетського технологічного інституту (МТІ) 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 (Разрабoтан, 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, 2016).

Розвиток і здешевлення технологій акумулявання енергії дозволяє колосально збільшити ефективність функціонування енергетичних систем, створюючи передумови переходу до відновлюваних джерел енергії.

3.7 Проривні технології при формуванні інфраструктури та мереж «зеленої» енергетики

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 децентрованих у просторі малих енергетичних одиниць. У масштабах ЄС можна говорити про цифру сотні мільйонів. Саме такою величиною вимірюється кількість будівель, кожен з яких передбачається перетворити на джерело альтернативної енергії (сонячної, вітрової, біогазової, одержаної 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 вирішення саме цих завдань спрямоване створення ЕнерНету – мережевої електроінфраструктури.

Сторінки історії

Автором терміна «ЕнетНет» (Ether net) (за аналогією з Інтернетом) вважається американський інженер і винахідник 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, 2015). У 1983 році некомерційна організація IEEE (Інститут інженерів електротехніки та електроніки) затвердила стандарти ЕнерНету (Robert, 2014).

Проривні технології в економіці і бізнесі

Глобальна мережа Інтернет, яка сьогодні стала невід'ємною складовою життя мешканців Землі, забезпечує виконання цілого комплексу функцій, пов'язаних з обробленням, передаванням, зберіганням та відтворенням інформації. Ідея Меткалфа саме і полягала в тому, щоб наділити енергетичні мережі подібним набором функцій щодо енергії. Для цього енергетичні мережі повинні стати воістину «розумними» (smart), тобто здатними вирішувати значну кількість інформаційних завдань в автоматизованому (комп'ютеризованому) режимі.

Якщо говорити конкретно, ЕнерНет покликаний забезпечити виконання таких груп функцій: *генерування і перетворення енергії, її тарифікація, збирання (купівля) енергії, передавання, зберігання і відпуск (продаж), контроль за процесами, що відбуваються (моніторинг); оптимізація операцій, забезпечення стійкості і безпеки систем, підтримання якості електроенергії.*

Необхідно звернути увагу на те, що подібні системи повинні забезпечити двосторонній обмін потоками електроенергії та інформації, адже виробник і споживач енергії (а ними можуть бути звичайні домоволодіння, розміщені на різних територіях) можуть постійно мінятися ролями. І той, хто лише кілька хвилин тому виробляв енергію, може через низку причин (погодні умови, режим роботи та ін.) перетворитися на її споживача. Природно, 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, – розглядаються сьогодні як ключовий елемент інфраструктури «розумних» енергосистем майбутнього.

Ще одним важливим завданням, покликаним вирішити 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, а й також і сучасні інформаційні та комунікаційні технології *білінгу* (тобто економічних розрахунків), *електронної комерції, управління доступом та адміністрування* в мережах різного масштабу, *моделювання і зберігання даних, віртуалізації, комп'ютерної безпеки, розподілених обчислень, збирання, оброблення і передавання інформації* в реальному часі.

Розділ 3. Проривні технології як основа формування альтернативної енергетики

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 розвитку нових видів продукції та послуг, а також до формування нових ринків.

Можна сказати, 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 свого роду глобальний «енергетичний» Інтернет. Для успішної інтеграції широкого спектра технологічних, загальнотехнічних, проектних, організаційно-управлінських та логістичних рішень такої «енергетичний» Інтернет повинен розвиватися на основі відкритих, загальнодоступних, визнаних індустріальною й управлінською спільнотами стандартів. Світова система подібних 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 сформувати загальновизнаний набір уявлень про «розумні» енергосистеми, де можна буде домогтися повної сумісності елементів як на рівні системи систем, так і на більш низьких рівнях системної ієрархії, включаючи окремі пристрої, підключені до «розумної» мережі. Іншими словами, буде досягнута енергетична та інформаційна інтероперабельність.

У **Німеччині** (Germany, 2016) розпочали впроваджувати пілотний проєкт енергетичної мережі з розподіленою генерацією електроенергії на основі smart grids. У рамках 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, доставлення 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.

Важливий момент у процесі реалізації проєкту – 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 проєкти у сфері smart grid, або інтелектуальних енергетичних мереж. У рамках першого проєкту випробовується система «розумних» лічильників, або smart metering. «Розумні» лічильники дозво-

Проривні технології в економіці і бізнесі

ляють здійснювати детальний облік спожитої енергії і в реальному масштабі часу передавати одержану інформацію для управління енергетичними мережами, наприклад, для ухвалення рішень про підключення тих чи інших енергетичних потужностей. Система «розумних» лічильників розгорнута в місті Ліоні.

Також створюється регіональна система управління енергетичними мережами з альтернативними, відновлюваними джерелами енергії. «Розумна» інтеграція сонячних і вітроенергетичних комплексів дуже важлива для забезпечення безперебійного енергопостачання, оскільки в цьому випадку генерація залежить від рівня освітленості та швидкості вітру.

Вартість реалізації проєктів перевищує 90 млн євро. Результати проєкту будуть враховані у ході 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 планується розвиток концепції «розумних» енергетичних мереж (Компанія, 2019).

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 відсотків. У 38 американських штатах також прийняті стандарти і програми поширення цих джерел і стандарти їх використання.

У країнах ЄС на розподілену генерацію вже сьогодні припадає понад 10 % від загального обсягу виробленої енергії, а в Данії цей показник становить близько 50 %. У США експлуатується понад 12 млн установок малої розподіленої генерації загальною встановленою потужністю понад 220 ГВт, а темпи приросту становлять у середньому 5 ГВт на рік. У цілій низці промислово розвинених країн (ЄС, США, Австралія) останнім часом прийняті концептуальні документи щодо розвитку галузі з посиленням акцентом саме на малу енергетику. В ЄС – це Директива ЄС 2004/8/ЄС від 11.02.2004 р. «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 налічують тисячі приватних установок поновлюваної енергетики. Вже існують цілі села (в Київській, Вінницькій,

Харківській, Львівській областях), що повністю перейшли на енергетичне самозабезпечення і навіть продають вироблену енергію. Зростає різноманітність видів енергії, що використовується, збільшується кількість застосовуваних тарифів. Як бачимо, компоненти енергосистеми країни стають все більш активними. Усе це означає збільшення складності управління енергетичною системою країни. У цих умовах лише прискорена інформатизація енергосистеми забезпечить зростання її ефективності та стійкості функціонування, що буде створювати передумови для поступального переходу до «зеленої» енергетики.

Список літератури

1. Авельсник Н. Китай в 2,5 раза обогнал США по общей мощности солнечной энергетики. *Хайтек*. 25.08.2017. URL: https://hightech.fm/2017/08/25/china_pv (дата обращения: 10.09.2019).
2. Алексеева Л. Зелёная эра : как возобновляемые источники энергии конкурируют с углеводородами и АЭС. *Russian.rt.com*. 02.11.2017. URL: <https://russian.rt.com/science/article/445815-vozobnovliaemye-istochniki-energii> 374990 (дата обращения: 17.11.2019).
3. Бельгия и Словакия могут полностью покрыть потребность в энергии за счет биогаза. *Журнал «Международная биоэнергетика»*. 15.03.2015. URL: <http://www.infobio.ru/news/3057.html> (дата обращения: 01.01.2020).
4. Биогаз. *Википедия*. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Биогаз> (дата обращения: 25.03.2019).
5. Бобылёв Б. И. Атомная энергетика Европы. *Russika.ru*. 2016. URL: <http://www.russika.ru/sa.php?s=2> (дата обращения: 01.03.2019).
6. В Днепре построят уникальную для Украины биогазовую станцию. *Строительный вестник*. 07.04.2017. URL: <http://atmbud.ru/2017/07/v-dnepre-postroyat-unikalnuyu-dlya-ukrainy-biogazovuyu-stanciyu/> (дата обращения: 17.11.2019).
7. В Европе почти вся новая энергия производится за счёт ВИЭ. *ЭкоТехника*. 10.02.2017. URL: <http://ecotechnica.com.ua/energy/2062-v-evrope-pochti-vsya-novaya-energiya-proizvoditsya-za-schet-vie.html> (дата обращения: 15.05.2019).
8. В Китае начато строительство огромной солнечной тепловой электростанции, площадью 6300 акров. *DailyTechInfo*. 9.08.2015. URL: <https://www.dailytechinfo.org/eo/7263-v-kitae-nachato-stroitelstvo-ogromnoy-solnechnoy-teplovoy-elektrostantsii-ploschadyu-6300-aktrov.html> (дата обращения: 1.11.2019).
9. В Украине общая мощность СЭС превысит 1000 МВт : в 2017 году в эксплуатацию введётся 54 новых солнечных электростанций. *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-novye-solnechnye-elektrostantsii.html> (дата обращения: 15.05.2019).
10. В Украине построят комплекс по производству биогаза на 2 млн евро. *Finance.ua: Новости*. 07.11.2016. URL: <https://news.finance.ua/ru/news/-/388204/v-ukraine-postroyat-kompleks-po-proizvodstvu-biogaza-za-2-mln-evro> (дата обращения: 17.11.2019).
11. В Чернобыльской зоне планируется постройка солнечной электростанции. *PORT*. 22.05.2017. URL: <http://uaport.net/news/ua/t/1705/22/15203238> (дата обращения: 25.10.2019).

Проривні технології в економіці і бізнесі

12. В 2020 году 11 % электроэнергии в Украине будет производиться из ВИЭ – УАВЭ. *Електровесті*. 15.04.2020. URL: https://elektrovesti.net/70551_v-2020-godu-11-elektroenergii-v-ukraine-budet-proizvoditsya-iz-vie-uave (дата обращения: 20.06.2020).
13. Ветрогенераторы выработали 200 % необходимой Шотландии энергии. *Finance.ua*. 10.10.2017. URL: <https://news.finance.ua/ru/news/-/412219/vetrogeneratory-vyrabotali-200-neobhodimoj-shotlandii-energii> (дата обращения: 25.10.2019).
14. Ветряные генераторы без лопастей – еще дешевле и практичней. *Energonews*. 19.05.2015. URL: <http://energonews.kz/?p=1889> (дата обращения: 15.05.2019).
15. Во Франции «вырастили» дерево-ветрогенератор. *OneGadget*. 25.04.2017. URL: <http://onegadget.ru/og/36213> (дата обращения: 09.11.2019).
16. Возобновляемая энергия стала дешевле нефти и газа уже в 30 странах. *DW. Made for minds*. URL: <http://www.dw.com/ru/возобновляемая-энергия-стала-дешевле-нефти-и-газа-уже-в-30-странах/a-36916469> (дата обращения: 25.10.2019).
17. Володин М. Как Архимед сжег римский флот? *Primeinfo*. URL: <http://primeinfo.net.r/news2852.html> (дата обращения: 20.12.2019).
18. Вязов Н. Солнечная энергетика за год обогнала ветровую по росту мощностей. *24news.com.ua*. 01.04.2017. URL: <http://24news.com.ua/32921-solnechnaya-energetika-za-god-obognala-vetrovuyu-po-rostu-moshnostej/> (дата обращения: 01.04.2019).
19. 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: 09.11.2019).
20. Геотермальная энергетика Украины. *ЭСКО. Электронный журнал энерго-сервисной компании «Экологические системы»*. №11. ноябрь 2005. URL: http://www.journal.esco.co.ua/2005_11/art07_30.htm (дата обращения: 09.11.2019).
21. Геотермальная энергетика. *Википедия*. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Геотермальная_энергетика (дата обращения: 09.11.2019).
22. Геотермальные электростанции – прекрасная альтернатива традиционным методам получения энергии. *Greenologia*. 2016. URL: <http://greenologia.ru/eko-zhizn/tehnologii/geotermalniye-electrostantsyi.html> (дата обращения: 09.11.2019).
23. Гидроэнергетика. *Википедия*. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Гидроэнергетика> (дата обращения: 25.03.2019).
24. 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: 01.03.2019).
25. Гройсман направил Илону Маску официальное письмо. *TCH*. 30.03.2017. URL: <https://ru.tsn.ua/ukrayina/groysman-napravil-ilonu-masku-oficialnoe-pismo-832642.html> (дата обращения: 20.10.2019).
26. Дерево, которое генерирует энергию ветра. *Camerallabs*. 21.12.2014. URL: <https://cameralabs.org/7631-frantsuzskoe-tehnologicheskoe-chudo-derevo-kotoroe-generiruet-energiyu-vetra> (дата обращения: 20.12.2019).
27. Дияшев И. Уже очень скоро нефть подешевеет так же, как и соль. *Аностроф*. 05.02.2017. URL: <https://economy.apostrophe.ua/article/jenergetika/2017-02-05/uje-ochen-skoro-neft-podesheveet-tak-je-kak-i-sol/9976> (дата обращения: 05.05.2019).
28. Для 139 країн світу. *Ecotown*. 21.11.2015. URL: <http://ecotown.com.ua/news/Dlya-139-krayin-svitu-v-tomu-chysli-dlya-Ukrayiny-stvoreno-plan-vidmovy-vid-vykopnohopalyva-do-2050/> (дата звернення: 20.12.2019).
29. Домашние солнечные станции в Украине: новая статистика на начало 2020 года. *ЭкоТехника*. 05.03.2020. URL: <https://ecotechnica.com.ua/energy/solntse/4722->

Розділ 3. Проривні технології як основа формування альтернативної енергетики

domashnie-solnechnye-stantsii-v-ukraine-novaya-statistika-na-nachalo-2020-goda.html (дата обращения: 15.06.2020).

30. Европа рекордно наращивает долю возобновляемой энергии в структуре энергорынка. *Русский Еврей*. 01.11.2017. URL: <http://rusjev.net/2017/11/01/evropa-rekordno-narashhivaet-dolyu-vozobnovlyаемой-energii-v-strukture-energoryinka/> (дата обращения: 17.11.2019).

31. Есть ли будущее у волновых электростанций? *Greenologia*. 2015. URL: <http://greenologia.ru/eko-zhizn/tehnologii/volnovye-elektrostantsij.html> (дата обращения: 09.11.2019).

32. 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-dozvolyaye-ekonomyту-na-kondytsionuvanni-ta-opalenni-budynku/> (дата обращения: 09.11.2019).

33. Ильченко Л. Во Франции установили дерево, которое вырабатывает электроэнергию. *ATC creativpodiya.com*. 11.04.2016. URL: <http://creativpodiya.com/posts/46286> (дата обращения: 1.10.2019).

34. Искусственное дерево с листьями из солнечных батарей. *GT*. 20.02.2015. URL: <https://geektimes.ru/post/246182/> (дата обращения: 01.11.2019).

35. История развития биогазовых технологий. *Биотехнологии*. 2017. URL: <http://www.bio-energetics.ru/4/istorija.html> (дата обращения: 25.03.2019).

36. История развития солнечной энергетики : борьба за КПД. *Пятый элемент*. 28.08.2014. URL: <http://5thelement.ru/solar/istoriya-razvitiya-solnechnoy-energetiki-borba-za-kpd.html> (дата обращения: 25.03.2019).

37. Каждый час в Китае устанавливается 1 ветряная турбина и СЭС размерами с 3 футбольных поля. *ЭкоТехника*. 18.01.2017. URL: <http://ecotechnica.com.ua/energy/1965-kazhdyj-chas-v-kitae-ustanavlivaetsya-1-vetryanaya-turbina-i-ses-razmerami-s-3-futbolnykh-polya.html> (дата обращения: 15.05.2019).

38. Как получить электричество из куриного помета. *Газета о личностях и людях «Лица»*. 17.03.2017. URL: <http://www.litsa.com.ua/show/a/34848> (дата обращения: 15.12.2019).

39. Карасёв С. Создано энергетическое «дерево» для подзарядки гаджетов. *3DNews*. 22.02.2015. URL: <https://3dnews.ru/909826> (дата обращения: 1.11.2019).

40. Карпусь В. Во Франции открыта первая в мире дорога с покрытием из солнечных панелей. *ITC.ua*. 23.12.2016. URL: <https://itc.ua/news/vo-frantsii-otkryita-pervaya-v-mire-doroga-s-pokrytiem-iz-solnechnyih-paneley/> (дата обращения : 10.11.2019).

41. Китай превзошёл собственные планы по установке солнечных батарей. *Shazoo*. 28.08.2017. URL: <https://shazoo.ru/2017/08/28/56030/kitaj-prevzoshel-sobstvennye-plany-po-ustanovke-solnechnyih-batarej> (дата обращения: 10.09.2019).

42. Компания CISCO занимается вопросами распределённой генерации электроэнергии. *Alterenergy.info*. URL: <http://www.alterenergy.info/home/raspredeleonnaya-generatsiya/191-cisco-smart-grid> (дата обращения: 15.11.2019).

43. Лищук А. В Нидерландах появилась первая в мире солнечная велодорожка. *Голос.ua*. 31.10.2014. URL: http://ru.golos.ua/suspilstvo/14_10_31_v_niderlandah_rouavilas_pervaya_v_mire_solnechnaya_velodorojka (дата обращения: 01.11.2019).

44. Михайлова А. Китай поставит исторический рекорд в солнечной энергетике. *Life&Наука*. 20.20.2017. URL: https://life.ru/t/наука/1053663/kitai_postavit_istorichieskii_riekord_v_solniechnoi_energhietikie (дата обращения: 25.10.2019).

45. Михайлюта О. Биоэнергетичний комплекс «Розмарин». *Асоціація біоенергетичних структур*. 29.06.2017. URL: <http://abc.in.ua/bioenergetichniy-kompleks-rozmarin/> (дата звернення : 17.11.2019).

Проривні технології в економіці і бізнесі

46. Мосейчук В. История развития ветроэнергетики (ветровой энергетики). *Ветрогенератор*. 13.10.2014. URL: <http://vetrogenerator.com.ua/vetrogenerator/vertikal/199-istoriya-razvitiya-vetroenergetiki-vetrovoy-energetiki.html> (дата обращения: 25.03.2019).
47. Мохнатый небоскреб построят в Швеции. *РБК*. 21.05.2013. URL: <http://realty.rbc.ru/articles/21/05/2013/562949987015846.shtml> (дата обращения: 1.10.2019).
48. Мощность ветроэнергетики превысила общемировую мощность АЭС. *ЭкоТехника*. 30.12.2015. URL: <https://ecotechnica.com.ua/energy/veter/591-moshchnost-vetroenergetiki-prevysila-obshchemirovuyu-moshchnost-aes.html> (дата обращения: 25.10.2019).
49. Названа страна с самой низкой в мире ценой на солнечную энергию. *ABC news*. 17.11.2017. URL: <http://abcnews.com.ua/ru/news/nazvana-strana-s-samoi-nizkoi-tsenoi-na-solnechnuiu-energiyu> (дата обращения: 17.11.2019).
50. Напряжение растет. Зеленая энергетика развивается в Украине рекордными темпами. *НВ Бизнес*. 30.03.2019. URL: <https://nv.ua/biz/economics/novu-prezident-budet-vynuzhden-sotrudnichat-s-mvf-tomash-fiala-50013681.html> (дата обращения: 20.06.2020).
51. 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-novuj-rekord-tsen-na-solnechnuyu-energiyu-postavlen-v-danii.html> (дата обращения: 15.05.2019).
52. 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-novyy-akkumulyator.html> (дата обращения: 01.03.2019).
53. Обзор производства биогаза в мире. *Biowatt*. 15.07.2017. URL: <http://www.biowatt.com.ua/analitika/obzor-proizvodstva-biogaza-v-mire/> (дата обращения: 30.10.2019).
54. Обувь собирает кинетическую энергию во время ходьбы. *FacePla.net*. 20.02.2016. URL: <http://www.facepla.net/the-news/tech-news-mnu/5384-obuv-sobiraet-energiyu.html> (дата обращения: 1.03.2019).
55. Одессер С. Атомная энергетика европейских стран. *Экономика и финансы*. 2016. С. 20–21.
56. Орел И. Возобновляемая энергетика в Украине : шаг вперед, два шага назад. *Finance.ua*. 10.10.2017. URL: <https://news.finance.ua/ru/news/-/412239/vozobnovlyayemaya-energetika-v-ukraine-shag-vpered-dva-shaga-nazad> (дата обращения: 20.10.2019).
57. Остапович Ю. Украинец придумал инновационную ветровую панель. *ЭкоТехника*. 22.10.2016. URL: <https://ecotechnica.com.ua/energy/veter/1581-ukrainets-privdumal-innovatsionnuyu-vetrovuyu-panel.html> (дата обращения: 17.11.2019).
58. Парящий ветрогенератор ВАТ : электричество, сотовая связь, Wi-Fi и метеостанция. *Беспроводные технологии*. 25.03.2014. URL: <https://habrahabr.ru/post/216963/> (дата обращения: 1.11.2019).
59. Первые биогазовые установки в Украине. *Biowatt*. 30.05.2013. URL: <http://www.biowatt.com.ua/informatsiya/pervye-biogazovye-ustanovki-v-ukraine/> (дата обращения: 30.10.2019).
60. Португалия – европейский рекордсмен по использованию возобновляемых источников энергии. *Euronews*. 20.05.2016. URL: <http://ru.euronews.com/2016/05/20/portugal-keeps-lights-on-using-only-renewable-energy> (дата обращения: 15.05.2019).
61. Прозрачное «зеленое» будущее. Спецпроект. *Лига.net*. 17.04.2020. URL: https://project.liga.net/projects/future_green_tariff/ (дата обращения: 20.06.2020).

