

УДК: 330.341.1

JEL Classification: R 58; O12

doi: 10.31767/nasoa.1-2.2019.08

О. Л. ЄРШОВА,

кандидат економічних наук, доцент, завідувач кафедри економіко-математичних дисциплін та інформаційних технологій;
ORCID: 0000-0002-3801-9730;

В. І. ОДНОВОЛИК,

кандидат хімічних наук, доцент кафедри економіко-математичних дисциплін та інформаційних технологій,
Національна академія статистики, обліку та аудиту;
ORCID: 0000-0003-1241-561X;

Л. І. БАЖАН,

кандидат економічних наук старший науковий співробітник,
завідувач відділу економіко-соціальних систем,
Міжнародний науково-навчальний центр
інформаційних технологій і систем НАНУ та МОНУ

Кіберфізичні системи як основа смарт-економіки

У статті розглядаються ключові технологічні тенденції, які лежать в основі кіберфізичних систем, в їх контексті поставлено питання побудови смарт-промисловості як кіберфізичної системи, описано бар'єри та ризики при переході до смарт-технологій в економіці та шляхи їх подолання. Розкрито можливості застосування кіберфізичних систем у різних галузях економіки та соціально важливих системах. Наведено приклади смарт-виробництва у сучасних умовах в Україні.

Ключові слова: кіберфізичні системи, смарт-технології, смарт-економіка, цифрова економіка, цифрові технології, Інтернет речей.

О. Л. ЕРШОВА,

кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой
экономико-математических дисциплин и информационных технологий;
кандидат химических наук, доцент кафедры
экономико-математических дисциплин и информационных технологий,
Национальная академия статистики, учета и аудита;

Л. И. БАЖАН,

кандидат экономических наук, старший научный сотрудник,
заведующий отделом экономико-социальных систем,
Международный научно-учебный центр
информационных технологий и систем НАНУ и МОНУ

Киберфизические системы как основа смарт-экономики

В статье рассматриваются ключевые технологические тенденции, лежащие в основе киберфизических систем, в их контексте поставлены вопросы построения смарт-индустрии как киберфизической системы, описаны барьеры и риски при переходе к смарт-технологиям в экономике и пути их преодоления. Раскрыты возможности применения киберфизических систем в различных отраслях экономики и социально важных системах. Приведены примеры смарт-производства в современных условиях в Украине.

Ключевые слова: киберфизические системы, смарт-технологии, смарт-экономика, цифровая экономика, цифровые технологи, Интернет вещей.

O. L. YERSHOVA,

PhD (Economics), Associate Professor, Head of Department for Econometric Disciplines and Information Technologies;

V. I. ODNOVOLYK,

*PhD (Chemistry), Associate Professor of Department for Econometric Disciplines and Information Technologies,
National Academy of Statistics, Accounting and Audit;*

L. I. BAZHAN,

*PhD (Economics), Senior Researcher, Head of Department for Economic and Social Systems, International Scientific and Education Center of Information Technologies,
National Academy of Sciences of Ukraine
and Ministry of Education and Sciences of Ukraine*

Cyberphysical Systems: The Fundament of Smart Economy

The article deals with the key technological trends underlying cyberphysical systems. The questions of constructing the smart industry as a cyber-physics system are described in their context the, barriers and risks are described in the transition to smart technologies in the economy and ways of overcoming them.

The combination of the Internet and material things forms new opportunities for managing the physical world, including devices, factories and infrastructure that determine the modern economic landscape. The next 10 years of Internet of Things can radically change the manufacturing industry, energy, agriculture, transport and other sectors of the real economy, accounting for almost two thirds of world GDP. Due to the processes of digitization, such transformations will have far-reaching consequences in terms of redistribution of resources and markets of the present world.

Technically, the smart industry integrates advances in the field of physical devices with advances in the field of information and communication technologies, which results in the formation of cyber-physics systems. For Ukraine, the special significance of smart industry is also determined by the fact that its traditional industry is currently in crisis, and the new “smart” industry has not received enough attention from the state. In the developed plan, the government’s priority actions in the Ukrainian economy for the period up to 2020 are smart industry (Industry 4.0, Internet industry, advanced digital production, etc.), unlike US, China, EU countries and other industrial leaders in general not considered, especially as a national strategic investment.

The possibilities of using cyber-physics systems in various branches of economy and socially important systems are described. Examples of smart manufacturing are presented in modern conditions of Ukraine.

Key words: *cyberphysical systems, smart technologies, smart economy, digital economy, digital technologies, Internet of Things.*

Постановка проблеми. Технологічні зміни початку ХХІ століття в частині зрощування телекомунікаційних, інформаційно-комунікаційних технологій та інновацій спричинили введення в повсякденний обіг понять “цифрові технології”, “цифрова адженда” та “цифрова економіка”. Цифрова економіка – це, з одного боку, економічна діяльність, основана на застосуванні цифрових технологій, з іншого – економіка, основана на нових методах генерування, оброблення, зберігання, передачі даних, а також на цифрових комп’ютерних технологіях. Вона також включає електронні (або “цифрові”) товари та послуги, які надаються з використанням цифрових технологій. Стрижневими технологіями цифрової економіки є великі дані (самі дані та методи роботи з ними), штучний інтелект, технологія блокчейн, хмарні обчислення, квантові технології, робототехніка, віртуальна реальність та інші. Важливим наслідком розвитку цифрової економіки є трансформація існуючих бізнес-моделей і скорочення ролі посередників при продажу товарів і наданні послуг. Цифрові технології допомагають забезпечити безпосередній зв’язок між постачальниками і клієнтами, що допомагає розвивати індивідуальний підхід до формування продуктів і послуг. Це прибирає не-

