

**Шапуров Олександр Олександрович**  
*доктор економічних наук, професор,  
завідувач кафедри інформаційної економіки,  
підприємництва та фінансів  
Інженерного навчально-наукового інституту  
імені Ю.М. Потебні  
Запорізького національного університету*

DOI: <https://doi.org/10.36059/978-966-397-307-4-10>

## **ЦИФРОВІЙ ДВІЙНИК У ОПЕРАЦІЙНІЙ СТРАТЕГІЇ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА**

Важливим напрямом цифрової революції є цифрова трансформація підприємств. Впровадження цифрових технологій сприяє структурній оптимізації виробничої та операційної діяльності, моделей управління та операційних механізмів, а також допомагає компаніям підвищити продуктивність, енергоефективність та технологічні інновації [1].

Нестача природних ресурсів та збільшення вартості енергії створили різні проблеми для розвитку обробної промисловості, безпосередньо сталеплавильної промисловості. Як основна частина виробничого процесу, енергія відіграє важливу роль в енергоємних виробничих галузях (хімічна, сталеливарна промисловість), які використовують велике та енергоємне обладнання протягом усього виробництва і, отже, мають вищі рівні споживання, ніж будь-який інший сектор [2]. Серед енергоємних та матеріалоємних галузей розумне виробництво стало основним напрямом промислової революції та промислового розвитку, крім того, сталий розвиток став консенсусом людського існування. Значний внесок у вирішення екологічних проблем робить обробна промисловість, а новий виток промислової революції формує сучасний вектор глибокої та

довготривалої зміни в роботі, житті виробничого персоналу промислових підприємств та кінцевих споживачів.

З 2011 року з'явилась на Ганноверському ярмарку нова модель радикальних інновацій: німецька стратегія «Індустрія 4.0», яка швидко стала дуже популярною у багатьох розвинених країнах світу. Нова концепція є довгостроковим процесом розвитку компаній з радикальними технологічними змінами, які можуть створювати кіберфізичні системи як усередині компаній, так і в цілих ланцюжках поставок. Програма Industrial Internet Consortium (2014 р.), розроблена в США об'єднала організації і технології, необхідні для прискорення зростання промислового інтернету. Промислова платформа «Фабрика майбутнього» (La Fabbrica del Futuro, Італія) спрямована на створення важливих дослідницьких ініціатив з метою підвищення конкурентоспроможності італійської промисловості, зокрема продукції «вироблено в Італії» у глобальному контексті, розробку нових продуктів й удосконалення промислових процесів. Заслуговує на увагу ініціатива глобальних ланцюжків створення вартості, яка покликана сформулювати орієнтований на промисловість погляд на основі географічного простору в умовах глобалізаційних змін. Зазначена ініціатива розкрита у проєкті Industrial Value Chain Initiative (Японія, 2014 р.).

Ключовими технологіями Індустрії 4.0, впровадженими в компаніях, є набір інноваційних рішень, що складаються з: інтернету речей, великих даних, блокчейн, хмарних обчислень, людино-машинної взаємодії, робототехніки, програмного забезпечення з відкритим вихідним кодом та штучним інтелектом.

Згаданий перелік інноваційних рішень дозволив сформулювати ряд технологічних трендів в промисловому виробництві: впровадження інтелектуальних датчиків у операційні лінії; розвиток на основі штучного інтелекту роботизації промислових ліній та технологічних станів; застосування для обчислювальних процедур «хмарних технологій»; формування трьохрівневої

структури промислового підприємства (планування ресурсів (ERP), система управління виробництвом (MES), система управління технологічним процесом (PCS); використання технологій Big Data при здійсненні процесу промислової аналітики; впровадження оцифрованої технічної документації, електронного документообігу; реалізація промислових товарів через інтернет; доставка промислових товарів до кінцевого споживача шляхом безпілотних транспортних систем.

Взаємодія зазначених трендів дала можливість створювати цифрові копії обладнання, процесів та технологій, що сформувало інноваційне поняття «Digital Twins». Цифровий двійник (Digital Twins) створює віртуальну модель фізичного об'єкта цифровим способом, сприяє взаємодії та інтеграції фізичного світу та інформаційного світу, а також створює надійний міст для промислової інформаційної інтеграції [3]. Цифровий двійник може імітувати різні процеси, якими можуть проходити матеріальні об'єкти, і прогнозувати їх продуктивність у складних умовах. По-іншому кажучи цифровий двійник – це простий алгоритм, який прогнозує, як працюватиме продукт чи процес на основі реальних даних. Digital Twins в більшості випадків включає Інтернет речей (IoT), штучний інтелект (II) і аналітику даних для поліпшення вихідних результатів та інші допоміжні дані (мікропрограми пристрою, конфігурації, калібрування, дані уставок).