Розділ 3. Проривні технології як основа формування альтернативної енергетики

62. Приливные электростанции. *Электроэнергетика в современном мире*. 09.01.2015. URL: <http://myelectro.com.ua/98-gidroenergetika/145-prilivnye-elektrostantsii> (дата обращения: 09.11.2019).

63. 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: 09.11.2019).

64. Производство электроэнергии в Украине: у ВИЭ значительный прирост. *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).

65. Разработан новый полимерный материал для хранения солнечного тепла. *Энергетика. ТЭС и АЭС*. 16.01.2016. URL: <http://tesiaes.ru/?p=15061> (дата обращения: 1.03.2019).

66. Разработана дешёвая система получения водородного топлива. *Lenta.ru*. 26.09.2014. URL: <http://lenta.ru/news/2014/09/25/perovksolar/> (дата обращения: 01.03.2019).

67. Распределённая генерация электроэнергии – глобальные тенденции развития. *Украинская ассоциация возобновляемой энергии*. 25.02.2016. URL: <http://uare.com.ua/ru/novyny/454-raspredeleonnaya-generatsiya-elektroenergii-globalnye-tendentsii-razvitiya.html> (дата обращения: 15.11.2019).

68. Рифкин Дж. Мастер-класс. Часть 1. *Youtube*. 27.03.2014. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=WDbSWepTKCA> (дата обращения: 05.05.2019).

69. Рифкин Дж. Третья промышленная революция : как горизонтальные взаимодействия меняют энергетику, экономику и мир в целом / пер. с англ. 3-е изд. Москва : Альпина нонфикшн, 2016. 410 с.

70. Ромова М. В США разработали инновационную электростанцию, работающую от ветра. *Зеленеет*. 02.06.2013. URL: <http://zeleneet.com/amerikancy-razrabotali-innovacionnyu-energogeneriruyushhuyu-stanciyu-rabotayushhuyu-ot-vetra/13043/> (дата обращения: 1.11.2019).

71. 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: 25.10.2019).

72. 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).

73. Скрипин В. Небольшой участок легендарного американского шоссе 66 покроют солнечными панелями. *ITC.ua*. 02.07.2016. URL: <https://itc.ua/news/nebolshoy-uchastok-legendarnogo-amerikanskogo-shosse-66-pokroyut-solnechnymi-panelyami/> (дата обращения: 10.11.2019).

74. 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-domochozyaystv-pereshli-na-solnechnuyu-energiyu-absolyutnyim-liderom-vyistupaet-kiiev-i-kievskaya-oblast/> (дата обращения: 25.10.2019).

75. Созданы первые в мире солнечные панели из волоса. *ЭкоТехника*. 31.12.2015. URL: <https://ecotechnica.com.ua/energy/solntse/592-sozdany-pervye-v-mire-solnechnye-paneli-iz-volosa.html> (дата обращения: 1.11.2019).

76. Солнечная тепловая станция украинского изобретателя вырабатывает энергию дешевле, чем при сжигании газа. *ЭкоТехника*. 14.07.2015. URL:

Проривні технології в економіці і бізнесі

<https://ecotechnica.com.ua/energy/solntse/121-solnechnaya-teplovaya-stantsiya-ukrainskogo-izobretatelya-vyrabatyvaet-energiyu-deshevle-chem-pri-szhigani-gaza.html> (дата обращения: 15.05.2019).

77. Солнечные панели из человеческого волоса. *FacePla.net*. 11.09.2014. URL: <http://www.facepla.net/the-news/energy-news-mnu/4817-solnechnye-paneli-iz-volosa.html> (дата обращения: 20.12.2019).

78. 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-elektrichestva-i-tepla-sobirayut-sredstva-za-rubezhom> (дата обращения: 17.11.2019).

79. Терехов А. В Чернобыльской зоне развивается солнечная энергетика. *DOM.RIA*. 07.07.2017. URL: <https://dom.ria.com/ru/news/210508.html> (дата обращения: 10.09.2019).

80. 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-pokaznyku-roboty-AES/> (дата звернення : 01.03.2019).

81. 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-enerhiyeyu-vitru/> (дата звернення: 15.05.2019).

82. Украина вошла в ТОП-5 лидеров Европы по ветроэнергетике. *ЭлектроВести*. 9.09.2019. URL: https://elektrovesti.net/67440_ukraina-voshla-v-top-5-liderov-evropy-po-ventoenergetike (дата обращения: 15.06.2020).

83. Украинские фермы проявляют интерес к биогазовым установкам. *Biowatt*. 17.03.2017. URL: <http://www.biowatt.com.ua/trends/ukrainskie-fermy-proyavlyayut-interes-k-biogazovym-ustanovkam/> (дата обращения: 30.10.2019).

84. Украинский солнечный концентратор «Diversity» и международный хакатон SunnyDay 2015. *ЭкоТехника*. 15.06.2015. URL: <https://ecotechnica.com.ua/energy/solntse/96-ukrainskij-solnechnyj-kontsentrator-diversity-i-mezhdunarodnyj-khakaton-sunnyday-2015.html> (дата обращения: 15.05.2019).

85. Украинский стартап Ecoisme создал умный гаджет для экономии энергии. *ЭкоТехника*. 27.11.2015. URL: <https://ecotechnica.com.ua/products/454-ukrainskij-startap-ecoisme-sozdal-umnyj-gadzhiet-dlya-ekonomii-energii.html> (дата обращения: 17.11.2019).

86. Ученые создали «Чешую дракона», превращающую любую поверхность в солнечную батарею (Фото). *Facenews*. 13.02.2017. URL: <https://www.facenews.ua/news/2017/350200/> (дата обращения: 10.03.2019).

87. Федосенко Н. У США працює інноваційна цілодобова сонячна електростанція. *Ecotown*. 29.02.2016. URL: <http://ecotown.com.ua/news/U-SSHA-pratsyuye-innovatsiy-na-tsilodobova-sonyachna-elektrostantsiya-/> (дата звернення: 1.03.2019).

88. Федосенко Н. У березні Німеччина отримала 41 % електроенергії з ВДЕ. *Ecotown*. 22.04.2017. URL : <http://ecotown.com.ua/news/U-berezni-Nimechchyna-otrymala-41-elektroenerhiyi-z-VDE/> (дата звернення: 01.07.2017)

89. Число рабочих мест в сфере солнечной энергетики бьет рекорды. *Pikabu.ru*. URL: https://pikabu.ru/story/chislo_rabochikh_mest_v_sfere_solnechnoy_yenergetiki_bet_rekordyi_4736601 (дата обращения: 25.10.2019).

90. Шульц Н. NASA опубликовало фотографии крупнейшей солнечной электростанции. *Fainader*. 2017. URL: <http://www.fainaidea.com/technologii/energetika/nasa-opublikovalo-fotografii-krupnejshej-solnechnoj-elektrostantsii-120690.html> (дата обращения: 20.03.2019).

Розділ 3. Проривні технології як основа формування альтернативної енергетики

91. Яковлева Н. Schneider Electric розробили «розумну» систему накопичення енергії EcoBlade. *Ecotown*. 18.01.2016. URL: <http://ecotown.com.ua/news/Schneider-Electric-rozrobyla-rozumnu-systemu-nakopychennya-enerhiyi-EcoBlade/> (дата звернення: 01.03.2019).

92. Яковлева Н. (а) У Німеччині багатоповерхівки покривають до 50 % власних електропотреб завдяки встановленим на дахах сонячним станціям. *Ecotown*. 06.06.2017. URL: <http://ecotown.com.ua/news/U-Nimechchyni-bahatopoverkhivku-pokryyut-do-50-vlasnykh-elektropotreb-zavdyaku-vstanovlenym-na-dakhu/> (дата звернення: 01.07.2019).

93. Яковлева Н. (б) В Італії близько 500 тис домогосподарств встановили сонячні станції – в 350 разів більше, ніж в Україні. *Ecotown*. 19.05.2017. URL: <http://ecotown.com.ua/news/V-Italiyi-blyzko-500-tys-domohospodarstv-vstanovyly-sonyachni-stantsiyi-v-350-raziv-bilshe-nizh-v-Uk/> (дата звернення: 25.10.2019).

94. Янович А. 17-летня школьниця придумала плаваючу електростанцію. *Gazeta.ua*. 15.03.2011. URL: https://gazeta.ua/ru/articles/ukraine-newspaper/_17letnyaya-shkolnica-pridumala-plavayuschuyu-elektrostantsiyu-/374990 (дата звернення: 17.11.2019).

95. Atherton K.D. WISP is a tiny wireless computer that draws power from radio waves. Batteries not included or required. *Popular Science: Technology*. 25.04.2016. URL: <https://www.popsci.com/wisp-is-tiny-wireless-computer-that-draws-power-from-radio-waves> (accessed on: 15.11.2019).

96. Bolton D. People in Germany are now being paid to consume electricity : The price of power in Germany briefly dropped to -€130 per MWh on 8 May. *INDEPENDENT*. 11.05.2016. URL: <http://www.independent.co.uk/environment/renewable-energy-germany-negative-prices-electricity-wind-solar-a7024716.html> (accessed on: 1.10.2019).

97. Coren M. J. Germany had so much renewable energy on Sunday that it had to pay people to use electricity. *Quartz*. 10.05.2016. URL: <http://qz.com/680661/germany-had-so-much-renewable-energy-on-sunday-that-it-had-to-pay-people-to-use-electricity/> (accessed on: 1.10.2019).

98. Denmark Just Produced 140 % of its Electricity Needs with Renewable Wind Power. *EARTH. WE ARE ONE: History & Exopolitics*. 2015. URL: <http://www.ewao.com/a/1-denmark-just-produced-140-of-its-electricity-needs-with-renewable-wind-power/> (accessed on: 1.10.2019).

99. Dutch electric trains become 100 % powered by wind energy. *International Edition "theguardian"*. 10.06.2017. URL: <https://www.theguardian.com/world/2017/jan/10/dutch-trains-100-percent-wind-powered-ns> (accessed on: 16.01.2020).

100. 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 звернення: 20.12.2019).

101. Lavars N. Kinetic energy-harvesting shoes a step towards charging mobile devices on the go. *New Atlas*. 12.02.2016. URL: <https://newatlas.com/energy-harvesting-shoes/41796/> (accessed on 15.11.2019).

102. New energy outlook 2017. Annual long-term economic forecast. *Bloomberg New Energy Finance*. 2016. URL: <https://about.bnef.com/new-energy-outlook/> (accessed on: 01.10.2019).

103. New solar glitter can make virtually anything solar powered. *Inhabitat*. 02.09.2017. URL: <http://inhabitat.com/sandia-solar-glitter-can-fit-into-and-power-devices-of-any-size-or-shape/> (accessed on: 1.10.2019).

104. 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: 20.12.2019).

Проривні технології в економіці і бізнесі

105. Randall T. Solar and wind just passed another big turning point. *Bloomberg*. 06.10.2015. URL: <http://www.bloomberg.com/news/articles/2015-10-06/solar-wind-reach-a-big-renewables-turning-point-bnef> (accessed on: 10.03.2019).

106. Reed S. Power prices go negative in Germany, a positive for energy users. *The New York Times: Energy & Environment*. 25.12.2017. URL: <https://mobile.nytimes.com/2017/12/25/business/energy-environment/germany-electricity-negative-prices.html?referer=> (accessed on: 25.12.2019).

107. Robert Metcalfe – inventor, mathematician. *Biography*. 02.04.2014. URL: <https://www.biography.com/people/robert-metcalfe-9542201> (accessed on: 15.11.2019).

108. 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: 01.10.2019).

109. Solar Power. *Clean Technica*. URL: <http://cleantechnica.com/solar-power/> (accessed on: 01.03.2019).

110. Srivani V. Imperial College and 10:10 partner on project for solar panels on trains. *Railway Technology*. 10.01.2017. URL: <http://www.railway-technology.com/news/newsimperial-college-and-1010-partner-on-project-to-supply-solar-panels-to-power-trains-5714072> (accessed on: 16.01.2020).

111. 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: 01.10.2019).

Питання до розділу 3

1. Чому енергетику необхідно вважати базовою галуззю національної економіки?
2. Які напрями прийняті в ЄС як провідні для сестейнізації економіки країн Євросоюзу?
3. Які завдання поставив Євросоюз для сестейнізації економіки?
4. Які переваги мають відновлювані джерела енергії?
5. Чому відновлювані джерела енергії можна вважати відносно стабільними порівняно із традиційними?
6. Які події дали поштовх для розвитку відновлюваних джерел енергії в ЄС?
7. На чому базується економічність відновлюваних джерел енергії?
8. З якими екологічними наслідками може пов'язуватися використання відновлюваних джерел енергії?
9. Яка роль Третьої промислової революції у сестейнізації енергетичної галузі?
10. На чому базується конкурентоспроможність альтернативної енергетики порівняно із традиційною?
11. На яких історичних засадах базується розвиток вітрової енергетики?
12. На яких історичних засадах базується розвиток гідроенергетики?

Розділ 3. Проривні технології як основа формування альтернативної енергетики

13. На яких історичних засадах базується розвиток сонячної енергетики?
14. На яких історичних засадах базується розвиток біогазової енергетики?
15. Які приклади ви можете навести на користь життєздатності відновлюваної енергетики?
16. Наведіть факти, що характеризують динаміку розвитку відновлюваної енергетики.
17. Висловіть свою думку з приводу перспектив розвитку двох напрямів відновлюваної енергетики – концентрованого і деконцентрованого.
18. Які переваги і недоліки, на вашу думку, має напрям розвитку концентрованої відновлюваної енергетики?
19. Які переваги і недоліки розвитку має напрям розвитку деконцентрованої відновлюваної енергетики?
20. За якими основними напрямками відбувається розвиток сучасних енергетичних систем?
21. Роль інновацій у сучасному розвитку енергетичних систем?
22. Наведіть приклади інновацій у розвитку сонячної енергетики.
23. Наведіть приклади інновацій у розвитку вітрової енергетики.
24. Яку роль відіграє ефективність альтернативної енергетики в її поширенні?
25. Охарактеризуйте динаміку ефективності засобів альтернативної енергетики.
26. Яку роль у розвитку альтернативної енергетики відіграє акумулювання енергії?
27. Які можна виділити напрями розвитку акумуляційних технологій?
28. Наведіть приклади використання сучасних акумуляційних технологій.
29. Роль інфраструктури в розвитку відновлюваної енергетики.
30. Заходи ЄС в розвитку енергетичної інфраструктури. Зміст Енер-Нету.

РОЗДІЛ 4

ПРОРИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ФОРМУВАННІ МЕТОДІВ ВИРОБНИЦТВА ТА НОВИХ МАТЕРІАЛІВ¹

4.1 Проривні технології як основа формування адитивних методів виробництва

Як було зазначено раніше, дематеріалізація процесів життєзабезпечення суспільства є одним із найважливіших завдань, вирішення якого покликана забезпечити «зелена» економіка. Під дематеріалізацією тут розуміють зниження матеріаломісткості та енергоємності виробництва і споживання виробів та 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 нерегульованому стані, обумовлюючи процеси руйнування і забруднення природних систем. Вихід полягає в переході від субтрактивного до *адитивного* методу виробництва. Перший базується 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: або пластику, або металу, бетону або в один із днів... людської тканини» (Additive, 2019; What, 2019).

Сторінки історії

Адитивне виробництво (AB), включаючи 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 фото затвердіває (photo-hardening polymer). У цих методах роботу зону контролювали 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

¹Розділ містить матеріали підручника «Зелена» економіка (досвід ЄС і практика України у світлі III і IV промислових революцій). Суми : ВТД «Університетська книга», 2018. 463 с.

Розділ 4. Проривні технології у формуванні методів виробництва та нових матеріалів

(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 таке формулювання: «недостатні перспективи для бізнесу».

Халл діяв більш енергійно. Він розробив установку STL (STereolithography), що включала 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, що набув значного поширення (3D printing, 2019).

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

У 1990 році був використаний новий метод одержання «друкованих відбитків» – метод наплавлення, тобто струменевого нанесення матеріалів. Його розробив Скотт Крамп (Scott Crump). Метод набув 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 почали активно використовувати поняття: «лазерний 3D-принтер» і «струменевий 3D-принтер». Саме ж поняття «3D-друк» з'явилося у 1995 році, коли два студенти Массачусетського технологічного інституту модифікували струменевий принтер і створили на ньому об'ємне зображення (История, 2019; Холодов, 2014).

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

Технологічна сфера формує найважливіший кластер інновацій. Він, як уже було зазначено, обумовлений очікуваним широким упровадженням 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, беручи за необхідність внесення змін і диверсифікацію форм продукції, що випускається, «дбає» керівник виробничого процесу комп'ютер із 3D-принтером за мінімальних витрат.

Адитивні методи виробництва дозволяють реалізувати значні переваги (Определение, 2019; Самойлов, 2014; Щедровицкий, 2014), зокрема:

- необмежені можливості конструювання;

Проривні технології в економіці і бізнесі

- *безкоштовність* забезпечення складності;
- *безкоштовність* забезпечення варіативності;
- мінімальну *відхідність*;
- виготовлення за *індивідуальним замовленням* із мінімальною зміною вартості виробництва;
- можливість внесення змін *в останній момент*;
- виключення етапу *збирання*;
- пряма *матеріалізація* інформаційних образів (останні можуть задаватися, зокрема, безпосередньо голосом людини, а в перспективі – і думкою).

3D-принтери. Сьогодні дедалі більш чітко вимальовуються завдання, які покликані вирішувати інформаційне забезпечення сучасного матеріалознавства, орієнтоване на використання 3D-принтерів:

- збільшення складності й різноманітності виробів;
- забезпечення гнучкої варіабельності, тобто можливості швидко і з мінімальними витратами змінювати властивості матеріалів;
- екологізація речовинної основи матеріалів, що використовуються через максимальне наближення їх до природної основи;
- максимальне зниження вартості матеріалів і вартості обладнання, що працює з цими матеріалами (3D-принтерів).