потрібну роботу, скорочує час і збільшує продуктивність. Перший досвід побудови системи цифрової економіки, пов'язаної з технологіями інформаційного моделювання знань (Building Information Modelling, BIM) виявився вкрай позитивним [1], одним з результатів стала консолідація досліджень навколо теми кіберфізичних систем (КФС). Сутність КФС полягає в тому, що вони з'єднують фізичні процеси виробництва та інші процеси, які вимагають практичної реалізації безперервного управління в режимі реального часу з програмно-електронними системами [2]. У КФС ключовими стають проблеми часової синхронізації величезної кількості різноманітних електронних пристроїв з метою досягнення економічно оптимальних результатів функціонування. Ця проблема є актуальною не тільки для промисловості, а й для інших систем, зокрема для підсистеми енерго- і водопостачання в системах Smart City, управління транспортом.

Повідомлення від величезної кількості вузлів у КФС повинні бути акумульовані у центрах оброблення, відсортовані за різними показниками. Дуже часто потрібні більш широкі знання для оптимізації економіко-технічних показників системи. Через значні обсяги оброблюваних у цих завданнях даних з'являються технічні рішення і стандарти щодо великих даних [3]. Саме КФС стали причиною інтересу і бурхливого розвитку великих даних.

У статті розглядаються ключові технологічні тенденції, які лежать у основі КФС, в їх контексті поставлено питання побудови смарт-промисловості як КФС, описано бар'єри та ризики при переході до смарт-технологій у економіці та шляхи їх подолання.

Актуальність дослідження. Поєднання Інтернету з матеріальними речами формує нові можливості управління фізичним світом, включаючи пристрої, фабрики та інфраструктуру, які визначають сучасний економічний ландшафт. Найближчі 10 років Інтернет речей може радикально змінити обробну промисловість, енергетику, сільське господарство, транспорт та інші галузі реального сектору економіки, на які припадає майже дві третини світового ВВП. У зв'язку з процесами дигіталізації такі трансформації матимуть далекосяжні наслідки в частині перерозподілу ресурсів і ринків нинішнього світу. За оцінками фахівців McKinsey & Company, до 2025 р. від 80 до 100% світової обробної промисловості вже буде охоплено технологіями промислового Інтернету речей. Такі радикальні зміни – це дуже непрості, суперечливі та ризиковані процеси. Найгостріші проблеми очікуються у сферах зайнятості та розподілу доходів.

З техніко-технологічного погляду смарт-промисловість інтегрує досягнення у сферах фізичних пристроїв і інформаційно-комунікаційних технологій, результатом чого є формування КФС. Для України особливе значення смарт-промисловості визначається і тією обставиною, що її традиційна індустрія наразі перебуває у кризовому стані, а нова “розумна” промисловість не отримала належної уваги з боку держави. У плані пріоритетних дій уряду в економіці України на період до 2020 р. смарт-промисловість (Індустрія 4.0, промисловий Інтернет речей, дигіталізоване виробництво тощо), на відміну від планів дій уряду США, Китаю, країн ядра ЄС та інших індустріальних лідерів, не розглядається не тільки як національна стратегічна інвестиція, а не згадується взагалі.

Все вищеведене актуалізує завдання наукового обґрунтування передумов побудови КФС для розвитку смарт-економіки в Україні.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Цінним внеском у проблематику становлення цифрової економіки є наукові праці та практичні дослідження і розробки таких відомих учених й винахідників як В. Айзексон, С. Бранд, Дж. Вейлз, Е. Вільямс, Б. Гейтс, Б. Елбрехт, Д. Енгельбарт, Дж. Ліклайдер, Дж. Фон Нейман, Е. Петерс, С. Хантінгтон.

Багато наукових праць вітчизняних дослідників присвячено опрацюванню різних аспектів розвитку цифрової економіки [4–9]. Зокрема, С. В. Іванов та О. С. Вишневецький вивчають питання модернізації економіки України шляхом розвитку її цифрової складової, досліджують тенденції розвитку цифрових платформ як частини цифрової економіки [4]. С. В. Коляденко досліджує основні етапи становлення цифрової економіки [5]. Колектив авторів на чолі з Н. П. Мешко пропонує концепцію міжнародної технологічної інтеграції України та напрямів її високотехнологічної спеціалізації у нових умовах [6]. Н. Ю. Коровайченко приділяє увагу вивченню передумов інтеграції України до Єдиного цифрового ринку ЄС з точки зору

відповідності реалій вітчизняного ринку цифрових технологій інтеграційним пріоритетам [7]. Питанням становлення цифрової економіки в Україні та світі, її складовим присвячена стаття Л. З. Кіт [8]. Проблеми складного переходу суспільства від індустріального до інформаційного типу, тенденції та стратегічні орієнтири подальшого розвитку інформаційної економіки в Україні відображено у роботі І. П. Малик [9]. Зарубіжні науковці Р. Інклар, М. Тіммер, Б. Ван Арк [10] визначили вплив інформаційних і комунікаційних технологій на інвестиції та продуктивність і обґрунтували їх роль як основних двигунів економічного зростання в останнє десятиріччя.