Розробники створюють цифрові двійники або віртуальні моделі, які можуть отримувати зворотний зв'язок від датчиків, пов'язаних з фізичною системою. Датчики збирають критично важливі робочі дані, а цифрова модель імітує те, що відбувається у фізичній системі реального часу. Користувачі можуть використовувати цифрового двійника для вивчення варіантів продовження терміну служби продукту, покращення виробництва та процесів, створення продукту, тестування прототипу [4].

Недавнє дослідження Marketsand Markets показує, що розмір світового ринку цифрових двійників оцінювався в

3,1 млрд. доларів США в 2020 році і, за прогнозами, досягне 48,2 млрд. доларів США до 2026 року. Global Market Insight підрахував, що розмір ринку цифрових двійників, що оцінювався в 2022 році в 8 мільярдів доларів, очікувано зросте приблизно на 25% сукупного річного темпу зростання з 2023 по 2032 рік.

В умовах сьогодення проєктування та виробництво переважно використовують цифрових двійників для забезпечення точного віртуального представлення об'єктів та моделювання операційних процесів: керуючи ланцюжками постачання; відстежуючи операції; в технічному обслуговуванні транспорту; в процесі віддаленої допомоги; при візуалізації активів та налаштуванні дизайну [5].

Створення цифрового двійника в Omniverse для архітекторів, інженерів та будівельних бригад для спільної оцінки проєктів може допомогти прискорити розробку та забезпечити виконання контрактів. Більшість систем промислової автоматизації підтримують функціональний макетний інтерфейс (FMI) для інтеграції версії цифрового двійника у реальному часі для роботи паралельно із реальною машиною. Це дозволяє швидко планувати роботу та тестувати у віртуальному середовищі, перш ніж вносити будь-які зміни до системи комп'ютера. Рішення Digital Twins корисне для планування графіків та операцій у гірничодобувній промисловості. Моделювання робочого середовища дозволяє майнерам створювати довгострокові та короткострокові програми. Крім того, вони можуть робити точні розрахунки для буріння, подрібнення та видобутку. Більше того, працівники на місцях можуть використовувати рішення Digital Twins для моделювання обладнання, механізмів та всього робочого процесу, а також можуть тестувати новації у своїх найважливіших робочих процесах [6].

Зростання попиту на автоматизацію в різних галузях промисловості є очікуваним чинником, який буде створювати високий попит на платформу Digital Twin в довгостроковому періоді часу. У міру того, як розвивається глобальний процес

цифровізації, рішення Digital Twin відіграватимуть все більш важливу роль у різних галузях. Щоб полегшити впровадження цифрових двійників у виробництво, ISO нещодавно розробила стандарт ISO 23247 – Платформа цифрових двійників для виробництва [7]. Стандарт надає загальну структуру розробки, яка включає в себе підсистеми та компоненти, які виробники можуть обирати для своїх власних реалізацій цифрових двійників залежно від конкретного випадку. Це допомагає промисловим суб'єктам господарювання систематично ідентифікувати застосовні компоненти, їхні частини та характеристики їх взаємодій. Стандартна серія ISO 23247 в даний час включає чотири частини: огляд та загальні принципи, еталонна архітектура, цифрове уявлення та обмін інформацією.

### Література:

1. Jianlong Wang and all. How does digital transformation drive green total factor productivity? Evidence from Chinese listed enterprises. *Journal of Cleaner Production*. 2023. Vol. 406. 136954.
2. Shuaiyin Ma and all. Digital twin and big data-driven sustainable smart manufacturing based on information management systems for energy-intensive industries. *Applied Energy*. 2022. Vol. 326. 119986.
3. Lianhui Li, Bingbing Lei, Chunlei Mao. Digital twin in smart manufacturing. *Journal of Industrial Information Integration*. 2022. Vol. 26. 100289.
4. Mohd Javaid, Abid Haleem, Rajiv Suman. Digital Twin applications toward Industry 4.0: A Review. *Cognitive Robotics*. 2023. Vol. 3. P. 71–92.
5. Mohsen Attaran, Bilge Gokhan Celik. Digital Twin: Benefits, use cases, challenges, and opportunities. *Decision Analytics Journal*. 2023. Vol. 6. 100165.
6. Deloitte. The net zero workforce. Mining & Metals. 2021. URL: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/uk/Documents/energy-resources/deloitte-uk-net-zero-workforce-mining-and-metals.pdf> (дата звернення: 10.05.2023).
7. Guodong Shao, Joe Hightower, William Schindel, Credibility consideration for digital twins in manufacturing. *Manufacturing Letters*. 2023. Vol. 35. P. 24–28.