Команда вчених з Лабораторії інформатики і штучного інтелекту (CSAIL) Массачусетського технологічного інституту представила 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 існуючі аналоги. Вчені вже надрукували на ньому чохла для смартфонів, світлодіодні лінзи, оптоволоконні кабелі та багато іншого (рис. 4.1) (Горина, 2015).

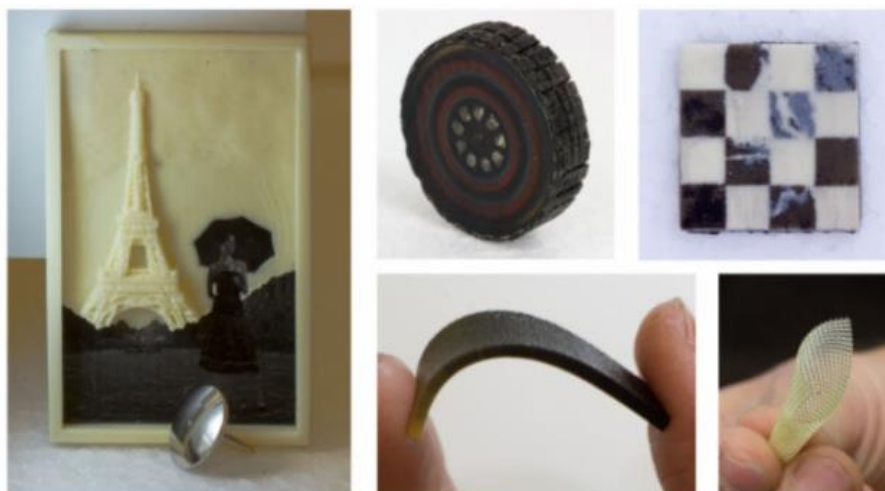


Рисунок 4.1 – Вироби, роздруковані на 3D-принтері (Горина, 2015)

Розділ 4. Проривні технології у формуванні методів виробництва та нових матеріалів

Робота 3D-принтерів із кількома матеріалами, крім усього іншого, розкриває нові можливості матеріалознавства 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.



Рисунок 4.2 – Будинки, надруковані на 3D-принтері Шанхайською компанією WinSun (Шанхайская, 2015)

У 2016 році у світі вироблялося вже близько 2,5 тисяч моделей різних 3D-принтерів (Boing, Samsung, Siemens, Canon, General Electric) (Курьшев, 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 тоді надрукувала п'ятиповерховий будинок (рис. 4.2) і котедж. Блоки будівель були надруковані на окремому майданчику, а потім були використані для складання будинку (Шанхайская, 2015).

У травні 2016 року в місті Дубаї відбулося відкриття, як представлено творцями, першої в світі будівлі, повністю надрукованої 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 м (Dubai, 2019).

Австрійський стартап Overtes запропонував спосіб друку на 3D-принтері бетонних деталей будь-якої форми, враховуючи складні вигини і спі-

Проривні технології в економіці і бізнесі

ралі. Для цього використовують надпотужний принтер вагою 1,8 тонни і розміром 4 м². Запропонований метод дозволить архітекторам проектувати більш незвичайні будівлі, а будівельним компаніям – істотно знизити витрати. Адже для існуючих 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 (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 роздруковування були створені в Китаї (рис. 4.3) та Японії (Представлен, 2013).



Рисунок 4.3 – Роздрукований на 3D-принтері електромобіль китайської компанії Sanya Sihai (Китайці, 2015)

З 2013 року 3D-принтери широко використовуються в харчовій промисловості (рис. 4.4) (Kolodny, 2017; Gauthier, 2014).

Провідні взуттєві фірми, за повідомленнями медіа, вже широко використовують 3D-друк (рис. 4.5).

3D-принтер вже давно працює на міжнародній космічній станції. На ньому, зокрема, роздруковуються відсутні інструменти. За необхідності їх цифрові образи передаються 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 повітря (Никитин, 2017 в).

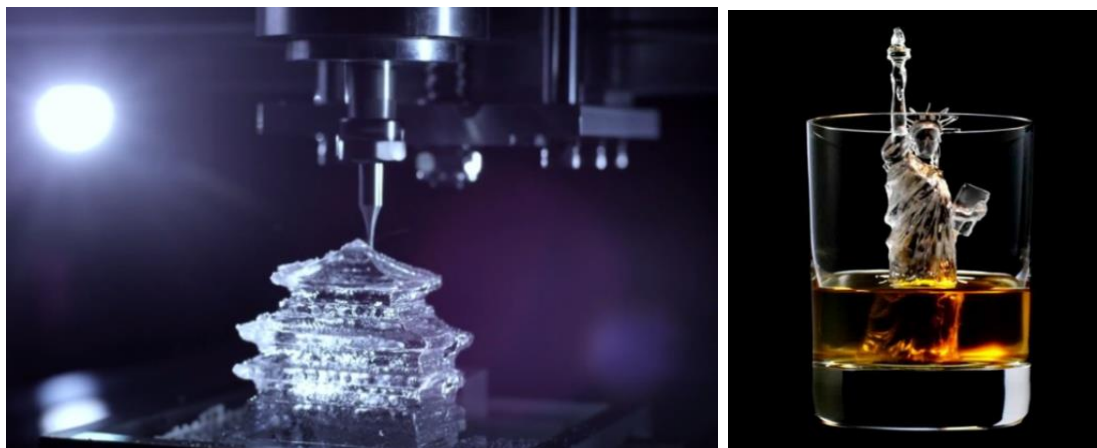


Рисунок 4.4 – Фігурки з льоду і шоколаду, надруковані на 3D-принтері (Gauthier, 2014)

З 2013 року 3D-біопринтери почали активно використовувати в медицині. В експериментальних установах друк 3D-структури майбутнього об'єкта (тканин або органа для пересаджування) проводять краплями, що містять живі клітини. Далі поділ, ріст 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 пересадження орган запрацював і почав виділяти гормони (3D-принтер, 2019; Грэй, 2015).



Рисунок 4.5 – Взуття, надруковане на 3D-принтері (Горина, 2014)

За прогнозом нідерландського банку ING, до 2060 року половину продукції у світі будуть друкувати на 3D-принтерах. Водночас обсяг світової торгівлі може скоротитися на 25 % через те, що значну частину продукції зможуть друкувати на місцях, зокрема і безпосередні споживачі (Иртлач, 2017 в).

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

Побутовий 3D-принтер. Компактний 3D-принтер буде коштувати не дорожче, ніж холодильник (\$ 179) (рис. 4.6). Його розміри становлять лише 390 мм x 221 мм x 237 мм, а вага – 1,7 кг без урахування котушки з

Проривні технології в економіці і бізнесі

ниткою. Загальний об'єм простору, де відбувається друкування, – 2,27 літра (Загорская, 2015 б).



Рисунок 4.6 – Побутовий 3D-принтер за ціною холодильника (Загорская, 2015 б)

Папір для багаторазового друку. Вчені та інженери створили папір для багаторазового друку (рис. 4.7). Текст або картинка на такому носії зберігається впродовж кількох днів, після чого надрукована інформація може бути стерта за допомогою простого нагрівання паперу (Доронин, 2014 а).

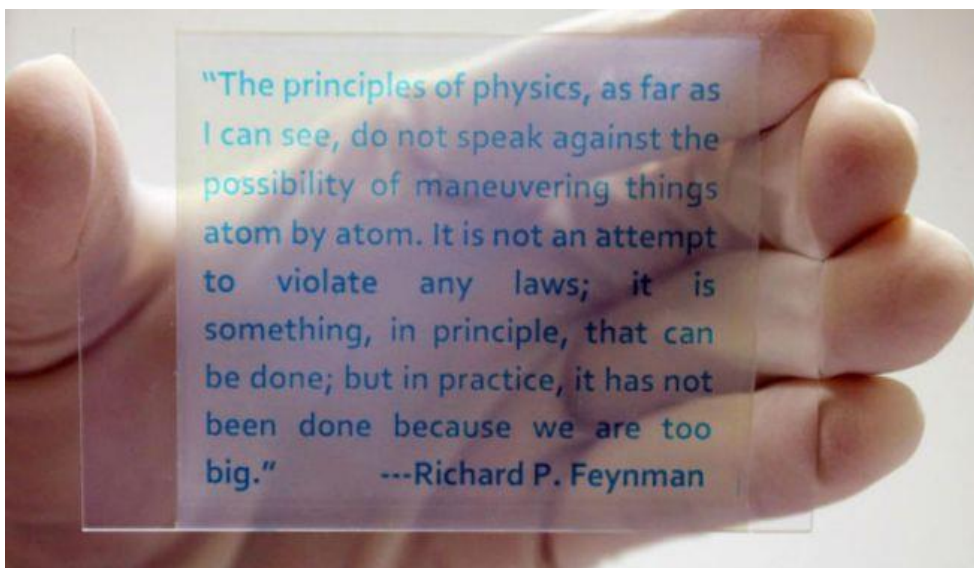


Рисунок 4.7 – Папір для багаторазового друку (Доронин, 2014 а)

Крім уже зазначених вигід конструкторського і технологічного характеру, як уже зазначалося, адитивні методи виробництва мають значні еко-

логічні переваги. Зокрема, вони дають можливість зменшити у рази (а іноді на порядок) матеріаломісткість виробничих процесів. Крім того, вони створюють передумови для переходу на органічні для природи матеріали.

4.2 Проривні технології як основа формування самовідтворювальних виробничих систем

Починаючи із середини 2000 років, почали розвиватися нові напрямки створення виробничих систем, здатних до самовідтворювання. Ще в 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, 2019).

Пізніше до праць 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. Вперше робот виготовив деталі для відтворення самого себе, тобто точної своєї копії, а зібрана копія почала виготовляти «онука» першої машини (рис. 4.8) (Попов, 2008).

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

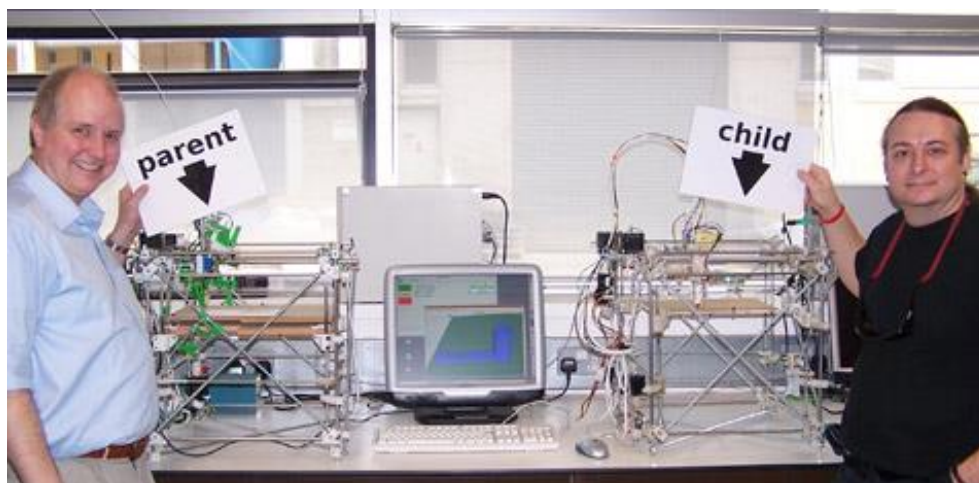


Рисунок 4.8 – Едріан Боуер (зліва) і його напарник Вік Оллівер (Vik Olliver) поряд із RepRap-«батьком» (зібраним із деталей, створених на звичайному 3D-принтері) та першим повністю завершеним і працездатним апаратом RepRap-«дитиною», який уже через кілька хвилин після «народження» створив першу деталь 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 здійснювали 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 прийняли правило: машини повинні вміти скласти 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 бажаючим, включаючи малі спільноти (GNU –

Розділ 4. Проривні технології у формуванні методів виробництва та нових матеріалів

General Public License). Як підкреслив один з учасників команди творців RepRap Вік Олівер, це робиться «для розвитку світу» (world) (O'Neill, 2019).

Прикладною сферою цього напрямку робіт є створення так званих фаблів або фаблабів (від англ. Fab lab – fabrication laboratory). Під цим терміном розуміють невеликі майстерні, що пропонують учасникам можливість виготовляти необхідні їм предмети на верстатах із числовим програмним керуванням. Зазвичай фабли оснащені набором універсальних інструментів та комп'ютерних програм, дозволяючи зробити «майже все» з «практично нічого». Інакше кажучи, фабл (фаблаб) у сукупності представляє ту саму «машину, що може зробити майже все» «make-it-all machine» (Fab lab, 2019).

Доречно зазначити, що подібні фабли відкриваються і в Україні. Зокрема, в Києві відкрито вже дві майстерні-лабораторії, які є частиною світової мережі «фаблабів» (рис. 4.9). Тут зібрано найсучасніше обладнання, лазерні прилади, 3D-принтери, 3D-сканери, металорізальне знаряддя, необхідні інструменти. Усі бажаючі за певну плату (а один раз на тиждень – безкоштовно) можуть зібрати необхідний пристрій або надрукувати 3D-предмет (В Києві, 2016).



Рисунок 4.9 – Лабораторія Fab Lab Fabricator у Києві (вул. Воздвиженська) (В Києві, 2016)

Ще вищий клас щодо забезпечення самовідтворення створених людиною сутностей продемонструвала Google, тобто навчила своє програмне забезпечення самостійно робити більш досконалим (Пальчинская, 2017).

Це досягнення, безсумнівно, є значним проривом у створенні штучного інтелекту. По-перше, набагато важче навчити штучно створені люди-

Проривні технології в економіці і бізнесі

ною сутності (нехай навіть і нематеріальні) вирішувати завдання, що вимагають застосування інтелекту. Це набагато складніше, ніж змусити робота виконувати механічну роботу за заздальгідь закладеною програмою. По-друге, за версією Google програма не лише відтворює себе, а й здатна самовдосконалюватися, тобто має навички самонавчання. Одержані результати мають велике прикладне значення для автоматизації робіт, що вимагають розумової праці (створення програмного забезпечення, архітектура, охорона здоров'я, конструкторські роботи тощо).

Органічним продовженням зазначених досліджень у наші дні є розвиток так званих когнітивних технологій. Вони будуються на основі програм, що мають можливість самодописуватися і самовдосконалюватися.

У країнах ЄС був ініційований проєкт «Завод за один день» (Factory-in-a-day). На сьогодні все більше підприємств, зайнятих виробництвом робіт та 3D-принтерів, продають для малих і середніх підприємств гнучкі заводи (із програмним забезпеченням), які здатні розгортатися за 24 години. Завод продають як смартфон або планшет (EU Project, 2019; Factory-in-a-day, 2013).

Цифри і факти

У 2016 році у світі використовувалося близько 1,5 млн роботів. Відсоток роботів, що використовувалися в трьох провідних галузях, становив: автомобілебудування – 33 %, електротехнічна і електронна промисловість – 10 %, хімічна промисловість – 9,5 %. Відсоток використання роботів під час виконання різних виробничих завдань становив: 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).

4.3 Проривні технології як основа створення нових матеріалів

Розгортання Т. п. р. і Ч. п. р. обумовлює і революційні процеси в роботі з матеріалами. З одного боку, перехід до нових технологій висуває нові вимоги до матеріалів, що обумовлює необхідність вирішення нових, раніше не звіданих завдань, які пов'язані з пошуком нових характеристик матеріалів. З іншого боку, наукові відкриття і досягнення технічного прогресу відкривають можливості використання широкого спектра унікальних властивостей і функцій нових матеріалів, здатних вирішувати такі завдання.

Розділ 4. Проривні технології у формуванні методів виробництва та нових матеріалів

Можна сформулювати кілька напрямків, за якими розвивається сучасне матеріалознавство (DARPA, 2015). Кожен із них обумовлений вимогами 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 як «чорнила» для 3D-друку;
- забезпечення високої точності в конструюванні, тобто при розрахунку, прогнозуванні та досягненні 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;
- достатню дешевизну одержання, експлуатації та утилізації.

Серед технологічних напрямків створення нових матеріалів можна виділити ряд основних.

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

«У більшості *композитів* (за винятком шаруватих матеріалів) їх компоненти можна розділити на матрицю (або елементи, які зв'язують) і включені 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 армувальних елементів і 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 однорідним у макромасштабі і неоднорідним у 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 їх поєднання.

При суміщенні наповнювачів і матриці утворюється композиція, яка має набір властивостей, що відображають не лише вихідні характеристики її компонентів, а й нові властивості, яких окремі компоненти не мають» (Композиционные, 2019).

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 для створення більш зручних у виробництві, а отже, і більш дешевих матеріалів. Досліджуються самозростаючі кристалічні структури, з'єднані в єдину масу полімерним клеєм (це-

Проривні технології в економіці і бізнесі

менти з додаванням водорозчинних клеїв), композиції з термопласту з короткими армувальними волоконцями та інші» (Композиционные, 2019).

«Основна перевага КМ – в тому, що матеріал і конструкція створюються одночасно для виконання певних завдань. Відповідно вони не можуть вміщувати в собі всі можливі переваги, але, проектуючи новий композит, інженер має можливість задати йому характеристики, що значно перевершують параметри традиційних матеріалів при виконанні даної функції в даному механізмі, але поступаються їм у будь-яких інших аспектах. Це означає, що КМ не може бути кращим за традиційний матеріал в усьому. Для кожного виробу інженер проводить усі необхідні розрахунки і лише 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, 2019).

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

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

«ММ являють собою штучно сформовані та особливо структуровані 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 середовища, 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 середовища в результаті зовнішніх впливів (метаматеріали з електрично керованою діелектричною та магнітною проникністю) і т. ін. Розробник метаматеріалів при їх синтезі має можливість вибору (варіювання) різних параметрів (розміри структур, форма тощо)» (Метаматериал, 2019).

Дослідники бразильської компанії Braskem розробили новий вид пластикових харчових контейнерів. Упаковка мимовільно 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 застосовуються у сонячній енергетиці, приладобудуванні, зв'язку, оборонній промисловості (зокрема, завдяки від'ємним показникам заломлення світла використовуються для маскування об'єктів).

Увага до метаматеріалів викликана тим, що вони перенаправляють не лише 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. Практично будь-який вид хвиль електромагнітного спектра може маніпулюватися метаматеріалами.

Завдяки метаматеріалам одного разу можна буде створити спеціальні Т-хвильові сканери для медичних процедур, компактні радіоантени, що здатні змінювати свої властивості прямо за ходом, і багато чого ще. Коротше кажучи, метаматеріали є дуже багатообіцяльним проєктом. Їх теоретичні можливості практично нескінченні. Однак до комерційного використання цих матеріалів доведеться пройти дуже довгий і важкий шлях (Хижняк, 2015).

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

Можна назвати кілька видів наночастинок, що найчастіше використовуються (Нанотехнологии, 2017; Нанотехнология, 2019; Алферов и др., 2019).