Але незважаючи на інтерес науковців до проблематики КФС і цифровізації економіки України та значний науковий доробок у цих напрямках, невирішеними залишаються питання, пов'язані з побудовою смарт-економіки як КФС з урахуванням сучасних реалій національної економіки України. Побудову смарт-економіки слід розпочинати з активного впровадження та широкого застосування нових технологій, зокрема роботи з даними та подолання перешкод, пов'язаних з людським фактором.

Метою статті є визначення та опис бар'єрів та ризиків при переході до смарт-технологій в економіці та шляхи їх подолання.

Виклад основного матеріалу. В. П. Вишневський та С. І. Князев узагальнили публікації щодо смарт-промисловості та визначили її таким чином: "Комплекс смарт-заводів, поєднаних за допомогою глобальних комп'ютерних мереж з дослідниками та розробниками, постачальниками, дистриб'ютерами, кінчними споживачами тощо". У свою чергу, смарт-завод являє собою "гнучкий кіберфізичний простір, який забезпечує гнучке налаштування на споживача та ґрунтується на застосуванні Великих Даних" [11]. Ключовим у цій конструкції є "завод" (у політекономії тотожний з "фабрикою") – промислове підприємство з механізованими процесами виробництва; комплекс складських та транспортних будівель і споруд, об'єднаних єдиною технологією у виробничий комплекс.

Кіберфізична система (КФС) – інформаційно-технологічна концепція, що передбачає інтеграцію обчислювальних ресурсів у фізичні процеси. У такій системі датчики, обладнання та інформаційні системи з'єднані упродовж усього ланцюга створення вартості, який виходить за межі одного підприємства або бізнесу. Ці системи взаємодіють за допомогою стандартних Інтернет-протоколів для прогнозування, самонастроювання і адаптації до змін. Смарт-промисловість є КФС, точніше – одним із прикладних аспектів застосування КФС.

Первинна ланка смарт-промисловості – смарт-підприємство – характеризується можливістю за допомогою промислового Інтернету речей відстежувати і контролювати функціонування знарядь виробництва і виробничий персонал, а також використовувати дані, що збираються, для підвищення продуктивності праці, удосконалення технологічних процесів і якості продукції.

Інтернет речей – це динамічне розподілене середовище, яке пов'язує безліч інтелектуальних пристроїв, здатних сприймати навколишнє середовище і виконувати відповідні дії. Такі пристрої дозволяють відстежувати стан зовнішнього середовища, збирати інформацію про реальний світ і створювати системи повсюдних обчислень, у яких кожен пристрій може взаємодіяти з будь-яким іншим пристроєм у світі, хоч би де він знаходиться. Технології Інтернету речей підвищують ступінь проникнення Інтернету, забезпечуючи спільну роботу пристроїв – як окремих датчиків або як сукупності різних датчиків, що утворюють кінцеву макросистему і діють як єдине ціле. Синергія обчислювальних і фізичних компонентів взагалі і створення КФС зокрема підтримують розвиток Інтернету речей.

КФС забезпечують спільну роботу елементів кібернетичного і фізичного просторів, інтегруючи обчислювальні ресурси. Найчастіше КФС підтримують реальні процеси і забезпечують операційний контроль об'єктів у Інтернеті речей, дозволяючи фізичним пристроям сприймати навколишнє середовище і змінювати його. Інтернет речей – це революційна технологія, що відкриває можливості для інновацій та значних удосконалень у соціальних середовищах і бізнес-процесах. Використовуючи технології Інтернету речей, можна створювати адаптивні інтелектуальні додатки, які допомагають краще управляти ресурсами і підвищувати ефективність систем. Інтернет речей

і КФС підтримують додатки, здатні обробляти величезні обсяги різнорідних даних, отримуваних із навколишнього середовища.

Перелічимо ключові технологічні тенденції, що лежать в основі КФС. Ізольовано вони вже використовуються в різних сферах, але, будучи інтегрованими в єдине ціле, вони змінюють давні відносини між виробниками, постачальниками і покупцями, а також між людиною і машиною:

- Великі дані і аналітика – збирання і всебічне оцінювання даних із різних джерел, стане стандартом для прийняття рішень у режимі реального часу.
- Автономні роботи – промислові роботи вже можуть виконувати досить складні операції, але системи комп'ютерного зору дозволяють роботам взаємодіяти і автоматично коригувати свої дії, причому люди зможуть перебувати поруч із ними, впливати на них, і це буде безпечно.
- Моделювання та симулятори – інженери вже використовують 3D-моделювання на стадії проектування продуктів або процесів. В майбутньому технології великих даних дозволять використовувати різні симулятори в режимі реального часу. Наприклад, на стадії виробництва оператор зможе віртуально змоделювати фізичний процес з урахуванням наявної сировини і людей, відтак знижуючи час налаштування обладнання та підвищити якість.
- Хмарні обчислення – буде потрібна більш глибока системна інтеграція, як горизонтальна між постачальниками і клієнтами, так і вертикальна між різними функціями та операціями. Створити платформи для спільної роботи і обміну даними між територіально розподіленими партнерами дозволяють хмарні технології.
- Інтернет речей – показники датчиків і сенсорів зазвичай потрапляють до централізованої системи управління виробничим процесом, і вже на цьому рівні приймаються рішення. Надалі можливості, які надають вбудовані системи, дозволять пристроям спілкуватися один з одним і децентралізувати прийняття рішень. Наприклад, можна використовувати радіочастотні мітки для напівфабрикатів; автоматизована виробнича лінія, прочитавши мітку, сама прийме рішення (в реальному часі), яку операцію застосувати до того чи іншого напівфабрикату.
- Інформаційна безпека – багато компаній застосовують системи управління і виробництва, які основані на пропрієтарних технологіях або не мають виходу в Інтернет, але в міру розширення зв'язків із партнерами, використання відкритих стандартів і протоколів різко зростають ризики інформаційної безпеки. Для захисту промислових систем знадобиться не тільки якісний та безпечний зв'язок, а й системи управління обліковими записами і контролю доступу.
- 3D-друк – 3D-принтери в основному використовуються для створення прототипів або окремих компонентів, в подальшому 3D-принтер може широко використовуватися для виробництва невеликих партій спеціалізованих продуктів, його конструктивні переваги та децентралізований характер виробництва дозволять скоротити витрати на транспортування та складські запаси.
- Доповнена реальність – технологія знаходиться на початковій стадії розвитку, але в майбутньому дозволить працівникам прискорити прийняття рішень. Наприклад, працівник може отримати інструкцію, як полагодити або замінити зламану деталь у виробничій системі, коли він на неї дивиться через окуляри доповненої реальності.

КФС охоплюють цілі галузі та країни з різною швидкістю та в різних напрямках. Смарт-підприємство може розглядатися з точки зору взаємодії апаратних засобів, первинних даних, програмного забезпечення, штучного і людського інтелекту. Дані, отримані за допомогою датчиків, лог-файлів і пошукових роботів від фізичних пристроїв і комп'ютерних мереж, збираються, передаються, попередньо опрацьовуються, зберігаються, візуалізуються, аналізуються і застосовуються висококваліфікованим персоналом для моделювання та подальшого вдосконалення промислових продуктів і виробничих процесів.

Бар'єри, які виникають на шляху розвитку смарт-промисловості, цікаво розглянути з позиції топології КФС та можна поділити на три групи: технічні, соціально-економічні та інституційні.

Технічні бар'єри породжуються:

- комп'ютерними мережами, їх сумісністю та безпечністю. Як констатують фахівці Consulting-Specifying Engineer Media [12], бездротові мережі широко не застосовуються у критично важливих додатках, оскільки вони ще недостатньо надійні, а дротові мережі недешеві. У багатьох підприємств відсутня інфраструктура, необхідна для розповсюдження даних усередині підприємства, не кажучи вже про їх розповсюдження між заводами і постачальниками. Безперервний потік даних в Інтернеті речей потребує далеких ліній зв'язку з високою пропускнуою здатністю, оскільки у багатьох випадках, особливо у країнах, що розвиваються, заводи розташовані на відстані сотень кілометрів [13].
- необхідністю розв'язання проблем сумісності пристроїв і систем шляхом розроблення та впровадження відкритих стандартів комп'ютерних платформ, на яких різні системи Інтернету речей можуть взаємодіяти.

З технічної точки зору потрібно буде ще розв'язати багато складних проблем ефективним та прийнятним в реальних умовах способом. Ось деякі з таких проблем:

- Різномірність даних. Це серйозна проблема, яка може негативно впливати на ефективність взаємодій та розроблення комунікаційних протоколів. Системи повинні бути спроможні підтримувати велику кількість різних додатків та пристроїв.
- Надійність. КФС можна використовувати в критично важливих галузях, як охорона здоров'я, інфраструктура, транспорт і багато інших. Основними вимогами є надійність і безпека, оскільки виконавчі елементи впливають на навколишнє середовище. Фактично вплив виконавчих елементів може бути незворотнім, тому ймовірність їх непередбаченої поведінки повинна бути зведена до мінімуму. Крім того, навколишнє середовище є непередбачуваними, тому КФС повинні бути здатні продовжувати роботу в непередбачених обставинах і адаптуватися в разі збоїв.
- Управління даними. Необхідно зберігати та аналізувати великі дані, що надходять від різних мережевих пристроїв, обробляти їх та в реальному часі виводити результати. Даними можна керувати, використовуючи відкладене або оперативне потокове оброблення, в залежності від призначення системи. При використанні потоків у реальному часі інформація може часто змінюватися, а оброблення ґрунтується на адаптивних та постійних запитах.
- Конфіденційність. Проблема полягає в підтриманні балансу між збереженням конфіденційності та захистом персональних даних, з одного боку, і доступністю даних для забезпечення більш якісного обслуговування, з іншого. Оскільки КФС керують значними обсягами даних, що включають таку конфіденційну інформацію як стан здоров'я, стать, віросповідання і безліч інших персональних відомостей, виникають серйозні проблеми конфіденційності даних. Для КФС необхідна політика забезпечення конфіденційності, тому потрібен інструмент знеособлення даних, що дозволяє видаляти персональну інформацію перед обробленням даних системою.
- Безпека. КФС повинні забезпечувати безпеку комунікацій, оскільки всі дії координуються між пристроями в реальному часі. КФС розширюють масштаб і обсяг взаємодії між фізичними і обчислювальними системами, що ускладнює завдання забезпечення безпеки. Для вирішення цієї проблеми недостатньо традиційних інфраструктур забезпечення безпеки і потрібно шукати нові рішення. Необхідно захищати як дані, що надходять, так і збережені дані, зібрані для використання в майбутньому. І нарешті, КФС ґрунтуються на різномірних додатках і бездротових комунікаціях, що часто ускладнює забезпечення безпеки.
- Реальний час. КФС керують значними обсягами даних, отримуваних від датчиків. Обчислювальне оброблення повинно бути ефективним та