Графен – двовимірний алотропний модифікація вуглецю, утворена шаром атомів речовини товщиною один атом. Має велику механічну твердість і рекордно велику теплопровідність. Матеріал одержано в 2004 році. Створення графену дозволяє одержувати модифікації різних матеріалів на його основі (рис. 4.10). Зокрема, в Массачусетському технологічному

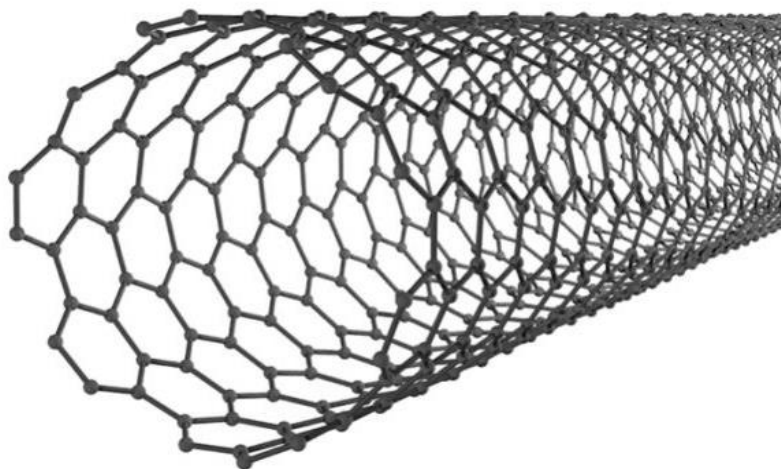


Рисунок 4.10 – Реконструкція структури нового надлегкого матеріалу, міцнішого за сталь у 10 разів (В США, 2017)

Проривні технології в економіці і бізнесі

інституті розроблена технологія одержання нового надлегкого матеріалу, міцнішого за сталь у 10 (!) разів. Новий матеріал одержано з пластівців графену за допомогою нагрівання і величезного тиску. Він має порівняльну щільність лише 5 %, а також губчасту структуру й унікальні електропровідні властивості (В США, 2017; Глущенко, 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 головою.

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 та 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, в 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 Li₄Ti₅O₁₂-електродами мають час зарядження 10–15 хвилин. У лютому 2006 року компанія почала виробництво акумуляторів на своєму заводі в Індіані (Нано-аккумулятори, 2019).

Поверхні, що самоочищаються, на основі ефекту лотоса. Ефект полягає в дуже низькій змочуваності поверхні. Вода, потрапивши на неї, стікає і заодно захоплює із собою частинки пилу. Хоча феномен самоочищення лотоса був відомим в Азії із давніх часів, його наукове обґрунтування стало можливим лише з появою сканувального електронного мікроскопа. В 1977 р. це, зокрема, зробив із колегами німецький ботанік Вільгельм Бартлотт (Wilhelm Barthlott). Сьогодні цей ефект використовується для самоочищення поверхні сонячних панелей (Lotus effect, 2019).

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 та поверхонь, які перешкоджають обростанню суден нижче від ватерлінії різними організмами. Останнє призводить до зниження швидкості кораблів (Доронин, 2015 а).

Розділ 4. Проривні технології у формуванні методів виробництва та нових матеріалів

Американська фармацевтична компанія Aprecia Pharmaceuticals одержала 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 частки секунди. Це полегшує приймання препаратів літнім людям і маленьким дітям, а також пацієнтам, які мають проблеми з функцією ковтання (Горина, 2015).

Станен як графен – це структура, 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 мікрочипів практично для всіх пристроїв, що використовуються сьогодні. По-перше, чипи зможуть стати набагато продуктивнішими. Можливості сучасних чипів на основі кремнію обмежені об'ємом тепла, яке виділяють електрони. Чим швидше чипи працюють, тим гарячішими стають. Станен, маючи здатність 100-відсоткової провідності, буде позбавлений цього недоліку (Хижняк, 2015).

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 покладені в основу 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 % (в 2000 роки) до 15–20 % (у середині 2010 років). Велику роль також відіграють матеріали для перетворення енергії в таких процесах, як акумулювання енергії, теплоізоляція, електропровідність, трансформація тепла в електрику, і, навпаки, світлопровідність, звукопроникність 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 °C через те, що молекули матеріалів абсорбують ті фотони, які збігаються з ними за частотою і переміщують високочастотні 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 довілля (Ревадзе, 2017).

Проривні технології в економіці і бізнесі

Каліфорнійська компанія Alphabet Energy представила 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 проводять 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, 2019).

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, під час забору тепла з вихлопних труб автомобілів, холодильників та 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 (пропускати набагато гірше) у зворотному. Мембранні матеріали використовують у багатьох сферах науки і техніки. Зокрема, їх застосовують в установках для розділення й 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», одержання надчистих речовин і зон у мікроелектроніці, виділення біологічно активних речовин та ін. (Терещенко, 2019).

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 (Терещенко, 2019).

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. Основа клею є заміщений метакриловою кислотою тропоеластин (MeTro), еластичний білок, який наноситься на рану і запечатує її, не перешкоджаючи природному загоєнню органів або шкіри. Коли клей починає контакту-

Розділ 4. Проривні технології у формуванні методів виробництва та нових матеріалів

вати з тканинами, він затвердіває 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. Однією з вимог часу стало створення екологічно прийнятних матеріалів (в англійській мові екологічна прийнятність предметів передається 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 та енергії. З цієї точки зору 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-біопринтера з целюлози – найпоширенішої органічної сполуки планети, яка абсолютно безболісно сприймається й утилізується екосистемами планети після завершення експлуатаційного терміну виробу.

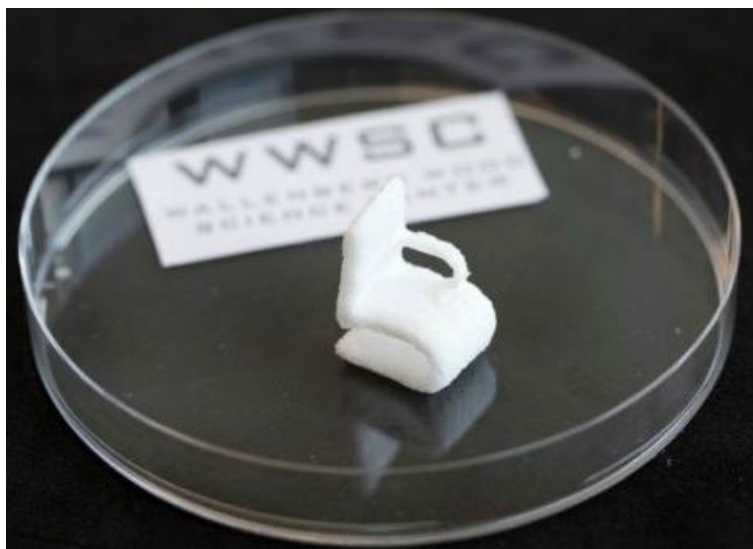


Рисунок 4.11 – Предмет, надрукований на 3D-принтері «чорнилом» із целюлози (Доронин, 2015 б)

Більше того, шляхом додавання вуглецевих нанотрубок учені змогли одержати 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. 4.12). У зв'язку зі зростанням кількості населення в де-

Проривні технології в економіці і бізнесі

яких частинах нашої планети Організація Об'єднаних Націй (ООН) уже прогнозує необхідність будівництва близько 100 тисяч нових будинків щодня впродовж найближчих 15 років (Загорская, 2015 а).



Рисунок 4.12 – 3D-принтер компанії WASP (висота 12 м, діаметр – 6 м)
(Загорская, 2015 а)

Як це часто буває, рішення проблеми підказує сама природа. Поодинокі оси будують міцні, схожі на глиняний горщик, гнізда зі звичайного бруду. Принцип роботи цих працюючих комах нагадує роботу 3D-принтера, адже вони теж методично, шар за шаром, викладають свої гнізда. І саме оси 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).

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

Ученим Массачусетського технологічного інституту вдалося домогтися значних результатів в освоєнні 4-го виміру. В результаті експериментів вдалося одержати решітку розміром 38 см x 38 см. У ній елементи з жорсткого пластику з'єднувалися за допомогою речовини, яка збільшується в об'ємі під час поглинання вологи.

Під час експериментів вони виявили, що якщо покласти вироблений предмет у воду, адсорбуючий матеріал деформується, і решітка змінює свою форму. До того ж залежно від місця і структури елементів, що можуть змінюватися, діапазон різних форм зі складною геометрією може бути дуже

Розділ 4. Проривні технології у формуванні методів виробництва та нових матеріалів

широким. Наприклад, учені надрукували фігуру, в якій аббревіатура інституту MIT згодом перетворювалася на букви SAL.

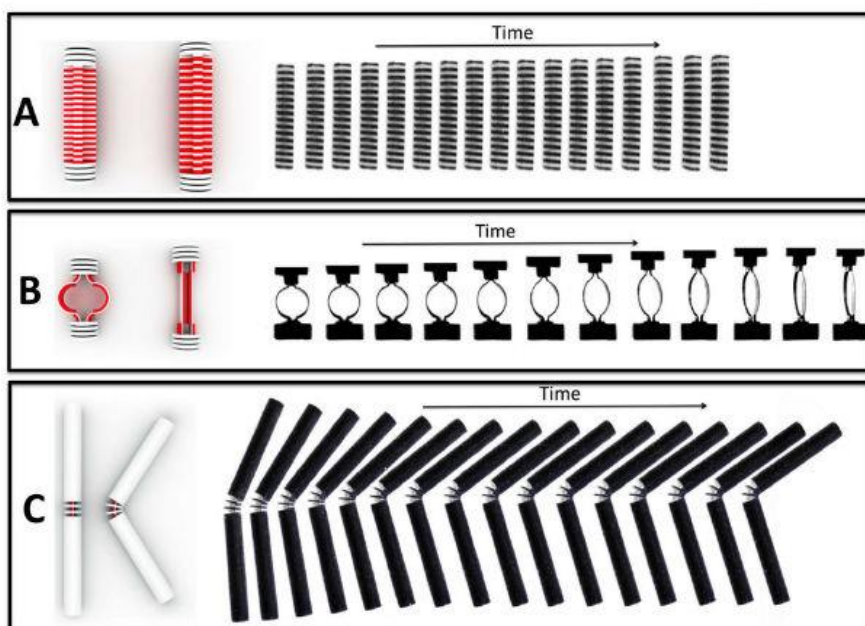


Рисунок 4.13 – Приклади виробів, що самозмінюються в часі (Загорский, 2014)

На думку авторів роботи, в 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 імплантатам, які зможуть змінювати свою форму, розмір та 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 в складеному стані, після чого вони набиратимуть своєї постійної трубчастої форми і розширять уражену ділянку (Загорский, 2014).

Самовідновлюваний пластик. Дослідникам вдалося розробити матеріал із неймовірною здатністю до регенерації (рис. 4.14). Створений американськими вченими пластик «загоює» на собі значні «поранення» (Ученые, 2015; Доронин, 2014 б).

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

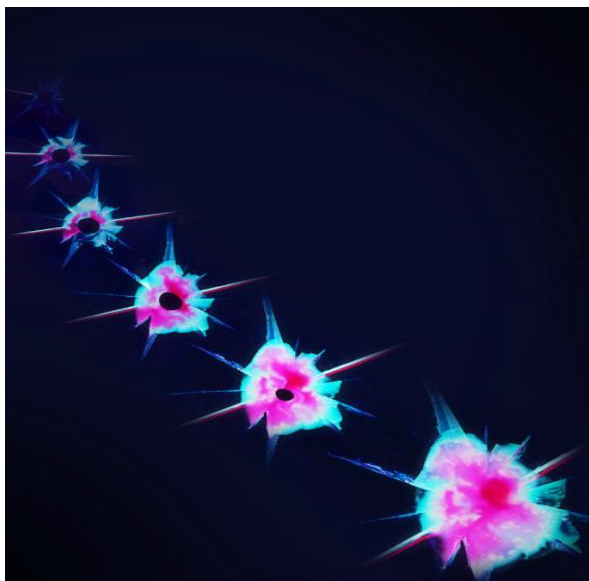


Рисунок 4.14 – Самовідновлюваний пластик (Доронин, 2014 б)

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 використовуються 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, властивості яких досягаються в ході тривалих виробничих процесів, на «конструкції», потрібні характеристики яких закладаються безпосередньо в процесі виробництва створюваних з них виробів.

Більше того, як показано вище, реальністю стає конструювання композитних матеріалів із керованими властивостями, які можуть змінювати свої характеристики і форму вже після їх створення, виходячи з конкретних завдань та функцій виробів (Краснянский, 2019; Щедровицкий, 2014).

Таким чином, нові технології в поєднанні з новими матеріалами зробили реальністю вирішення низки найважливіших завдань. По-перше, досягається гнучке, а головне – швидке конструювання під потреби виконання певних функцій в умовах експлуатації виробу. По-друге, одержується великий діапазон (варіабельність) властивостей та параметрів матеріалів. По-третє, значно збільшуються граничні значення корисних властивостей матеріалів: міцності, щільності, гнучкості, електропровідності, теп-

лопровідності, гідрофобності та ін. – іноді в десятки і навіть сотні разів. По-четверте, параметри матеріалів у заданому напрямку можуть змінюватися вже після виготовлення виробів.

4.4 Проривні технології як основа конвергенції та мініатюризації

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

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

Один із продуктів конвергенції кожна сучасна людина носить із собою. Це – його мобільний, який вміщує все те, що ще кілька років тому було окремим, причому досить об'ємним предметом: комп'ютер, телефон, фотоапарат, відеокамера, ліхтарик, записна книжка, годинник-будильник, календар і багато ще чого (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Деякі функції сучасного мобільного телефону (айфона) (складено автором)

Функція	Функція
<ul style="list-style-type: none">• Телефон• Комп'ютер• Фотоапарат• Слайдоскоп• Відеокамера• Словник• Бібліотека• Диктофон• Калькулятор• Довідник• Пульт дистанційного керування	<ul style="list-style-type: none">• Записна книжка• Годинник• Таймер• Ліхтарик• Календар• TV-приймач• Радіоприймач• Передавач• Програвач• Принтер• 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 мініатюризації виробів. Особливо це

Проривні технології в економіці і бізнесі

стосується засобів оброблення інформації. Характер цього явища дуже яскраво описав класик постіндустріалізму Д. Белл, хоча, зауважимо, з моменту його висловлювання пройшло вже понад 15 років. Інакше кажучи, це означає, що наукові й технічні звершення пішли далеко вперед.

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

Ще грандіозніші перспективи обіцяє упровадження нанотехнологій, що повинно змінити до невпізнання не лише виробництво, а й весь спосіб життя людства.

На думку багатьох учених, сьогодні реальністю стає створення нанокomp'ютера, тобто обчислювального пристрою на основі електронних технологій, розмірами декількома нанометрами – зокрема, величиною з молекулу. Фактично в нанокomp'ютер може перетворитися наночастинка, запрограмована на потрібні хімічні або фізичні властивості. Корейсько-американський консорціум розробив підходи для створення нанотранзистора, базової частини нанокomp'ютера. Шість атомів водню і вуглецю були розміщені циклічно, перетворившись на молекулу бензолу. Таке місце атомів дозволило проходити струму від одного золотого електрода до іншого без будь-якого напруження. Головним тут є навіть не мініатюрні розміри, а колосальна енергоефективність. На порядку денному – вдосконалення механізму роботи пристрою і принципової схеми його збирання (Нанотранзистор, 2019).

Нанокomp'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. Таким чином, 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 заплановано старт обчислень квантового комп'ютера Google, оснащеного 22-кубітовим чипом (*кубіт* – найменший елемент для зберігання даних у квантових комп'ютерах). Заплановано роз-

Розділ 4. Проривні технології у формуванні методів виробництва та нових матеріалів

рахунок 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 вирішить незбагненне раніше завдання. Квантові чипи Google знаходяться в лабораторії, де підтримується мінусова температура – 273,11°С, що необхідно для збереження надпровідності. Такі складні і дорогі умови означають те, що Google та інші компанії, швидше за все, будуть продавати квантові обчислення через «хмару» за чималі гроші. Однак уже сьогодні вчені у світі (зокрема, в компанії Intel) напружено працюють над створенням чипів, здатних працювати за більш високої температури (Никитин, 2017 а).

Сьогодні при створенні 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 їх виготовлення (Агамирзян, 2013). Решта припадає на роботу науково-дослідницьких інститутів, конструкторських бюро та лабораторій, де формуються інформаційні алгоритми функціонування виробів.

4.5 Проривні технології як основа дематеріалізації виробництва

Можна говорити про два напрями реалізації ресурсозаощаджувальної 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) базується на технологічному зниженні ресурсомісткості (Пильцер, 1999).

За останні 20 років вага фото- і відеокамер, магнітофонів, акумуляторів знизилася в рази, а то – і на порядок. За сорок років паливомісткість автомобілів зменшилася майже в 10 разів (із 20 до 2 літрів на 100 км шляху) (Вайцеккер и др., 2000; Вайцеккер и др., 2013). Перехід фото- і кіноіндустрії на цифрові технології зробили непотрібною цілу галузь, зайняту виробництвом фото- і кіноматеріалів (плівки, паперу, хімічних реагентів). Крім того, стало непотрібним і виробництво обладнання, необхідного для проявлення, закріплення, друкування 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 половини компаній, що мали місце в списку» Фортуна 500, «зникли звіди з 2000 року» (9 quotes, 2016).

Проривні технології в економіці і бізнесі

Зниженню ресурсомісткості сприяє і всебічне упровадження енергоощадних технологій на виробництві та в побуті.

Узагальнюючи сказане, можна виділити кілька напрямків розвитку економічних систем, що забезпечують зниження ресурсомісткості їх функціонування:

- заходи щодо масштабного ресурсозбереження (наприклад, теплоізоляція будинків, застосування менш енергоємного обладнання та ін.);
- використання ресурсощадних технологій;
- використання ефективних ресурсощадних режимів роботи;
- використання природозбережних технологій, що знижують екологічні наслідки і пов'язані з цим витрати.

Водночас необхідно зазначити, що не лише останній, а й 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, виготовлення самого матеріалу і використання його в технічних системах.

Так, завдяки упровадженню волоконно-оптичного зв'язку (кварцове, скляне або полімерне волокно) вдалося підвищити швидкість передавання інформації більше 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, нові матеріали при їх незрівнянно вищих функціональних властивостях дозволяють замінити цілий ряд дорогих і ресурсомістких (під час їх виробництва) матеріалів, вони, зазвичай, також значно (часто на порядки) знижують ресурсомісткість функцій, що виконуються ними.

Зокрема, теплоприлив під час передавання сигналів у каналах зв'язку з волоконних світлодіодів приблизно в 100 разів менший від теплоприливу передавання сигналів кабелями із нікелю (Оптическое, 2019).

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

4.6 Інноваційний вектор проривних технологій

Принциповою особливістю сучасного етапу розвитку виробничої сфери є перенесення центру ваги (а відповідно і витрат) у виробничому процесі з циклу тиражування продукції (тобто, власне, виробничого процесу) на цикл їх проєктування. Саме там закладається основна цінність майбутнього виробу, тобто його інформаційні характеристики: властивості, функції, експлуатаційні параметри (надійність, естетичність тощо). За влучним висловом І. Агамирзяна, в найближчому майбутньому ми почнемо сприймати виробничі потужності не інакше, як звичайний принтер, який вмикається натисненням кнопки, коли нам потрібно роздрукувати пакет документів (Агамирзян, 2013).

У 2010 році перша модель iPad-а продавали майже за \$ 500. До того ж сукупні витрати на виготовлення його матеріальних компонентів та їх збирання становили лише \$ 33. «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 займаються дослідженнями і проєктуванням мікрочипів, і foundry-компанії, які займаються їх виробництвом. 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 говорити, що виробництво повертається в розвинені країни. Але... нехтується дуже важлива деталь, що це вже зовсім інше виробництво...» (Агамирзян, 2013).

Таким чином, основним видом продукції в бізнесі стають не вироби і послуги, а стартапи, а точніше інновації, на виробництво яких орієнтовані дані стартапи. Причому коло інновацій, які продукуються стартапами, надзвичайно широке і стосується всіх сфер життя (рис. 4.15).

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

Сказане змушує підкреслити одну важливу деталь. Згадані інноваційні технології, як і будь-які інновації в цілому, можуть бути успішно реалізовані при 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 розуміють об'єднання представників держави, бізнесу, науки та освіти навколо спільного бачення тренду науково-технічного розвитку та форму-

Проривні технології в економіці і бізнесі

вання загальних підходів до розроблення і промислового освоєння відповідних технологій (European, 2017).



Рисунок 4.15 – Види економічних інновацій (складено автором)

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

Список літератури

1. Агамірзян И. Третья промышленная революция : начало. *Slon*. 25.10.2013. URL: <https://rpublic.ru/biz/1009644/> (дата обращения: 1.11.2019).
2. Алферов Ж. И, Копьев П. С. Сурис Р. А. и др. Наноматериалы и нанотехнологии. *Нано- и микросистемная техника*. URL: <http://www.microsystems.ru/files/publ/601.htm> (дата обращения: 20.10.2019).
3. Англичанин делает машину, которая копирует себя. *Membrana*. 17.03.2005. URL: <http://www.membrana.ru/particle/8345> (дата обращения: 01.03.2019).
4. Белл Д. Грядущее постиндустриальное общество. *Опыт социального прогнозирования* / пер. с англ. Москва : Academia, 1999. 956 с.
5. Будыка М. Почему наномашин уже созданы, а нанокomпьютер ещё нет? «Троицкий вариант». № 22 (216). 01.11.2016. URL: https://elementy.ru/nauchno-populyarnaya_biblioteka/433348/Pochemu_nanomashiny_uzhe_sozdany_a_nanokompyuter_eshche_net (дата обращения: 20.10.2019).
6. Бутов О. Волоконно-оптические световоды и датчики предупредят технические катастрофы. *Информационные технологии завтра*. 10.01.2003. URL: http://www.cnews.ru/articles/volokonnoopticheskie_svetovody_i_datchiki (дата обращения: 10.10.2019).
7. В Києві відкрили другу інноваційну лабораторію Fablab Fabricator. *Хмарочос*. 13.10.2016. URL: <https://hmarochos.kiev.ua/2016/10/13/u-kiyevi-vidkrili-drugu-innovatsiyu-laboratoriyu-fablab-fabricator/> (дата звернення: 10.03.2019).
8. В США создали новый сверхлегкий материал, который прочнее стали в 10 раз. *Ren*. 08.01.2017. URL: <http://ren.tv/novosti/2017-01-08/v-ssha-sozdali-novyyu-sverhlegkiy-material-kotoryu-prochnee-stali-v-10-raz> (дата обращения: 15.03.2019).
9. Вайцзеккер Э., Ловинс Э., Ловинс Л. Фактор четыре. Затрат половина, отдача двойная. *Новый доклад Римского клуба* / пер. с англ. Москва : Academia, 2000. 400 с.
10. Вайцзеккер Э., Харгроуз К., Смит М. Фактор пять. Формула устойчивого роста. *Доклад Римского клуба* / пер. с англ. Москва : АСТ-ПРЕСС КНИГА, 2013. 368 с.
11. Глущенко 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: 20.09.2019).
12. 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: 20.10.2019).
13. 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: 20.12.2019).
14. 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: 20.10.2019).
15. 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: 10.03.2019).

Проривні технології в економіці і бізнесі

16. 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: 09.11.2019).

17. Громов П. Новое открытие приближает появление квантовых компьютеров. *Хайтек*. 19.10.2017. URL: <https://hightech.fm/2017/10/19/nanoelectronics-breakthrough> (дата обращения: 20.10.2019).

18. 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-uspeshno-peresadili-myshi-napechatannuyu-na-3d-bioprintere-shhitovidku.html> (дата обращения: 15.05.2019).

19. Доронин Ф. А. (а) Бумага для многоцветной печати. *Нанометр*. 09.12.2014. URL: http://www.nanometer.ru/2014/12/07/mnogokratnaa_pechat_445061.html (дата обращения: 15.05.2019).

20. Доронин Ф. А. (б) Самовосстанавливающийся пластик. *Нанометр*. 29.05.2014. URL: http://www.nanometer.ru/2014/05/19/polymer_414488.html (дата обращения: 09.11.2019).

21. 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: 15.05.2019).

22. Доронин Ф. А. (б) Разработаны чернила для 3D-биопринтера на основе целлюлозы. *Нанометр*. 05.07.2015. URL: http://www.nanometer.ru/2015/07/05/drevesnaa_celluloza_464765.html (дата обращения: 09.11.2019).

23. Загорская Д. (а) Осы вдохновили инженеров на 3D-печать домов из грязи и глины. *Вести.ru*. 24.09.2015. URL: <http://www.vesti.ru/doc.html?id=2667910> (дата обращения: 1.11.2019).

24. Загорская Д. (б) Цельный 3D-принтер обещает стоить не больше холодильника. *Вести.ru*. 07.04.2015. URL: <http://www.vesti.ru/doc.html?id=2485308> (дата обращения: 1.11.2019).

25. Загорский И. На смену трехмерной печати приходит четырехмерная. *Вести.ru*. 22.12.2014. URL: <http://www.vesti.ru/doc.html?id=2220106&tid=108002> (дата обращения: 01.12.2019).

26. Золотов А. Статистика : плотность роботов в разных странах и отраслях промышленности. *Robotforum*. 28.09.2016. URL: <http://robotforum.ru/novosti-technologij/statistika-plotnost-robotov-v-raznyix-stranax-i-otraslyax-promyishlennosti.html> (дата обращения: 01.03.2019)

27. Иртлич 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-menyayet-tsvet-esli-ee-soderzhimoe-nachalo-portitsya/> (дата обращения: 25.10.2019).

28. Иртлич К. (б) В Нидерландах открыли мост, напечатанный на 3D-принтере. *ITCua*. 19.10.2017. URL: <https://itc.ua/blogs/v-niderlandah-otkryili-most-napechatanniy-na-3d-printere/> (дата обращения: 20.12.2019).

29. Иртлич К. (в) Нидерландский банк прогнозирует, что к 2060 году половина продукции в мире будет печататься. *ITCua*. 10.10.2017. URL: <https://itc.ua/blogs/niderlandskiy-bank-ing-prognoziruet-cto-k-2060-godu-pоловина-produktsii-v-mire-budet-pechatatsya/> (дата обращения: 25.10.2017).

30. 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: 10.03.2019).

Розділ 4. Проривні технології у формуванні методів виробництва та нових матеріалів

31. Китайцы напечатали полноценный автомобиль всего за 1770 долларов. *3D Today*. 01.04.15. URL: <http://3dtoday.ru/blogs/news3dtoday/the-chinese-printed-full-car-for-only-1770/> (дата обращения: 1.11.2019).
32. Композиционные материалы. Свойства композиционных материалов. Применение композиционных материалов. *МТОМД.ИНФО*. URL: <http://www.mtomd.info/archives/1764> (дата обращения: 20.10.2019).
33. Краснянский М. Е. Третья промышленная революция. URL: <http://www.krasnyanskyu.com/home/tretya-promyshlennaya-revolyuetsiya.html> (дата обращения: 01.11.2019).
34. 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 : 10.03.2019).
35. Метаматериал. *Википедия*. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Метаматериал> (дата обращения: 10.03.2019).
36. Наноаккумуляторы – шаг в будущее. *TextSale.ru*. URL: <http://prodamtex.ru/114/11262/nano-akkumulyatory-shag-v-budushee.html> (дата обращения: 20.10.2019).
37. Нанотехнологии : Что это такое? Мечты и реальность. 2017. *Современные технологии*. URL: http://www.unicc.kiev.ua/articles/nanotehnologii_sfera_ih_primeneniya (дата обращения: 20.10.2019).
38. Нанотехнология. *Википедия*. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Нанотехнология> (дата обращения: 01.09.2019).
39. Нанотранзистор корейских учёных. Нанотехнологии и прогресс : нанотранзисторы – технология завтрашнего дня. *Современные технологии*. URL: http://www.unicc.kiev.ua/articles/nanotranzistor_koreiskih_uchenih/ (дата обращения: 25.10.2019).
40. 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: 25.10.2019).
41. 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: 25.10.2019).
42. 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: 25.10.2019).
43. 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 : 1.11.2019).
44. Оптическое волокно. *Википедия*. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Оптическое_волокно (дата обращения: 10.10.2019).
45. Паймакова М. Пластик научили восстанавливаться подобно тканям тела. *Вести.ru*. 12.05.2014. URL: <https://www.vesti.ru/doc.html?id=1573568> (дата обращения: 15.05.2019).
46. 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: 25.10.2019).
47. 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.
48. Попов Л. Роботы RepRap воспроизводят сами себя. *Membrana*. 04.06.2008. URL: <http://www.membrana.ru/particle/3275> (дата обращения: 01.03.2019).

Проривні технології в економіці і бізнесі

49. Представлен первый автомобиль, созданный с помощью 3D-принтера. *Cadpoint*. 4.03.2013. URL: <http://www.cadpoint.ru/news/1-latest-news/672-presented-the-first-car-designed-by-3d-printer.html> (дата обращения: 10.03.2019).
50. Ревадзе Д. Создана краска, охлаждающая здания в жару. *Хайтек*. 10.10.2017. URL: <https://hightech.fm/2017/10/10/paint-cool> (дата обращения: 20.10.2019).
51. Рифкин Дж. Третья промышленная революция : как горизонтальные взаимодействия меняют энергетику, экономику и мир в целом / пер. с англ. 3-е изд. Москва : Альпина нонфикшн, 2016. 410 с.
52. Самойлов А. Третья индустриальная революция. Выступление в Witbox Maker School. *Youtube*. 25.06.2014. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=vqluJ0NGZuU> (дата обращения: 01.11.2019).
53. Терещенко 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: 10.03.2019).
54. Толмачёв О. Что такое конвергенция? *Сети & Бизнес*. 2005. № 4 (сентябрь). 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: 20.10.2019).
55. Ученые изобрели самовосстанавливающийся пластик. *Top news*. 03.09.2015. URL: http://www.topnews.ru/news_id_81418.html (дата обращения: 15.05.2019).
56. Хижняк Н. Шесть сверхматериалов, которые смогут изменить этот мир. *Hi-News.ru*. 5.02.2015. URL: <https://hi-news.ru/technology/shest-sverxmaterialov-kotorye-smogut-izmenit-etot-mir.html> (дата обращения: 15.05.2019).
57. 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: 10.03.2019).
58. 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: 10.03.2019).
59. Шесть сверхматериалов, которые смогут изменить этот мир. *Colors: Life*. URL: <http://www.colors.life/post/661065/> (дата обращения: 20.10.2019).
60. 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: 01.03.2019).
61. Additive manufacturing – a definition : what is additive manufacturing? *SPI Lasers*. URL: <http://www.spilasers.com/application-additive-manufacturing/additive-manufacturing-a-definition/> (accessed on: 20.10.2019).
62. DARPA : на пути к революции в материаловедении. *Technowars*, 07.09.2015. URL: <http://technowars.ru/article/202/> (дата обращения: 10.03.2019).
63. Dubai Future Foundation. *Википедия*. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Dubai_Future_Foundation (дата обращения: 15.09.2019).
64. EU Project : Factory-in-a-day. *Factory-in-a-day*. URL: <http://www.factory-in-a-day.eu/> (accessed on: 10.03.2019).
65. European Technology Platforms (ETP). Innovation Union. *European Commission*. 2017. URL: http://ec.europa.eu/research/innovation-union/index_en.cfm?pg=etp (accessed on: 20.10.2019).
66. Fab Lab FAQ. *FabCentral*. URL: <http://fab.cba.mit.edu/about/faq/> (accessed on: 10.03.2019).

Розділ 4. Проривні технології у формуванні методів виробництва та нових матеріалів

67. Factory-in-a-day. *Ros-industrial*. 29.10.2013. URL: <http://rosindustrial.org/news/2013/10/17/factory-in-a-day> (accessed on: 10.03.2019).
68. 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: 10.11.2019).
69. 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/> (accessed on: 10.03.2019).
70. John von Neumann. *Wikipedia*. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/John_von_Neumann (accessed on: 10.03.2019).
71. 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: 10.03.2019).
72. Lotus effect. *Wikipedia*. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Lotus_effect (accessed on: 25.07.2019).
73. Murphy S. V., Atala A. 3D bioprinting of tissues and organs. *Nature Bio-technology*. 05.08.2014. № 32. P. 773–785. URL: <http://www.nature.com/nbt/journal/v32/n8/full/nbt.2958.html> (accessed on: 10.03.2019).
74. O'Neill R. 3D Self-Replicating Printer to be Released Under GNU License. *Slash-dot*. URL: <https://hardware.slashdot.org/story/08/04/07/210205/3d-self-replicating-printer-to-be-released-under-gnu-license> (accessed on: 01.10.2019).
75. What is Additive Manufacturing? Additive Manufacturing. *AM Basics*. URL: <http://additivemanufacturing.com/basics/> (accessed on: 01.12.2019).
76. 3D printing. *Wikipedia*. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/3D_printing (accessed on: 10.03.2019).
77. 3D-принтер. *Wikipedia*. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/3D-принтер> (дата обращения: 10.03.2019).
78. 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: 01.10.2019).

Питання до розділу 4

1. Поясніть зміст адитивної технології.
2. Яка роль адитивних технологій у вирішенні екологічних проблем?
3. Коротко розкажіть історію виникнення 3D-принтера.
4. Які переваги має адитивна технологія у поєднанні з 3D-принтером?
5. Які завдання допомагає вирішувати 3D-принтер?
6. Як ви бачите роль 3D-сканування?
7. Які функції можуть виконувати 3D-принтери?
8. У яких видах виробництва наразі застосовують 3D-принтери? Наведіть приклади.
9. Які, на вашу думку, сфери застосування мають біологічні 3D-принтери? У чому їх сутність?
10. Яке значення може мати істотне здешевлення 3D-принтерів?
11. Що таке самовідтворювальні виробничі системи?

Проривні технології в економіці і бізнесі

12. Яка роль самовідтворювальних виробничих систем у розвитку економіки?
13. Коротко розкажіть про історію створення першої самовідтворювальної системи та принципи, за якими вона була створена.
14. Розкрийте зміст «фаблів» («фаблабів»). Яке їх призначення?
15. Чи існує, на вашу думку, загроза від поширення самовідтворювальних роботів? Якщо так, поясніть, у чому вона може полягати?
16. Роль роботів у сучасному виробництві?
17. Які завдання стоять перед сучасним матеріалознавством?
18. Які види сучасних матеріалів ви можете назвати? Коротко охарактеризуйте їх властивості.
19. Що таке композитні матеріали? Які їх властивості використовуються у виробництві?
20. Що таке метаматеріали? Які їх властивості використовуються у виробництві?
21. Які властивості сучасних матеріалів і в яких сферах виробництва наразі вони застосовуються?
22. Що таке екологічно прийнятні матеріали? Їх значення у сучасному виробництві?
23. Зміст матеріалів, що самотрансформуються?
24. Що таке 4D-виробництво? Його значення в сучасному виробництві?
25. Що означає конвергенція у виробництві та споживанні?
26. Наведіть приклади конвергенції в сучасній економіці.
27. Як ви розумієте зміст «дематеріалізації» економіки?
28. Які напрями дематеріалізації економіки ви можете назвати? Наведіть приклади.
29. Роль інновацій у розвитку сучасної економіки?
30. Які істотні зміни відбулися в структурі створення та виготовлення сучасних виробів?

РОЗДІЛ 5

ФАЗОВИЙ ПЕРЕХІД ДО НОВОЇ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОЇ ФОРМАЦІЇ ЯК МАГІСТРАЛЬНИЙ ТРЕНД ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ¹

5.1 Фазові переходи як складова розвитку соціально-економічних систем

У більшості дослідників не викликає сумніву, що ті трансформації, які сьогодні переживає людська цивілізація, пов'язані з фазовим переходом (ФП).

Із фізики ми знаємо, що при фазовому переході 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. Цілком може бути застосовано поняття ФП і щодо соціально-економічних систем.

Фазою у фізиці називають однорідну (гомогенну) частину різномірної (гетерогенної) системи, відокремлену від інших частин поверхнею розділу. Отже, лід, що плаває у воді, представляє 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 їх 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 при первіснообщинному, феодальному й індустріальному устроях, тобто тих, які представляють різні фази соціально-економічного розвитку. Але ж сьогодні на Землі існують території, де люди в один і той самий час живуть за законами цих різних устроїв. Більше 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 їх властивості перебувають у постійному розвитку. Це означає, що вони постійно змінюються. Отже, у вищенаведеному визначенні фази терміна «частина системи» можна розглядати не лише в просторовому, а й у часовому аспектах. Іншими словами, частиною системи може бути не лише її фрагмент, тобто просторове утворення, а й

¹Розділ містить результати досліджень, проведених в рамках виконання держбюджетної науково-дослідної роботи № д/р 0118U003578 «Розроблення фундаментальних основ відтворювального механізму соціально-економічного розвитку в ході Третьої промислової революції»

Проривні технології в економіці і бізнесі

часовий відрізок історії її існування. Невипадково в ряді визначень 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 з 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» представляє одну з граней такої філософської категорії, як «перехід кількості в якість». При 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 фізичної точки зору 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 (одне або кілька з багатьох) при подібному її переході.

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, в якому функціонує система. Виникнення гомеостазу систем є геніальним винаходом природи. Справа в тому, що саме параметри гомеостазу забезпечують мінімум виробництва ентропії системою при існуючих умовах зовнішнього середовища. Інакше кажучи, за цих параметрів гомеостазу процеси функціонування системи в максимальному ступені відповідають характеристикам середовища. Водночас досягається максимальна ефективність функ-

ціонування системи. Це означає, що вона втрачає, марно розсіюючи, мінімум вільної енергії на одиницю виконаної роботи.

Після ФП свої нові параметри система набуває довільно, але суто в рамках існуючого фундаментального критерію. Останній може бути сформульований таким чином: 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 (в основному за рахунок дії механізмів негативного зворотного зв'язку). Вони працюють при збереженні основних контурів структури системи, а також її внутрішніх і зовнішніх зв'язків. Коли адаптаційні можливості системи в межах існуючого гомеостазу вичерпуються, система змушена стрибком переходити на його новий рівень. Він може бути як вищим, так і нижчим, такий, що існував раніше. Для цих цілей задіюють уже переважно механізми позитивного зворотного зв'язку.

5.2 Триалектична основа реалізації трансформацій соціально-економічних систем

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

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

Однак енерговитрати – не єдине, що потрібно для здійснення ФП. Це стає зрозумілим, якщо глибше зрозуміти 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, будучи певним інформаційним алгоритмом взаємної побудови частин системи в просторі, а також є програмою їх розвитку в часі. Третім природним началом є синергетичний феномен, що забезпечує реалізацію зв'язків взаємодії між собою окремих частин системи, а також зв'язків самої системи із зовнішнім середовищем.

У процесах функціонування системи у згаданих природних начал – різні функції. Матеріально-енергетичне начало виконує силову функцію,

Проривні технології в економіці і бізнесі

забезпечуючи реалізацію будь-яких видів руху (а отже, і змін) всередині системи і при її взаємодії із зовнішнім середовищем. Інформаційне начало направляє дію енергетичних імпульсів, а отже, забезпечує цілеспрямованість і ефективність здійснення процесів, що відбуваються. Синергетичне начало об'єднує дії окремих частин системи в єдине ціле, забезпечуючи взаємну узгодженість підсистемних дій і функцій. Воно також забезпечує вбудовування даної системи як підсистемної частини в зовнішнє середовище.

Таким чином, ФП системи на новий її рівень може відбутися лише в тому випадку, якщо будуть перебудовані всі три начала, що формують зміст системи. Наприклад, якщо виникає бажання збільшити потужність автомобіля, мало встановити в нього більш потужний двигун. Повинне бути 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 їх функціонування тією чи іншою мірою зумовлює зміну всіх сфер діяльності суспільства, пов'язаних із цим.