своєчасним, оскільки фізичні процеси тривають незалежно від результатів обчислень. Для задоволення цієї вимоги КФС повинні мати пропускну спроможність або потужність, необхідну для підтримання негайного оброблення, оскільки невиконання своєчасних дій може привести до довгострокового збитку [6].

Соціально-економічні бар'єри на шляху розвитку смарт-промисловості насамперед пов'язані з:

- людським капіталом. Як КФС, так і для смарт-промисловості потрібні висококваліфіковані кадри, що вимагає співробітництва та взаємодії галузей та університетів. За даними "McKinsey Global Institute", у 2020 р. дефіцит працівників із вищою освітою у світі може становити 38–40 млн осіб, або 18% від потреб роботодавців [14]. Багато в чому це зумовлено швидким старінням робочої сили, особливо в Європі, Японії та Китаї. Смарт-промисловість потребує нових компетенцій та нової системи підготовки кадрів (безперервного навчання, сертифікації) для ринку цифрових вакансій (конструкторів робототехніки, менеджерів з модернізації комп'ютерних мереж, інженерів систем безпеки цих мереж, спеціалістів з великих даних, просунутої аналітики та ін.) [15]. Не всі країни світу мають можливості для вирішення цього стратегічного завдання.
- значними витратами на придбання, накопичення та реновацію необхідного фізичного й особливо цифрового капіталу (цифрових матеріальних і нематеріальних активів), який відповідає техніко-технологічним вимогам промислового Інтернету. Це загострює проблеми з фінансуванням проектів "смартизації" виробництва в комплексі зі "смартизацією" дослідників, розробників, постачальників, дистриб'юторів, споживачів, з урахуванням вимоги забезпечення належного зростання продуктивності праці та окупності інвестицій.

Інституційні бар'єри для розвитку смарт-промисловості створюють стійкі організаційні рутини (хронологічно сформовані моделі поведінки груп індивідів), які складають колективну пам'ять підприємства та знижують ефективність прийняття рішень у звичайних умовах [16]. Це потребує перегляду усталених моделей поведінки, зумовлених новим баченням інфраструктури інформаційно-комунікаційних технологій.

Подолання вказаних бар'єрів сприятиме прискоренню поширення смарт-промисловості у світі. Але це відкриває не тільки нові можливості, а й створює нові ризики, які загрожують небажаними соціальними та економічними наслідками при несприятливому збігу обставин. Серед ризиків слід відзначити такі:

- Загострення проблем зайнятості та нерівності через зростання відносної важливості високооплачуваної кваліфікованої праці [17] при одночасному заміщенні рутинної праці машинами. Здійснений "McKinsey Global Institute" аналіз понад 2000 спеціальностей у межах 800 різних професій свідчить, що близько половини виконуваної ними праці може бути замінено на машини на основі застосування вже відомих технологій [18]. Проте це не обов'язково приведе до зростання глобального безробіття.
- Ризики безпеки, конфіденційності та інтелектуальної власності. У зв'язку з інтеграцією виробничих процесів, поєднанням виробників із дослідниками, розробниками, постачальниками, дистриб'юторами та споживачами через Інтернет, для суб'єктів господарювання загострюються проблеми, пов'язані із запобіганням витоку і підтриманням цілісності їх даних, захистом прав інтелектуальної власності, для людей – із недоторканністю приватного життя, захистом особистої та сімейної таємниць, використанням великих даних для маніпулювання їх поведінкою [13].
- Екологічні ризики. Виробництво компонентів інформаційно-комунікаційних технологій потребує великих обсягів первинних матеріалів порівняно з масою кінцевого продукту. Крім того, постійно зростають обсяги електронних відходів, що потребують утилізації [19].
- Геоекономічні ризики. У зв'язку з поширенням смарт-промисловості та новими вимогами до якості людського капіталу, проблеми співвідношення

“праця – капітал” часто сприймаються як проблема “праця – праця” – коли в деяких країнах із розвинутою економікою лунають скарги з приводу того, що країни, які розвиваються, займають їх робочі місця.

Наведемо кілька прикладів практичного застосування КФС:

- У виробничому середовищі. КФС можуть поліпшити виробничі процеси, забезпечуючи обмін інформацією в реальному часі між промисловим обладнанням, виробничим ланцюгом поставок, постачальниками, системами управління бізнесом і клієнтами. Крім того, КФС можуть підвищувати ефективність цих процесів завдяки автоматичному моніторингу і контролю всього виробничого процесу та адаптації виробництва для задоволення переваг клієнтів. КФС підвищують прозорість і керованість ланцюгів поставок, покращуючи відстеження та безпеку товарів.
- В охороні здоров'я. КФС використовуються для дистанційного моніторингу фізичних показників пацієнтів у реальному часі з метою зменшення потреб в госпіталізації (наприклад, пацієнтів із хворобою Альцгеймера) або для поліпшення догляду за інвалідами та людьми похилого віку. Крім того, КФС застосовуються в нейробіологічних дослідженнях для вивчення функцій організму людини з використанням інтерфейсів між мозком і обладнанням і терапевтичної робототехніки.
- У відновлюваній енергетиці. Інтелектуальні енергомережі є КФС, в яких датчики та інші пристрої забезпечують моніторинг мережі з метою контролю, підвищення надійності та енергоефективності.
- В інтелектуальних будівлях. Спільна робота інтелектуальних пристроїв і КФС дозволяє скоротити енергоспоживання, підвищити безпеку і захищеність, а також створити більш комфортні умови для мешканців. Наприклад, КФС можуть підтримувати моніторинг енергоспоживання та використання систем регулювання для реалізації концепції будинку з нульовим споживанням електроенергії. Крім того, їх можна використовувати для визначення ступеня шкоди для будівель в результаті непередбачених подій і запобігання руйнуванню конструкцій.
- На транспорті. Транспортні засоби та інфраструктура можуть взаємодіяти, обмінюючись в реальному часі інформацією про дорожній рух, місцезнаходження та проблеми, запобігаючи транспортним інцидентам і дорожнім пробкам, підвищуючи безпеку і, в кінцевому підсумку, економлячи час і гроші.
- У сільському господарстві. КФС можуть використовуватися для створення більш сучасного та ефективного сільського господарства. Вони можуть збирати важливу інформацію про клімат, ґрунти та інші дані для більш точного управління сільськогосподарськими роботами. Датчики КФС можуть вести постійний моніторинг різних показників, таких як зрошення ґрунту, вологість повітря і здоров'я рослин, для підтримання оптимальних навколишніх умов.
- В обчислювальних середовищах. КФС дозволяють краще розуміти поведінку систем і користувачів для підвищення продуктивності та більш ефективного управління ресурсами. Наприклад, можна оптимізувати роботу додатків з урахуванням контексту і дій користувачів або відстежувати доступність ресурсів. Крім того, популярні соціальні мережі та сайти електронної комерції зберігають інформацію про дії користувачів і контент, який цікавить кожного, аналізують цю інформацію, щоб передбачати, що може бути цікаво користувачам, і пропонувати рекомендації щодо друзів, публікацій, посилань, сторінок, подій або продуктів.

Конкретний приклад для України – група компаній “Смарт-Холдинг”, яка належить колишньому громадянину Росії, а нині громадянину України Вадиму Новинському. Вона почала формуватися в 1999 році шляхом об'єднання підприємств гірничо-металургійної галузі України. З часом група почала диверсифікувати свій бізнес шляхом інвестицій в інші сфери економіки: суднобудування, видобувну промисловість, сільське господарство.

У процесі реструктуризації групи в 2006 році створено керуючу компанію – ЗАТ “Смарт-холдинг”, а в 2007 році – холдингову компанію “Smart NV” (Нідерланди). Тоді ж було досягнуто попередні домовленості про об’єднання гірничо-металургійних активів компанії з аналогічними підприємствами групи “Систем Кепітал Менеджмент” (СКМ), що належить українському бізнесмену і політику Рінату Ахметову.

До сфери інтересів “Смарт-холдингу”, крім гірничо-металургійного комплексу, входять суднобудування, машинобудування, аграрний сектор, добувна промисловість (виробництво нерудних матеріалів), нерухомість, фінанси і страхування. Група компаній “Смарт” представлена в більшості регіонів України [20].

Висновки. Нова промислова революція 4.0 швидко трансформує світ. Сучасні технології (ІСТ, математичні методи, новітні технічні та програмні засоби) впливатимуть на усі сфери існування соціуму. Квантові обчислення, мікроскопічні роботи, “неупереджений” штучний інтелект, нові методи криптографії та блокчейн не будуть “річчю у собі”, далекою від реальності. Економіки розвинених країн отримають можливість повернути виробництво продукції зі східних країн-фабрик. Наближене до споживача масштабне виробництво та широке застосування “розумних” речей і механізмів, об’єднаних Інтернетом, формує нову реальність, яка пов’язана не тільки з новими можливостями, а й з новими викликами та проблемами. Усі вони мають бути осмислені на державному рівні й перетворені на національні стратегічні ініціативи щодо наукоємного високотехнологічного розвитку економіки країни та її провідної ланки – смарт-промисловості. Особливе значення має розв’язання проблеми інвестицій у побудову та впровадження кіберфізичних систем у кожному конкретному випадку.