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

Як бачимо, ФП в даній транспортній сфері обумовив трансформацію всіх трьох природних начал у системах, які його забезпечували. Були змінені: *матеріально-енергетичні* фактори (створені нові технологічні засоби і енергоносії до них); *інформаційна* система, що забезпечує їх функціональний розвиток (налагоджені науково-дослідні і дослідно-конструкторські роботи, навчання спецперсоналу і водіїв та ін.); *синергетичні* фактори (створена обов'язкова для всіх система правил руху, комунікаційні артерії, засоби взаємного сповіщення тощо). Без усіх цих трансформацій людство не змогло б здійснити даний ФП і подолати відповідний фазовий бар'єр.

5.3 Фактор подолання фазового бар'єра як передумова соціально-економічного розвитку

Під **фазовим бар'єром** необхідно розуміти комплекс передумов (тобто стан трьох згаданих начал: матеріально-енергетичного, інформаційного та синергетичного), необхідних для реалізації системою ФП, відсутність яких є причиною його нездійснення.

Фазовий бар'єр є складним поєднанням взаємозв'язаних, взаємообумовлених і частково взаємоконвертувальних факторів, в яких наслідок постійно змінюється місцями з причиною. До того ж стан будь-якого з факторів може стати вирішальним у неподоланні системою фазового бар'єра. У соціальних системах, наприклад, таким фактором 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 знижується. 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 подібне, на думку ряду дослідників, відбулося на початку ХХ століття з Росією. Спроба перейти до розвиненого буржуазного суспільства з властивими йому демократичними інститутами не увінчалася успіхом. І без того складні умови фазового переходу в країні, де близько 80 % населення становили селяни, посилилися двома революціями, виснажливою світовою і руйнівною громадянською війнами. У результаті 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, в якій здебільшого запозичені на стороні індустріальні засоби виробництва експлуатувалися в умовах жахливої суміші первісно-общинних, рабовласницьких, феодалських і квазікапіталістичних суспільних відносин.

Основною особливістю сучасного фазового переходу є глобальний характер процесів, що відбуваються. Цьому сприяє ряд найважливіших чинників: міжнародний всепроникний характер мас-медіа (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

Проривні технології в економіці і бізнесі

ресурси (в основному викопними енергоносіями), за рахунок щедрого припливу фінансових коштів тимчасово можуть зберігати можливість відносної ізоляції від решти світу і консервації існуючих соціально-економічних основ. Однак стає все більш очевидним той факт, що реалізувати завоювання Третьої і Четвертої промислових революцій можна лише в зв'язці з відповідними соціально-економічними відносинами (насамперед, солідарною економікою і максимальним залученням широких мас до управління територіями).

5.4 Передумови сучасного фазового переходу до нової соціально-економічної формації

Говорячи про передумови до сучасного *фазового* переходу, необхідно виділити ряд ключових подій (рис. 5.1). У групі *матеріально-енергетичних* факторів вирішальну роль починають відігравати: по-перше, створення конкурентоспроможної альтернативної енергетики з масовим акумулюванням енергії; по-друге, формування принципово нової виробничої основи на базі адитивних технологій і 3D-принтерів.

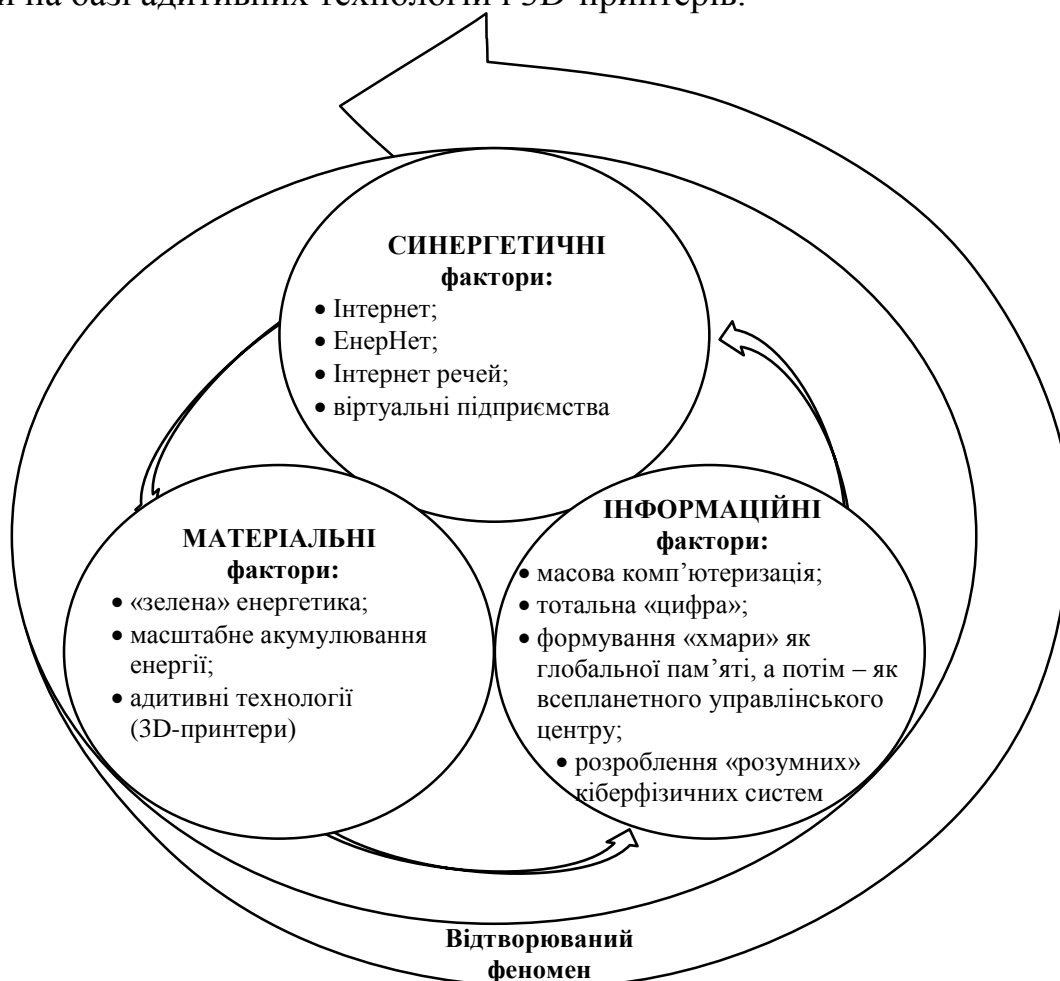


Рисунок 5.1 – Формування передумов і відповідних проривних технологій для реалізації сучасного фазового переходу (складено авторами)

Розділ 5. Фазовий перехід до нової соціально-економічної формації як магістральний тренд економічного розвитку

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

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

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

У 2016 році у світі частка енергії, виробленої з відновлюваних джерел, наблизилася до 25 % (Hill, 2016). А в ряді країн і окремих регіонів (Данія, Німеччина, Португалія, Шотландія, Чилі, Швеція) в різні періоди часу ця частка вже перевищувала 100 % (Турлікьян, 2016; Федосенко, 2016; Bolton, 2016; Coren, 2016; Denmark, 2015; Johnston, 2016; Scotland, 2016).

Згідно зі звітом Світового економічного форуму відновлювана енергія стала дешевшою ніж нафта і газ вже в 30 країнах (зокрема 11 країнах з ЄС), включаючи Австралію, Бразилію, Німеччину, Данію, Ізраїль, Нову Зеландію, Мексику, Туреччину, Чилі, Швецію, Японію та ін. країни. Найближчими кількома роками паритет вартості енергії буде досягнуто вже у 80 % усіх країн (Возобновляемая, 2019).

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

5.5 Особливості сучасного етапу розвитку соціально-економічних систем

Фазові переходи, підпорядковуючись загальним фундаментальним закономірностям, мають свої особливості в кожній сфері їх прояву (фізичної, біологічної, суспільної). Спробуємо розглянути це більш детально.

Проривні технології в економіці і бізнесі

Відповідно до наведеного на початку розділу визначення при 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 фактора, 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 факторів 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, має на увазі збільшення інформаційної ємності праці, підвищення її ефективності, посилення ступеня синергетизму.

Таким чином, 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. У результаті такої діяльності зазвичай зовнішнє середовище поступово змінюється в сприятливіший для підприємства бік. Збільшується попит на його продукцію, з'являються додаткові інвестиційні та кредитні можливості. У кінцевому підсумку згадані зміни у 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 (Гарин, 2017).

Цілком імовірні (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 стрибкоподібною зміні 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 щосекунди відбуваються, умовно кажучи, мініфазові переходи, в яких виробничі запаси набувають товарної форми готової продукції, а ті зі свого боку трансформуються в грошові потоки, що направля-

ються згодом на залучення необхідних ресурсів (сировини, матеріалів, основних фондів, інформації, трудових факторів). 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 фактор 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 випадку 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 із відповідними негативними наслідками (зниження добробуту, хвороби, депопуляція населення) (Мельник, 2006; Социально-экономические, 2010).

Таким чином, природне середовище є фактором, що стримує зростання населення і можливості суспільства розвиватися в межах існуючого гомеостазу економічних систем (продуктивних сил і суспільних відносин). Це змушує співтовариство переходити на більш високий рівень розвитку, начебто «виштовхуючи його вгору».

Так, неолітична революція, якщо людина зайнялася контрольованим виробництвом рослинних і тваринних продуктів, дозволила значною мірою вирішити проблему кризи продуцентів, які були винищені людиною в ході 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.

Проривні технології в економіці і бізнесі

Третя і Четверта промислові революції (їх, ймовірно, необхідно розглядати як дві фази єдиної інформаційно-мережевої революції), що в даний час переживає людство, покликані вирішити проблеми кризи відтворення асиміляційного потенціалу екосистем планети. Природні очисні реактори біосфери вже не справляються з функціями відновлення змінених (забруднених і порушених) людиною параметрів природного середовища. Одним із небезпечних наслідків подібного антропогенного впливу є надлишкове виробництво енергії і теплове забруднення. Вироблену людиною надлишкову енергію не встигає розсіювати енергосистема Землі, яка починає перегріватися і спричиняти зміну клімату планети (детально – в (Мельник, 2018; Реймерс, 1990)).

5.6 Роль проривних технологій у формуванні трендів соціально-економічного розвитку

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 ході процесів виробництва і споживання продукції. Так, гроші, як відомо, переходять у виробничі активи, а ті – в товарну продукцію в ході технологічних процесів. 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 5.1 показані основні віхи інноваційних фазових переходів в історії людства та базові проривні технології, на яких ґрунтувалися відповідні тренди соціально-економічного розвитку (докладніше дивись в таблиці додатку Б).

Як бачимо, навіть коротке і далеко не повне перелічення інноваційних віх в історії розвитку людства потребувало багатосторінкового опису. При бажанні за більшістю із зазначених інновацій (скажімо, до винаходу машини, освоєння автомобіля, становленню авіації, використанню електрики або розвитку 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 їх 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.

Розділ 5. Фазовий перехід до нової соціально-економічної формації як магістральний тренд економічного розвитку

Таблиця 5.1 – Базові інновації і їх 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 фактори. Знаряддя праці			
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
Перша система конвеєрного виробництва Форда (1913 р.)	Початок машинобудівного масового виробництва	Створення перших верстатів з 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
Виробництво і трансформація енергії			
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 діюча парова машина Уатта (1768 р.)	Початок промислового використання штучно одержуваної енергії
Відкриття електричного струму (1786 р.)	Якісний стрибок у концентрації енергії	Перша електро-батарея (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

Проривні технології в економіці і бізнесі

Продовження таблиці 5.1

1	2	1	2
Будівництво першої електростанції (1882 р.)	Початок масового використання електроенергії	Створення бензинового двигуна внутрішнього згорання (1883 р.)	Початок масового використання двигуна внутрішнього згорання 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
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 в наш час – одного з найбільш багатобіцільних 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.)	Переддень розвитку електроніки на основі транзисторів	Створення скловолокна (1935 р.)	Переддень використання перших композиційних матеріалів
Інформаційні фактори			
Виникнення мови (бл. 150 тис. р. до н. е.)	Вирішальний фактор 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
Друкарський верстат (1440 р.)	Поява засобу поширення знань	Перша лічильна машина (1645 р.)	Виникнення засобу, який механізує процес оброблення інформації

Розділ 5. Фазовий перехід до нової соціально-економічної формації як магістральний тренд економічного розвитку

Продовження таблиці 5.1

1	2	1	2
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
Синергетичні фактори (комунікаційні засоби)			
Виникнення мовлення і мови (більше ніж 150 тис. р. до н. е.)	Виникнення комунацій 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 комунацій	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) комунаційних можливостей людини	Створення першого телефону (1860 р.)	Поява можливості спілкування в живому часі на відстані

Проривні технології в економіці і бізнесі

Продовження таблиці 5.1

1	2	1	2
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
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; История, 2019 а; Мельник, 2018; Новый, 2000; Реймерс, 1990; Рыжов, 2004; Советский, 1989–1990; Физический, 1995; Экономическая, 1999); а також статей Вікіпедії за темами: (Акведук, 2019; Банк, 2019; Бронза, 2019; Ветряная, 2019; Деньги, 2019; Железо, 2019; Изобретение, 2019; Канал, 2019; Каучуки, 2019; Криптовалюта, 2019; Мочевина, 2019; Нанотехнология, 2019; Парус, 2019; Пластмассы, 2019; Рентгеновское, 2019; Речь, 2019; Селитра, 2019; Система, 2019; Сталь, 2019; Судостроение, 2019; Транзистор, 2019; Электрический, 2019)

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 матеріалів (в основному) до їх виробництва за допомогою прикладання своєї праці. Після фазового переходу часів Першої та Другої промислових революцій провідним природним фактором, до якого людина стала прикладати свою працю під час машинного виробництва необхідних йому засобів існування, почала енергія. За сучасного фазового переходу провідним фактором прикладання праці людини стає інформація. У таблиці 5.2 надано порівняльний аналіз базових чинників соціально-економічних формацій, що виникали в результаті згаданих фазових переходів (детально – в (Мельник, 2005б)).

Розділ 5. Фазовий перехід до нової соціально-економічної формації як магістральний тренд економічного розвитку

Таблиця 5.2 – Основні економічні, соціальні та екологічні характеристики трьох соціально-економічних формацій (Мельник, 2005б)

Параметр	Формація		
	постнеолітична	промислова	інформаційна
Базові природні субстанції	речовина	енергія	інформація
Домінантна система в тріаді людства	біо-	праце-	соціо-
Переважаючі функції природи стосовно до людини	фізіологічна	економічна	соціальна, екологічна
Переважаючий тип споживання	матеріальний	матеріально-енергетичний	інформаційний
Базові фактори виробничої системи	праця/природа	машина	інформація
Базові фактори структуризації суспільства	праця/земля (природа)	капітал	інформація
Координуючий клас (соціальна група) у суспільстві	рабовласники, феодала	буржуазія	інтелектуальна еліта
Базова форма виробничих відносин	силовий примус	економічні угоди	вільна праця
Домінантний тип відносин «людина – природа»	залежність людини від природи	спроби підкорення природи	гармонічні відносини
Основна причина екологічної кризи	виснаження продуцентного потенціалу природи	руйнування асиміляційного потенціалу, перевиробництво енергії	перевиробництво інформації, інформаційні деструкції

5.7 Економічний вимір трансформаційних процесів

Самі по собі наведені факти говорять про те, що людство сьогодні стоїть на порозі фазового переходу, рушійними силами якого є Третя, Четверта і 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 (таблиці 5.3, 5.4).

Дуже важливими складовими змін, що відбуваються, які без перебільшення можна назвати лавиноподібними процесами, є економічні чинники. Одна з найважливіших задач, яку покликана вирішити Третя промислова революція, зводиться до того, щоб зробити прогресивні завоювання науки і техніки (в тому числі, ті, які згадані на початку даного розділу) максимально дешевими. Це робить їх доступними широкому колу користувачів. Зокрема, ПК, мобільний телефон, Інтернет, Wi-Fi, GPS повинні були з'явитися у більшості населення. Тільки тоді міг статися якісний прорив на новий технологічний і соціальний рівень, що передує початку фазового переходу.

Проривні технології в економіці і бізнесі

Таблиця 5.3 – Зміни окремих показників світової економіки за період 2017-2019 років (складено авторами 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

Таблиця 5.4 – Динаміка «зеленої» економіки України за 2017-2019 рр. (складено авторами за даними джерел Інтернет-публікацій)

Показник	Збільшення показника в рази
Виробництво відновлюваної електроенергії за період	4
Зміна потужності приватних сонячних панелей (3 17 МВт у 2017 р. до 553 МВт у 2019 р.)	33
Зміна кількості електромобілів (3 3,7 тис. шт. у 2017 р. до 30 тис. шт. у 2019 р.)	8

Останнє надзвичайно важливе, 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, що характеризуються відповідними властивостями самих систем і ситуацією в суспільстві. Функціонування якихось кількох сотень та навіть тисяч дорогих пристроїв з автоматизації побуту (нехай навіть і за допомогою Інтернету), що можуть собі дозволити лише дуже заможні сім'ї, при всьому бажанні 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 (в усякому разі, відчувалися б такими для більшості виробників і споживачів). А для цього їх виробництво та використання повинні стати на порядок, а в ряді випадків – на порядки ефективнішими.

Подібні зміни відбуваються буквально на очах людей, які нині живуть. Щоб у цьому переконатися, достатньо поглянути на дані таблиці 5.5. У ній наведені деякі показники, що характеризують динаміку зниження вартості окремих технічних засобів або послуг (робіт), які забезпечують реалізацію найважливіших виробничих процесів.

Розділ 5. Фазовий перехід до нової соціально-економічної формації як магістральний тренд економічного розвитку

Таблиця 5.5 – Зниження вартості технічних засобів/здійснення одиниці роботи за останні 35 років (складена авторами 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 вражаючі цифри необхідно сприймати виключно умовно через те, що в якісному відношенні властивості сучасних технічних засобів та їх аналогів 35-річної давності просто непорівнянні за виконуваними функціями, ані з точки зору їх складності, ані з точки зору якості реалізованих дій.

Достатньо сказати, що мікропроцесор сучасного комп'ютера виконує кілька мільярдів операцій за 1 секунду, в той час як пристрій із подібними 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) припала 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 їх корисної ємності, значному скороченні часу їх заправки (що досягає вже в ряді випадків лише декількох 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, за останні роки 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, 3D-принтери під час виготовлення продукції,

Проривні технології в економіці і бізнесі

GPS та інші супутникові технології при контролі за просторовими процесами й про 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 Третньої промислової революції. Згадані інновації не виникають самі собою. Їх повинен генерувати сам бізнес, завдання якого істотно змінюються в процесі промислових революцій.