У світовій економіці галузі з широкою продуктовою лінійкою, такі як автомобільна, продукти харчування, виграють від гнучкості кіберфізичних систем та зростання продуктивності. Галузі, що вимагають високої якості, такі як електроніка та фармацевтика, виграють від використання великих даних та аналітики, безперервного покращення якості та функціональності продукції.

Розвинені країни з високою вартістю кваліфікованої праці можуть скористатися зростанням попиту на кваліфікованих співробітників. Країни, що розвиваються, де є мольдь, що має навички в інформаційних технологіях та мехатроніці, можуть перестрибнути кілька технологічних етапів та створювати абсолютно нові виробничі концепції.

В цілому, більш гнучкі, швидкі та ефективні способи отримання якісних товарів за зниженими цінами призводять до зростання економіки, кваліфікованих робочих місць, змінюючи врешті-решт конкурентоспроможність компаній та регіонів.

Список використаних джерел

1. Добрынин А. П. Цифровая экономика – различные пути к эффективному применению технологий (BIM, PLM, CAD, IOT, Smart City, Big Data и другие) // International Journal of Open Information Technologies. 2016. Т. 4. № 1. С. 4–11.
2. Wolf W. Cyber-physical systems // Computer. 2009. No 3. P. 88–89.
3. Lee J et al. Recent advances and trends in predictive manufacturing systems in big data environment // Manufacturing letters. 2013. Vol. 1. No 1. P. 38–41.
4. Иванов С. В., Вишнеvский А. С. Электронные платформы как инструмент модернизации экономики Украины // Вісник економічної науки України. 2017. № 1. С. 47–53.
5. Коляденко С. В. Цифрова економіка: передумови та етапи становлення в Україні та світі // Економіка. Фінанси. Менеджмент: актуальні питання науки і практики. 2016. № 6. С. 105–112.
6. Мешко Н. П., Сазонець О. М., Джусов О. А., Пирог О. В., Сардак С. Е. Стратегії високотехнологічного розвитку в умовах глобалізації: національний та корпоративний аспекти: моногр. Дніпропетр. нац. ун-т ім. О. Гончара. Донецьк: Юго-Восток, 2012. 470 с.
7. Коровайченко Н. Ю. Передумови інтеграції України до єдиного цифрового ринку Європейського Союзу. Ефективна економіка. 2017. № 6. URL: <http://www.economy.nauka.com.ua/?op=1&z=5648> (дата звернення 20.01.2019).

8. Кіт Л. З. Еволюція мережевої економіки // Вісник Хмельницького національного університету. Економічні науки. 2014. № 3(2). С. 187–194.
9. Малік І. П. Тенденції розвитку інформаційної економіки в Україні // Вісник Східноєвропейського університету економіки і менеджменту. 2013. Вип. 1(14). С. 25–34.
10. Inklaar R., Timmer M. P., В. van Ark. Market Services Productivity across Europe and the U.S. // *Economic Policy*. 2008. No 23(53). P. 139–194.
11. Вишневецький В. П., Вієцька О. В., Гаркушенко О. М., Князєв С. І., Лях О. В., Чекина В. Д., Череватський Д. Ю. Смарт-промисловість в епоху цифрової економіки: перспективи, напрями і механізми розвитку: моногр. / За ред. акад. НАН України В. П. Вишневецького; НАН України, Ін-т економіки промисловості. К., 2018. 192 с.
12. CFE Media. Digital Report: IIoT. Consulting-Specifying Engineer Media, 2016. 72 p.
13. McKinsey Global Institute. The internet of things: mapping the value beyond the. McKinsey & Company, 2015. 131 p.
14. McKinsey Global Institute. The world at work: Jobs, pay, and skills for 3.5 billion people. Executive Summary. McKinsey & Company, Inc., 2012. 12 p.
15. World Economic Forum. Industrial Internet of Things: Unleashing the Potential of Connected Products and Services. Cologne/Geneva, Switzerland: World Economic Forum, 2015. 39 p.
16. Платонов В. В. «Парадокс Солоу» двадцать лет спустя или об исследовании влияния инноваций в информационных технологиях на рост производительности // *Финансы и бизнес*. 2007. № 3. С. 28–38.
17. Brynjolfsson E., McAfee A., Spence M. New World Order: Labor, Capital, and Ideas in the Power Law Economy // *Foreign Affairs*. 2014. Vol. 93. No 4. P. 44–53.
18. McKinsey Global Institute. A future that works: automation, employment, and productivity. McKinsey & Company, 2017. 135 p.
19. Heacock M., Kelly C. B., Asante K. A. et al. E-Waste and Harm to Vulnerable Populations: A Growing Global Problem // *Environmental Health Perspectives*. 2016. No 124(5). P. 550–555.
20. Смарт-холдинг. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BC%D0%B0%D1%80%D1%82-%D0%A5%D0%BE%D0%BB%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B3> (дата звернення 30.01.2019).

References

1. Dobrynin A. P. (2016). Tsifrovaya ekonomika – razlichnyye puti k effektivnomu primeneniyu tekhnologiy (BIM, PLM, CAD, IOT, Smart Sity, Big Data i drugiye) [Digital economy: different ways to the effective application of technologies (BIM, PLM, CAD, IOT, Smart Sity, Big Data and other)]. *International Journal of Open Information Technologies*, vol, 4, no 1, 4–11 [in Russian].
2. Wolf W. (2009). Cyber-physical systems. *Computer*, 3, 88–89.
3. Lee J et al. (2013). Recent advances and trends in predictive manufacturing systems in big data environment. *Manufacturing letters*, vol. 1, no 1, 38–41.
4. Ivanov S. V., Vishnevskiy A. S. (2017). Elektronnnyye platformy kak instrument modernizatsii ekonomiki Ukrainy [Electronic platforms: an instrument for modernization of the Ukrainian economy]. *Visnyk ekonomichnoi nauky Ukrainy – Bulletin of Ukrainian Economics*, 1, 47–53 [in Russian].
5. Koliadenko S. V. (2016). Tsyfrova ekonomika: peredumovy ta etapy stanovlennia v Ukraini ta sviti [Digital economy: background and phases of formation in Ukraine and beyond]. *Ekonomika. Finansy. Menedzhment: aktualni pytannia nauky i praktyky – Economics. Finance. Management: vital issues of theory and practice*, 6, 105–112 [in Ukrainian].
6. Meshko N. P., Sazonets O. M., Dzhusov O. A., Pyroh O. V., Sardak S. E. (2012). *Stratehii vysokotekhnolohichnoho rozvytku v umovakh hlobalizatsii: natsionalnyi ta korporatyvnyi aspekty [Strategies of high tech development in the context of globalization: national and corporate aspects]*. Dnipropetrovsk Oles Honchar National University. Donetsk: Iugo-Vostok [in Ukrainian].

7. Korovaichenko N. Yu. (2017). Peredumovy intehratsii Ukrainy do yedynoho tsyfrovoho rynku Yevropeiskoho Soiuzu [The background for Ukraine's integration to the single digital market of the European Union]. *Efektivna ekonomika – Effective economy*, 6. Retrieved from <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=5648> (date of access 20.01.2019) [in Ukrainian].
8. Kit L. Z. (2014). Evoliutsiia merezhevoi ekonomiky [Evolution of the network economy]. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Ekonomichni nauky – Bulletin of Khmelnytsk National University. Economics*, 3(2), 187–194 [in Ukrainian].
9. Malyk I. P. (2013). Tendentsii rozvytku informatsiinoi ekonomiky v Ukraini [The tendencies in the information economy development in Ukraine]. *Visnyk Skhidnoievropeiskoho universytetu ekonomiky i menedzhmentu – Bulletin of East-European University of Economics and Management*, 1(14), 25–34 [in Ukrainian].
10. Inklaar R., Timmer M. P., B. van Ark (2008). Market Services Productivity across Europe and the U.S. *Economic Policy*, 23(53), 139–194.
11. Vyshnevskiy V. P., Viietska O. V., Harkushenko O. M., Kniaziev S. I., Liakh O. V., Chekina V. D., Cherevatskyi D. Yu. (2018). Smart-promyslovist v epokhu tsyfrovoy ekonomiky: perspektyvy, napriamy i mekhanizmy rozvytku [Smart industry in the era of digital economy: prospects, directions and mechanisms of development]. V. P. Vyshnevskiy (ed.); NAS of Ukraine, Institute of Industrial Economy. Kyiv [in Ukrainian].
12. CFE Media. Digital Report: IIoT. Consulting-Specifying Engineer Media, 2016.
13. McKinsey Global Institute. The internet of things: mapping the value beyond the. McKinsey & Company, 2015.
14. McKinsey Global Institute. The world at work: Jobs, pay, and skills for 3.5 billion people. Executive Summary. McKinsey & Company, Inc., 2012.
15. World Economic Forum. Industrial Internet of Things: Unleashing the Potential of Connected Products and Services. Cologne/Geneva, Switzerland: World Economic Forum, 2015.
16. Platonov V. V. (2007). “Paradoks Solou” dvadtsat let spustya ili ob issledovanii vlianiya innovatsiy v informatsionnykh tekhnologiyakh na rost proizvoditelnosti [“Solow paradox” twenty years after, or studying the impact of innovation in information technologies on productivity growth]. *Finansy i Bisnes – Finance and Business*, 3, 28–38 [in Russian].
17. Brynjolfsson E., McAfee A., Spence M. (2014). New World Order: Labor, Capital, and Ideas in the Power Law Economy. *Foreign Affairs*, vol. 93, no 4, 44–53.
18. McKinsey Global Institute. A future that works: automation, employment, and productivity. McKinsey & Company, 2017.
19. Heacock M., Kelly C. B., Asante K. A. et al. (2016). E-Waste and Harm to Vulnerable Populations: A Growing Global Problem. *Environmental Health Perspectives*, 124(5), 550–555.
20. Смарт-холдинг [Smart holding]. Retrieved from <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BC%D0%B0%D1%80%D1%82-%D0%A5%D0%BE%D0%BB%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B3> (date of access 30.01.2019) [in Russian].

Посилання на статтю:

Єршова О. Л., Одноволик В. І., Бажан Л. І. Кіберфізичні системи як основа смарт-економіки // Науковий вісник Національної академії статистики, обліку та аудиту: зб. наук. пр.. 2019. №1-2. С. 69-79.