5.8 Еволюція сутності людини на різних етапах розвитку соціально-економічних систем

Можливо, найважливішим моментом є те, що під час кожного епохального фазового переходу докорінно змінювалася внутрішня сутність самої людини. Так, у результаті «когнітивної» революції, що сталася, на думку Ю. М. Харари (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) в поєднанні зі словом «революція» передбачає зміну функцій мозку, які забезпечують формування понять, оперування ними і визначає здатності людини здобувати нові знання (Джери, 2001; Философский, 1989). Основним результатом «когнітивної» революції, на переконання Ю. Н. Харари, 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 *sapiens*, – підсумовує Ю. Н. Харари, – 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 пір 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, представляти ці структури у вигляді символів і використовувати символи в іще складніших структурах ... У людини ця здатність розвинена настільки сильно, що можна говорити не про малюнки і форми, а про ідеї. Шляхом нескінченного рекурсивного процесу ми здатні створювати ще більш складні ідеї ... Тільки *Homo sapiens* володіє знаннями, 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 виникнення в ній принципово нової сутності, яка може бути названа особистісним началом. Це стало наслідком революції в організмі людини. У концентрованому вигляді вона може бути сформульована таким чином. Мозок людини з допоміжного органа, який обслуговує функції основних систем організму, тобто тих, які забезпечують енергомасообмінні процеси і рух (органи травлення, дихання, серцево-судинної системи, м'язи і нервова система), перетворився в 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 направляється 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 (комплекс 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 фактором, що впливав на формування особистості, стала необхідність узгоджувати свою поведінку з інтересами всієї спільноти. Людина – єдина з живих істот, яка змогла сформулювати своє особистісне начало як цілісну системну сутність, що має здатність до розвитку (детальніше – в (Мельник, 2005а)). Створюються передумови виникнення релігії. Людина тепер володіє інструментарієм – абстрактним мисленням – 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 сутнісну основу людини. У ній виникло і почало розвиватися в міру формування господарської діяльності новий 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. Заклада-

Проривні технології в економіці і бізнесі

ються матеріальні і духовні основи цивілізації. Після виникнення (до III тисячоліття до н. е.) писемності докорінно змінюються матеріальна, ху-дожня і релігійна сторони життя людей. При переході 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 організовувала 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 або 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 домінуючі 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 XX 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), все більш вагому роль почали відігравати інформаційні риси останньої, поки не зайняли наприкінці індустріальної епохи домінуючі 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 зайняти провідне місце в системі цілей і цінностей майбутнього суспільства. Водночас усі життєві потреби людини повинні будуть задовольнятися автоматизованими кіберфізичними системами (зокрема, через Інтернет речей). Людина, таким чином, може бути звільнена від участі в рутинних виробничих операціях в ім'я розвитку в ньому згаданого особистісного (соціального) начала і його творчих здібностей.

Зазначене, втім, характеризує лише одну з можливих еволюційних траєкторій людства. Для реалізації даного сценарію необхідно, щоб відбулася одна з найважливіших умов, а саме: повинен бути подоланий фазовий бар'єр. Основна частина його компонентів знаходиться 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 їх предків, щоб проробляти постійну роботу над собою для вдосконалення їх особистісного начала. В іншому випадку 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, включаючи третю з них – вплив через соціальні установки.

І те, що нарівні Третьої і Четвертої промислових революцій людство замислилося над П'ятою промисловою революцією, покликаною приділити основну увагу розвитку людини *особистісної*, вже залишає надію на позитивний вирок історії відносно самої людини.

Як би там не було, але перші результати стрімкого ходу 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 займе в прийдешньому світі гідне місце.

Однак, щоб вирішити найскладніші проблеми фазового переходу, у людини залишається надзвичайно мало часу. Адже сам фазовий перехід вже почався і вирішувати проблеми, що виникають, доведеться «на ходу».

Список літератури

1. Азимов А. Краткая история химии: развитие идей и представлений в химии / пер. с англ. Санкт-Петербург : Амфора, 2000. 369 с.
2. Акведук. *Википедия*. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Акведук> (дата обращения: 20.03.2019).
3. Банк. *Википедия*. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Банк> (дата обращения: 20.03.2019).
4. Большой экономический словарь / ред. А. Н. Азрилияна. Москва : Институт новой экономики, 2007. 1472 с.
5. Большой энциклопедический справочник. Москва : Русское энциклопедическое товарищество, 2003. 576 с.
6. Бронза. *Википедия*. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Бронза> (дата обращения: 20.03.2019).
7. Ветряная мельница. *Википедия*. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Ветряная_мельница (дата обращения: 20.03.2019).
8. Возобновляемая энергия стала дешевле нефти и газа уже в 30 странах. *DW*. URL: <http://www.dw.com/ru/возобновляемая-энергия-стала-дешевле-нефти-и-газа-уже-в-30-странах/a-36916469> (дата обращения: 25.10.2019).
9. Гарин И. Фазовые переходы в экономике. *Проза.ru*. 2017. URL: <https://www.proza.ru/2017/10/14/1107> (дата обращения: 20.03.2019).

Проривні технології в економіці і бізнесі

10. Глобалистика: энциклопедия / гл. ред. И. И. Мазур, А. Н. Чумаков. Москва : Центр научных и прикладных программ «Диалог», ОАО Издательство «Радуга», 2003. 1328 с.
11. Деньги. *Википедия*. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Деньги> (дата обращения: 20.03.2019).
12. Джери Де. Большой толковый социологический словарь (Collins). Том 1 (А–О) / пер. с англ. Москва : Вече, АСИ, 2001. 544 с.
13. Железо. *Википедия*. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Железо> (дата обращения: 20.03.2019).
14. Изобретение транзистора. *Википедия*. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Изобретение_транзистора (дата обращения: 20.03.2019).
15. История возникновения телефона и мобильной связи. URL: <http://kpk-user.ru/articles/1207-istorija-vozniknovenija-telefona-i-mobilnoj.html> (дата обращения: 11.05.2019).
16. История персональных компьютеров (а). *Wikizero*. URL: https://www.wikizero.com/ru/Персональные_компьютеры (дата обращения: 20.03.2019).
17. Канал. *Википедия*. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Канал> (дата обращения: 20.03.2019).
18. Каучуки. *Википедия*. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Каучуки> (дата обращения: 20.03.2019).
19. Криптовалюта. *Википедия*. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Криптовалюта> (дата обращения: 20.03.2019).
20. Курцвейл Р. Эволюция разума, или бесконечные возможности человеческого мозга, основанные на распознавании образов / пер. с англ. Москва : Эксмо, 2018. 352 с.
21. 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).
22. Мельник Л. Г. Екологічна економіка : підручник. Сумы : ВТД «Університетська книга», 2006. 367 с.
23. Мельник Л. Г. (а) Методология развития : монография. Сумы : Университетская книга, 2005. 602 с.
24. Мельник Л. Г. (б) Предпосылки формирования информационного общества. *Социально-экономические проблемы информационного общества* / ред. Л. Г. Мельника. Сумы : Университетская книга, 2005. С. 60–87.
25. Мельник Л. Г. Рождение сестейновой экономики: опыт ЕС и практика Украины в свете III и IV промышленных революций : монография. Сумы : Университетская книга, 2018. 432 с.
26. Мочевина. *Википедия*. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Мочевина> (дата обращения: 20.03.2019).
27. Нанотехнология. *Википедия*. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Нанотехнология> (дата обращения: 20.03.2019).
28. Новый политехнический словарь / под ред. А. Ю. Ишлинского. Москва : Большая российская энциклопедия, 2000. 672 с.
29. Парус. *Википедия*. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Парус> (дата обращения: 20.03.2019).
30. 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).
31. Пластмассы. *Википедия*. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Пластмассы> (дата обращения: 20.03.2019).

Розділ 5. Фазовий перехід до нової соціально-економічної формації як магістральний тренд економічного розвитку

32. Реймерс Н. Ф. Природопользование : словарь-справочник. Москва : Мысль, 1990. 637 с.
33. Реймерс Н. Ф. Экология (теория, законы, правила, принципы и гипотезы). Москва : Россия молодая, 1994. 367 с.
34. Рентгеновское излучение. *Википедия*. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Рентгеновское_излучение (дата обращения: 20.03.2019).
35. Речь. *Википедия*. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Речь>.
36. Рыжов К. В. Сто великих изобретений. Москва : Вече, 2004. 528 с.
37. Селитра. *Википедия*. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Селитра> (дата обращения: 20.03.2019).
38. Система автоматизированного проектирования. *Википедия*. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Система_автоматизированного_проектирования (дата обращения: 20.03.2019).
39. Советский энциклопедический словарь / гл. ред. А. М. Прохоров. 4-е изд. Москва : Сов. энциклопедия, 1989–1990. 1632 с.
40. Социально-экономические проблемы информационного общества : монография / под ред. Л. Г. Мельника, М. В. Брюханова. Вып. 2. Сумы : Университетская книга, 2010. 896 с. URL: <http://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/716>.
41. Сталь. *Википедия*. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Сталь> (дата обращения: 20.03.2019).
42. Судостроение в Древнем Египте. *Википедия*. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Судостроение_в_Древнем_Египте (дата обращения: 20.03.2019).
43. Транзистор. *Википедия*. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Транзистор> (дата обращения: 20.03.2019).
44. 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-enerhiyeyu-vitru/> (дата звернення: 15.05.2019).
45. Федосенко Н. В Чилі зафіксована рекордно низька ціна на сонячну енергію – вдвічі нижча за вугільну. *Ecotown*. 25.08.2016. URL: <http://ecotown.com.ua/news/V-SHyli-zafiksovana-rekordno-nyzka-tsina-na-sonyachnu-enerhiyu-vdvichi-nyzhcha-zavuhilnu/> (дата звернення: 01.10.2019).
46. Физический энциклопедический словарь / гл. ред. А. М. Прохоров. Москва : Большая российская энциклопедия, 1995. 928 с.
47. 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.
48. Харари Ю. Н. Sapiens. *Краткая история человечества*. Москва : Синдбад, 2017. 520 с.
49. Экономическая энциклопедия / гл. ред. Л. И. Абалкин. Москва : Экономика, 1999. 1055 с.
50. Электрический двигатель. *Википедия*. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Электрический_двигатель (дата обращения: 20.03.2019).
51. 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).
52. 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.

Проривні технології в економіці і бізнесі

53. 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).

54. 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).

55. Digital Revolution. *Wikipedia*. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Digital_Revolution (accessed on: 10.03.2019).

56. 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).

57. 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).

58. 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).

Питання до розділу 5

1. Поясніть роль фазового переходу в розвитку соціально-економічних систем.
2. Які особливості поведінки соціально-економічних систем у стані фазових переходів?
3. Які три начала беруть участь у формуванні соціально-економічних систем?
4. Яку роль у формуванні та розвитку систем відіграє матеріально-енергетичне начало?
5. Яку роль у формуванні та розвитку систем відіграє інформаційне начало?
6. Яку роль у формуванні та розвитку систем відіграє синергетичне начало?
7. Проілюструйте на прикладах взаємозв'язок трьох начал, що формують систему?
8. Що розуміють під фазовим бар'єром?
9. Поясніть на прикладах, які наслідки можуть виникнути в разі неподолання системою фазового бар'єра?
10. Які фактори відіграють ключову роль у подоланні фазового бар'єра сучасними економічними системами?
11. Які фактори і проривні технології (ПТ) відіграють ключову роль у трансформації матеріально-енергетичної основи сучасних соціально-економічних систем?

Розділ 5. Фазовий перехід до нової соціально-економічної формації як магістральний тренд економічного розвитку

12. Які фактори і ПТ відіграють ключову роль у трансформації інформаційної основи сучасних соціально-економічних систем?

13. Які фактори і ПТ відіграють ключову роль у трансформації синергетичної основи сучасних соціально-економічних систем?

14. Охарактеризуйте роль проривних технологій у різних соціально-економічних формаціях.

15. Яку роль відіграють трудові процеси в реалізації соціально-економічних революцій?

16. Який вплив на людину і соціальну систему мають ПТ? Наведіть приклади з історії.

17. Дайте приклади зміни соціально-економічних систем під впливом ПТ і відповідних інновацій.

18. Які зміни в сутнісній природі людини відбуваються під впливом соціально-економічних революцій?

ВИСНОВКИ

Наразі людство перебуває в процесі фазового переходу до нової соціально-економічної формації, головними особливостями якої обіцяють стати: радикальна екологізація процесів отримання енергії і переробки речовини; формування автономних від участі людини кіберфізичних виробничих систем; персоналізація соціального розвитку людини.

Рушійною силою трансформаційних процесів, що відбуваються, є проривні технології, тобто технологічні інновації, що відкривають новий технологічний цикл розвитку виробничих систем. Проривні технології лежать в основі нових методів виробництва і споживання продукції. На їх основі змінюються знаряддя праці, дизайн і технології виготовлення продукції, комунікації, знання і навички виробників і споживачів продукції.

У числі провідних проривних технологій сучасності слід назвати: Інтернет речей, штучний інтелект, способи отримання відновлюваної енергії, адитивні технології матеріального виробництва із використанням 3D-принтерів, «хмарні» технології, блокчейн, віртуальну і додаткову реальності.

Потужними стимулами упровадження проривних технологій є позитивні ефекти, які обіцяє їх реалізація. Однак не слід забувати, що на рівні з позитивними ефектами зазначені технології можуть нести досить відчутні негативні наслідки, зокрема, у формі інформаційної залежності людини, її творчої деградації і ін. Сказане переконує в необхідності проведення глибоких досліджень з прогнозування економічних і соціальних наслідків реалізації проривних технологій.

У будь-якому фазовому переході формується кластер віртуальних (тобто можливих) шляхів розвитку системи. Це, зокрема, означає, що всі наші судження та припущення відносно майбутнього «Інтернету речей» і пов'язаних з ним шляхів розвитку людства носять виключно ймовірний характер. Продовжуючи прогнозні оцінки, ми можемо припустити три ключові варіанти розвитку подій.

Перший. Формування «Інтернету речей» у поєднанні з сингулярним розвитком штучного інтелекту зробить існування людської цивілізації на планеті необов'язковим. Нові сутності біороботів (і інших пристроїв), які досягли фізичної і інтелектуальної могутності, будуть легко вирішувати проблему сестейного управління біосферою на планеті.

Другий. Звільнившись від необхідності рутинної участі у виробничих завданнях, людство отримає колосальні можливості свого особистісного (соціального, творчого) розвитку. При цьому фізичні можливості людини багаторазово зростуть на основі кібергізації його організму та тих фізіологічних і соціальних функцій, які він виконує.

Третій. Людство спільно (у синергетичній єдності) з кіберфізичними системами сформує єдину матеріально-інформаційну сутність (ноосферу),

здатну здійснювати істотний вплив на процеси еволюції космічного простору (перш за все, в межах Сонячної системи).

Вирішальне значення в тому, за яким варіантом відбуватиметься процес еволюції на планеті і як складеться доля людства, матиме те, чи здатна буде сама людина долати фазові бар'єри на складному і багатофакторному шляху еволюції Всесвіту в цьому його куточку, який називається планета Земля.

ДОДАТКИ

Додаток А

Таблиця А.1 – Етапи реалізації ключових проривних технологій для створення Інтернету речей (примітки до табл. 2.2)*

№ 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 зіграла поява у 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 (ДунаТАС) 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 включала широкий спектр функцій, серед яких були факс та електронна пошта. Цей апарат вагою майже 400 г вважається 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 убудованою фотокамерою. У 2010 р. представлено 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. В 1974 р. мережа одержала назву «Інтернет» від слів Internal Network (внутрішня мережа). Вона офіційно була закріплена в 1983 р. У наші дні 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. 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 в 2010 р. їх кількість наблизилася до 2 мільярдів (Інтернет-доступ, 2018; Охотник, 2015)
5	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 та початку 1980-х рр. бездротове передавання даних розвивалося на основі запропонованого так званого

1	2
	<p>Ефірнета (Ethernet). Для цього використовували дозволений діапазон радіочастот (ALONAnet, 2019). Значним поштовхом до розвитку Wi-Fi вважається прийняття 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 діючої системи. На той час 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 (включає Cisco, Intersil, Nokia Symbol Technologies). У 2009 році Інститут інженерів з електротехніки та електроніки (IEEE) офіційно прийняв та опублікував відповідні стандарти (The history, 2017)</p>
6	<p>Перший прорив у розвитку сонячної енергетики відбувся в 1955 р., коли компанія Bell Telephone представила сонячну батарею на основі кремнію з ККД 6 %. Під час нафтової кризи 1973–1974 рр. відбувся сплеск інтересу до сонячної енергетики. Лише в США та цей час було встановлено більше ніж 3 000 фотоелектричних систем. Розпочалося виробництво сонячних годинників і калькуляторів, будівництва будинків, що використовують виключно 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 з ККД 39 %. У 2000 р. сумарна потужність фотоелектричних установок у світі оцінювалася як 1 ГВт, а у 2010 вона вже наблизилася до 100 ГВт (История, 2014)</p>
7	<p>У 1981 р. Х. Кодама (Hideo Kodama) з Нагойського муніципального індустріального НДІ винайшов два методи виготовлення тривимірної моделі за модельним шаблоном. 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. У цьому ж році була надрукована перша працююча 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 в той самий час (1967–1969 рр.) в Японії представлено цифрові стереореєкордини для записування звуку (Технологии, 2017). У 1974 р. за допомогою ПЗС-матриці і телескопа одержано першу електронну астрономічну фотографію. У тому ж році розроблено техпроцес виробництва ПЗС-матриць на стандартному напівпровідниковому обладнанні. У 1980 р. Sony представила на ринку першу кольорову відеокамеру на основі використання матриць. У 1990 р. з'явилася повністю цифрова комерційна камера (Dycam Model 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, в якому співвідношенні потрібно змішувати смакові або ароматичні інгредієнти для</p>

Продовження таблиці А.1

1	2
	<p>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 представила 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. подібні 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, 2019)</p>
9	<p>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 працюючий програмно-керований комп'ютер. У 1943 р. У. МакКалок і У. Піттс у своїй праці заклали основи нейронних мереж та 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 (История, 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. У цей самий час 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») загального 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>коннектому</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 базується на використанні штучних нейросистем. З 2016 р. програма AlphaGO з рахунком 4:1 виграла у 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 вважається система розпізнання «свій-чужий», винайдена в США в 1937 р. (RFID, 2019 а). Їх</p>

1	2
	<p>й 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). 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, системи платежів, дистанційному керуванні, впізнанні тварин, сільському господарстві, людських імплантатах, системі керування багажем, системі локалізації об'єктів у реальному режимі часу (RFID, 2019 а)</p>
11	<p>У 1973 р. в США була почата системна програма супутникової навігації (DNSS), яка в тому ж році 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. Подібний 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 супутників. 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, 2019 в; GPS, 2018)</p>
12	<p>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. подібними 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). На цей час роботи широко використовуються в різних сферах діяльності: промисловості, транспорті, побуті, медицині, військовій справі</p>
13	<p>Безпілотні літальні апарати (БПЛА), або дрони (від англ. drone – трутень), значною мірою доповнюють ряд роботів, будучи фактично транспортними роботами. Їх застосування почалося в період Першої світової війни і впродовж усього ХХ ст. обмежувалося військовою сферою. Їх використовували в основному 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 ряді країн (насамперед США і СРСР) розпочинається відносно стабільне застосування безпілотників у військовій сфері. Для цього розпочато серійний випуск їх промислових зразків.</p>

Продовження таблиці А.1

1	2
	У 1990-ті рр. з розвитком систем зв'язку і навігації (зокрема, GPS) з'являється нове покоління БПЛА, і закладаються основи для їх 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
14	Автомобіль-безпілотник також є різновидом транспортного робота, 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 використовували (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
15	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 та зробило хмарні технології масовим продуктом (Семчишин, 2018). У 2011 р. національний інститут стандартів і технологій США сформував визначення, що систематизувало існуючі трактування та варіації щодо хмарних технологій в єдине поняття (Облачные, 2019)

*Літературні джерела – в розділі 2.

Додаток Б

Таблиця Б.1 – Базові інновації і їх 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 фактори. Знаряддя праці			
Перші ручні рубила (бл. 800 тис. р. до н. е.)	Перевага в конкуренції за виживання, початок трудових процесів	Перші складові знаряддя, винахід рукоятки (бл. 100 тис. р. до н. е.)	Ускладнення процесів праці
Початок мотижного землеробства (бл. 8 тис. р. до н. е.)	Початок неолітичної революції і переходу до осілого способу життя	Пиляння, свердління і шліфування каменю (бл. 6 тис. р. до н. е.)	Формування ремісничих операцій, поява ремісників
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	Ручна прядка, двоциліндровий поршневий насос (бл. 100 р. до н. е.)	Становлення промислового виробництва
Штампуння малюнків на тканинах (бл. 700 р. н. е.)	Формування передумов до масового виробництва	Перші кулачкові молоти з приводом від водяного колеса (1200 р.)	Початок механізації ремісничого виробництва
Перші доменні печі (бл. 1500 р.)	Формування виробничого матеріалознавства	Прядильна машина Аркрайта Бонапарта (1769 р.)	Формування ткацької промисловості
Прокатний стан для виготовлення дроту Бонапарта (1769 р.)	Формування масового виробництва	Початок фабричного виробництва парових машин Уатта (1776 р.)	Зародження машинобудівної промисловості
Перший токарно-гвинторізний верстат (1794 р.)	Формування верстатобудівної промисловості	Ротаційна машина Еппельгеса (1846 р.)	Становлення масового виробництва
Перший житловий будинок із залізобетону (1865 р.)	Зародження промислового будівництва	Прокатний стан для виготовлення безшовних труб (1885 р.)	Становлення масового виробництва

Продовження таблиці Б.1

1	2	1	2
Перша система конвеєрного виробництва Форда (1913 р.)	Початок машинобудівного масового виробництва	Створення першої автоматичної поточної лінії (1913 р.)	Початок автоматизованого виробництва
Сформульовано концепцію повної автоматизації виробництва (1936 р.)	Переддень упровадження автоматичних виробничих ліній	Створення перших верстатів з числовим програмним керуванням (1955 р.)	Початок упровадження повністю автоматизованих верстатів
Сформульовано концепцію нанотехнології (1959 р.)	Переддень нанотехнологічного виробництва	Створення першого промислового робота (1962 р.)	Початок використання виробничих засобів із гнучкою системою автоматичного ухвалення рішень
Початок досліджень у сфері виробництва (1974 р.)	Створення передумов нановиробництва	Винахід методу тривимірного друку (1981 р.)	Переддень створення 3D-принтера
Створення першого 3D-принтера (1988 р.)	Початок адитивного виробництва	Створення прототипу процесора для нановиробництва (2007 р.)	Початок промислового використання нанотехнологій
Виробництво і трансформація енергії			
Початок використання вогню (бл. 500 тис. р. до н. е.)	Посилення енергетичної могутності людини	Штучне добування вогню (бл. 40 тис. р. до н. е.)	Початок контрольованого використання природної енергії
Водяний млин (бл. 300 р. до н. е.)	Початок використання енергії води	Вітряк (бл. 1750 р. н. е.)	Початок використання енергії вітру
Паровий двигун (1690 р.)	Початок використання штучно одержуваної енергії	Перша діюча парова машина Уатта (1768 р.)	Початок промислового використання штучно одержуваної енергії
Відкриття коксу (1735 р.)	Початок концентрації енергії викопного палива	Відкриття електричного струму (1786 р.)	Якісний стрибок у концентрації енергії
Перша електробатарейка (1800 р.)	Початок ери мобільного використання енергії	Створення електромагніту (1825 р.)	Формування передумов для появи електродвигуна
Відкриття явища електромагнітної індукції Фарадеєм (1831 р.)	Переддень створення електродвигуна	Створення електродвигуна постійного струму (1834 р.)	Початок використання електроенергії на транспорті
Відкриття фотоелемента (1839 р.)	Формування передумов використання сонячної енергії	Створення електродвигуна змінного струму (1841 р.)	Формування передумов промислового використання електроенергії

Проривні технології в економіці і бізнесі

Продовження таблиці Б.1

1	2	1	2
Створення першого трансформатора (1852 р.)	Створення необхідного ланки передавання енергії на відстань	Одержання гасу з нафти (1857 р.)	Переддень використання нафтопродуктів як енергоносіїв
Буріння першої нафтової свердловини (1859 р.)	Початок промислового використання нафтопродуктів	Перший свинцевий акумулятор (1859 р.)	Початок ери заряджального зберігання електроенергії
Створення газового двигуна внутрішнього згорання (1860 р.)	Переддень виникнення автомобільного транспорту	Будівництво першої електростанції (1882 р.)	Початок масового використання електроенергії
Створення бензинового двигуна внутрішнього згорання (1883 р.)	Початок масового використання двигуна внутрішнього згорання в промисловості і на транспорті	Відкриття явища радіоактивності солей урану (1896 р.)	Відкриття нового джерела енергії
Перша керована ядерна реакція в першому ядерному реакторі (1942 р.)	Освоєння нового виду енергії	Запуск першої АЕС (1954 р.)	Початок мирного використання енергії атома
Перший квантовий генератор (лазер) (1954 р.)	Початок використання концентрованої квантової енергії речовини	Перша сонячна електробатарея (1955 р.)	Початок промислового використання сонячної енергії
Речовини і матеріали			
Металургія міді (бл. 4 тис. р. до н. е.)	Передумови матеріального виробництва	Металургія бронзи (бл. 2 тис. р. до н. е.)	Підвищення твердості і міцності матеріалу в поєднанні з його більшою легкоплавкістю
Металургія заліза (бл. 1800 р. до н. е.)	Одержання одного з кращих технологічних матеріалів, зокрема завдяки його високій міцності і ковкості	Відкриття пороху (бл. 650 р.)	Початок використання однієї з перших вибухових речовин
Одержання селітри (1659 р.)	Початок використання перших мінеральних азотних добрив і вибухової речовини	Відкриття водню (1766 р.)	Початок застосування одного з найбільш використовуваних промислових речовин, а в наш час – одного з найбільш багатобіцільних енергоносіїв на транспорті

Продовження таблиці Б.1

1	2	1	2
Відкриття алюмінію (1825 р.)	Переддень використання одного з найважливіших конструкційних матеріалів, зокрема для авіабудування	Синтез сечовини (1828 р.)	Переддень одержання синтетичних добрив, а також початок очищення димових газів
Одержання однієї з перших пластмас – камтулікона, попередника лінолеуму (1830 р.)	Переддень виробництва синтетичних матеріалів	Одержання нітрогліцерину (1847 р.)	Початок використання штучно виробленої речовини як лікарського препарату і вибухової речовини
Виробництво целюлоїдів (1870 р.)	Початок масового використання синтетичних матеріалів	Відкриття явища однобічної провідності (1874 р.)	Переддень створення напівпровідників
Виробництво целулоїдною плівки (1889 р.)	Початок масового використання штучних матеріалів (упаковка, основа кіноплівки тощо)	Відкриття поліетилену (1899 р.)	Переддень масового використання синтетичних пластмас
Синтез штучного каучуку (1901 р.)	Початок промислового використання штучних матеріалів, що є еластичними, водонепроникними та мають електроізоляційні властивості	Винахід першого напівпровідника (1906 р.)	Переддень розвитку електроніки на основі транзисторів
Створення першого транзистора (1925 р.)	Початок використання транзисторів в електроніці	Створення скловолна (1935 р.)	Переддень використання перших композиційних матеріалів
Інформаційні фактори			
Виникнення мови (бл. 150 тис. р. до н. е.)	Вирішальний фактор 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
Виникнення складового письма (бл. 2 тис. р. до н. е.)	Стандартизація системи письмової фіксації інформації	Перші прототипи грошей (бл. 2 тис. р. до н. е.)	Заміна матеріального натурального обміну інформаційним еквівалентним
Скляні лінзи (бл. 450 р. до н. е.)	Формування основи дослідження навколишнього світу	Прообраз першого компаса (бл. 300 р. до н. е.)	Винахід засобу для орієнтації в просторі

Проривні технології в економіці і бізнесі

Продовження таблиці Б.1

1	2	1	2
Початок щеплення від віспи в Китаї (бл. 100 р. до н. е.)	Початок використання методу вакцинацій	Створення паперу (бл. 105 р.)	Винахід одного з перших носіїв інформації
Перші баштові годинники (996 р.)	Винахід засобу для контролю за часом	Перші окуляри (1285 р.)	Винахід засобу коригування зору
Прототип банку сучасного типу (1397 р.)	Реалізація функції грошового обігу	Друкарський верстат (1440 р.)	Поява засобу поширення знань
Перший пружинний годинник (1450 р.)	Винахід індивідуального засобу для контролю за часом	Перший мікроскоп (1600 р.)	Формування інструментарію для дослідження будови речовини
Перший телескоп (1609 р.)	Винахід приладу для вивчення космічного простору	Перша лічильна машина (1645 р.)	Виникнення засобу, який механізує процес оброблення інформації
Перший арифмометр (1694 р.)	Початок механізації процесу оброблення інформації	Створення двійкової системи числення (1703 р.)	Найважливіша передумова для автоматизації процесу оброблення інформації
Створення швидкодрукувальної машини (1811 р.)	Посилення потенціалу для масового поширення інформації	Перший примітивний фотоапарат на основі камери-обскури (1816 р.)	Фіксація візуальної інформації
Створення першої електричної лампочки розжарювання (1820 р.)	Значне розширення видимої частини доби	Створення різницевої обчислювальної машини (1822 р.)	Посилення можливостей людини з оброблення інформації
Перші безготівкові банківські розрахунки (1824 р.)	Прискорення грошового обігу	Створення телеграфного апарата Морзе (1837 р.)	Посилення можливостей комунікації людини на відстані
Перші дослідження з передавання звукових сигналів за допомогою електричного струму (1837 р.)	Формування основи для фіксації і передавання звукової інформації	Створення друкарської машинки з важільним передаванням (1843 р.)	Формування основи механізації процесів фіксації інформації
Створення магнітоелектричного реле як основи автоматизації виробництва (1850 р.)	Переддень автоматизації виробництва	Відкриття способу фотографування і обробки фотоматеріалів, близького до того, що використовувався в ХХ ст. (1851 р.)	Переддень масового застосування фотографії
Винахід мікрофона (1877 р.)	Початок запису і передавання звукової інформації	Винахід целулоїдних фотопластин (1884 р.)	Початок масового застосування фотографії

Продовження таблиці Б.1

1	2	1	2
Винахід грамофона (1887 р.)	Створення передумови для відтворення звукової інформації	Винахід целулоїдної фотоплівки (1889 р.)	Передумова для масового поширення фотографії та кіно
Винахід хронофотографічного апарату і стрічкового проєктора з перфорованою целулоїдною плівкою (1889 р.)	Передумова для створення кіно	Винахід кінознімального апарату і кінопроєктора (1895 р.)	Початок використання кіно
Створення електронно-променевої трубки (1896 р.)	Створення передумови для розвитку телебачення	Створення грамофонної пластинки (1896 р.)	Початок запису і відтворення звукової інформації
Створення концепції телебачення (1907 р.)	Передумова розвитку телебачення	Розроблення системи електронного телебачення (1923 р.)	Початок масового використання телебачення
Відкриття пеніциліну (1928 р.)	Початок використання антимікробних властивостей антибіотиків	Запропоновано метод запису інформації на пластикову магнітну стрічку (1935 р.)	Початок масового запису і відтворення інформації
Початок телевізійного мовлення (1936 р.)	Початок масового використання телебачення	Створення першої релейної обчислювальної машини (1938 р.)	Початок використання автоматичного оброблення інформації
Створення першої ЕОМ на електронних лампах (1942 р.)	Передумова створення масового машинного оброблення інформації	Створення науки кібернетики (1948 р.)	Формування принципів збирання, зберігання, перетворення і використання інформації в машинах, живих організмах і їх об'єднань
Створення першої промислової ЕОМ (1952 р.)	Початок промислового машинного оброблення інформації	Створення перших транзисторів (1952 р.)	Передумова створення транзисторних комп'ютерів
Створення ЕОМ на транзисторах (1958 р.)	Початок виробництва і використання транзисторних ЕОМ	Перша інтегральна схема (1958 р.)	Передумова створення комп'ютерів на інтегральних схемах
Перший комп'ютер на інтегральних схемах (1964 р.)	Початок випуску комп'ютерів сучасного типу	Перші світлодіоди, придатні для передавання світлового сигналу на великі відстані (1970 р.)	Передумова для створення оптико-волоконної системи зв'язку

Проривні технології в економіці і бізнесі

Продовження таблиці Б.1

1	2	1	2
Створення комп'ютерної мови. Пролог, що дозволяє поєднувати використання логіки з наданням знання (1972 р.)	Передумова створення штучного інтелекту	Реалізація програми супутникової навігації (1974 р.)	Початок супутникової ідентифікації розміщення об'єктів в просторі
Випуск першого персонального комп'ютера (1976 р.)	Початок масового використання комп'ютерів	Перша система автоматичного проектування – САПР (1982 р.)	Початок автоматизації розумових робіт
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»
Самовідтворювальності робіт (2008 р.)	Початок формування самовідтворювальних виробничих систем	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
Синергетичні фактори (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 вози (бл. 4 тис. р. до н. е.)	Виникнення сухопутного транспорту
Перші вітрильні судна (бл. 3 тис. р. до н. е.)	Виникнення парусного флоту	Водний канал (бл. 3 тис. р. до н. е.)	Початок використання штучних водотоків для створення транспортних шляхів і перенаправлення потоку води
Акведук, водоводи (канал, труба) (700 р. до н. е.)	Початок використання водоводів для транспортування води до населених пунктів, зрошувальних і гідроенергетичних систем	Створення маяка (300 р. до н. е.)	Початок використання дистанційного оповіщення в навігації

Продовження таблиці Б.1

1	2	1	2
Міжконтинентальна експедиція Колумба (1492 р.)	Початок міжконтинентальних транспортних комунікацій	Перший аеростат (1783 р.)	Зародження повітряного транспорту
Перший пароплав (1787 р.)	Початок машинної ери на транспорті	Перша рейкова дорога з кінською тягою (1801 р.)	Переддень створення залізничного транспорту
Перший паровий автомобіль (1803 р.)	Зародження автотранспорту	Перший паровоз (1804 р.)	Зародження залізничного транспорту
Перший телеграфний апарат (1809 р.)	Значне посилення (прискорення) комунікаційних можливостей людини	Перший паровий омнібус (1824 р.)	Зародження першого пасажирського транспорту, що приводиться в рух машиною
Залізниця з Дарлінгтона до Стоктону (1825 р.)	Перша міжміська залізнична комунікація	Введення сигнальних семафорів на залізниці (1835 р.)	Початок використання дистанційних комунікаційних сигналів на транспорті
Будівництво телеграфної лінії між Вашингтоном і Балтімором (1844 р.)	Можливість миттєвого передавання інформації між містами	Перший велосипед із педалями (1845 р.)	Створення індивідуального транспортного засобу
Створення першого телефону (1860 р.)	Поява можливості спілкування в живому часі на відстані	Перший нафтопровід в Огайо, США (1864 р.)	Початок промислового використання трубопровідного транспорту
Введення семафорної азбуки на флоті (1869 р.)	Створення візуальної системи дистанційного інформаційного спілкування	Перший планер (1871 р.)	Створення літального апарату, важчого за повітря
Перша електропередача між Місбахом і Мюнхеном в Німеччині (1882 р.)	Початок експлуатації ліній електропередач	Будівництво першої лінії електропередачі на значну відстань (1882 р.)	Забезпечення масового використання електроенергії
Відкриття електромагнітних хвиль і зовнішнього фотоефекту (1886 р.)	Створення передумови для бездротового використання інформації	Перший автомобіль (1891 р.)	Початок масового використання автотранспорту
Винахід першого радіоприймача (1895 р.)	Початок бездротового передавання звукової інформації	Відкриття рентгєнських променів (1895 р.)	Передумова для використання фотохімічного методу аналізу внутрішньої структури речовини в охороні здоров'я і промисловості

Проривні технології в економіці і бізнесі

Продовження таблиці Б.1

1	2	1	2
Перша радіопередача через Атлантичний океан (1901 р.)	Реалізація міжконтинентальної бездротової комунікації	Перший аероплан (1903 р.)	Початок керованих польотів апаратів важчих за повітря
Перший дизель-електрохід (1903 р.)	Посилення потужності і підвищення ефективності морського транспорту	Випробування першого радара (1905 р.)	Переддень дистанційної координації транспорту в просторі
Установлено регулярний радіозв'язок між Європою і Америкою (1907 р.)	Формування стійкої радіокомунікації між континентами	Перший вертоліт (1924 р.)	Новий вид повітряного транспорту
Перша телевізійна передача рухомого зображення (1925 р.)	Реалізація візуальної комунікації на відстані	Перша ракета з рідинним реактивним двигуном (1926 р.)	Освоєння нового виду комунікацій
Наукове обґрунтування ідеї радара (1933 р.)	Передумова до контролю за перебуванням об'єктів у просторі	Створення першої радіолокаційної станції (1935 р.)	Початок контролю за перебуванням об'єктів у просторі
Початок регулярного телевізійного мовлення (1938 р.)	Стійка візуально-звукова комунікація	Перший турбореактивний літак (1939 р.)	Зростання швидкості і дальності авіації
Перший штучний супутник Землі (1957 р.)	Початок ери космічних комунікацій	Перший пілотований космічний політ (1961 р.)	Початок пілотованих космічних польотів
Випуск першого промислового прототипу дрона (1969 р.)	Початок безпілотних авіакомунікацій	Перша орбітальна космічна станція (1971 р.)	Початок пілотованих орбітальних комунікацій
Перше бездротове передавання пакета даних між комп'ютерами (1971 р.)	Початок бездротового передавання інформації між комп'ютерами	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 мережових комп'ютерних комунікацій
Випробуваний перший безпілотний автомобіль (1984 р.)	Початок безпілотних автомобільних комунікацій	Початок дії планетної системи «Біткоіни» (2009 р.)	Початок дії децентралізованої системи «криптовалюта» для прямих міжсуб'єктних фінансових комунікацій

Продовження таблиці Б.1

1	2	1	2
Експлуатація Інтернету речей (2012 р.)	Початок експлуатації кіберфізичних систем без участі людини	Запуск різних систем Інтернету речей (2012 р.)	Початок масового використання виробничих систем, що само-організуються

Таблиця складена за матеріалами: Азимов, 2000; Большой, 2007; Большой, 2003; История, 2019; История, 2019 (а); Мельник, 2018; Новый, 2000; Реймерс, 1990; Рыжов, 2004; Советский, 1989–1990; Физический, 1995; Экономическая, 1999); а також статей Вікіпедії за темами: (Акведук, 2019; Банк, 2019; Бронза, 2019; Ветряная, 2019; Деньги, 2019; Железо, 2019; Изобретение, 2019; Канал, 2019; Каучуки, 2019; Криптовалюта, 2019; Мочевина, 2019; Нанотехнология, 2019; Парус, 2019; Пластмассы, 2019; Рентгеновское, 2019; Речь, 2019; Селитра, 2019; Система, 2019; Сталь, 2019; Судостроение, 2019; Транзистор, 2019; Электрический, 2019 (літературні джерела – в розділі 5).

Навчальне видання

Проривні технології в економіці і бізнесі

**(досвід ЄС та практика України
у світлі III, IV і V промислових революцій)**

Навчальний посібник

За редакцією Л. Г. Мельника та Б. Л. Ковальова

Художнє оформлення обкладинки Є. В. Нікітюка
Редактори: Н. З. Клочко, С. М. Симоненко
Комп'ютерний набір Т. В. Горобченко та Ю. М. Завдов'євої
Комп'ютерне верстання та технічне редагування Ю. М. Завдов'євої

Формат 60×84/16. Ум. друк. арк. 10,46. Обл.-вид. арк. 14,29. 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.