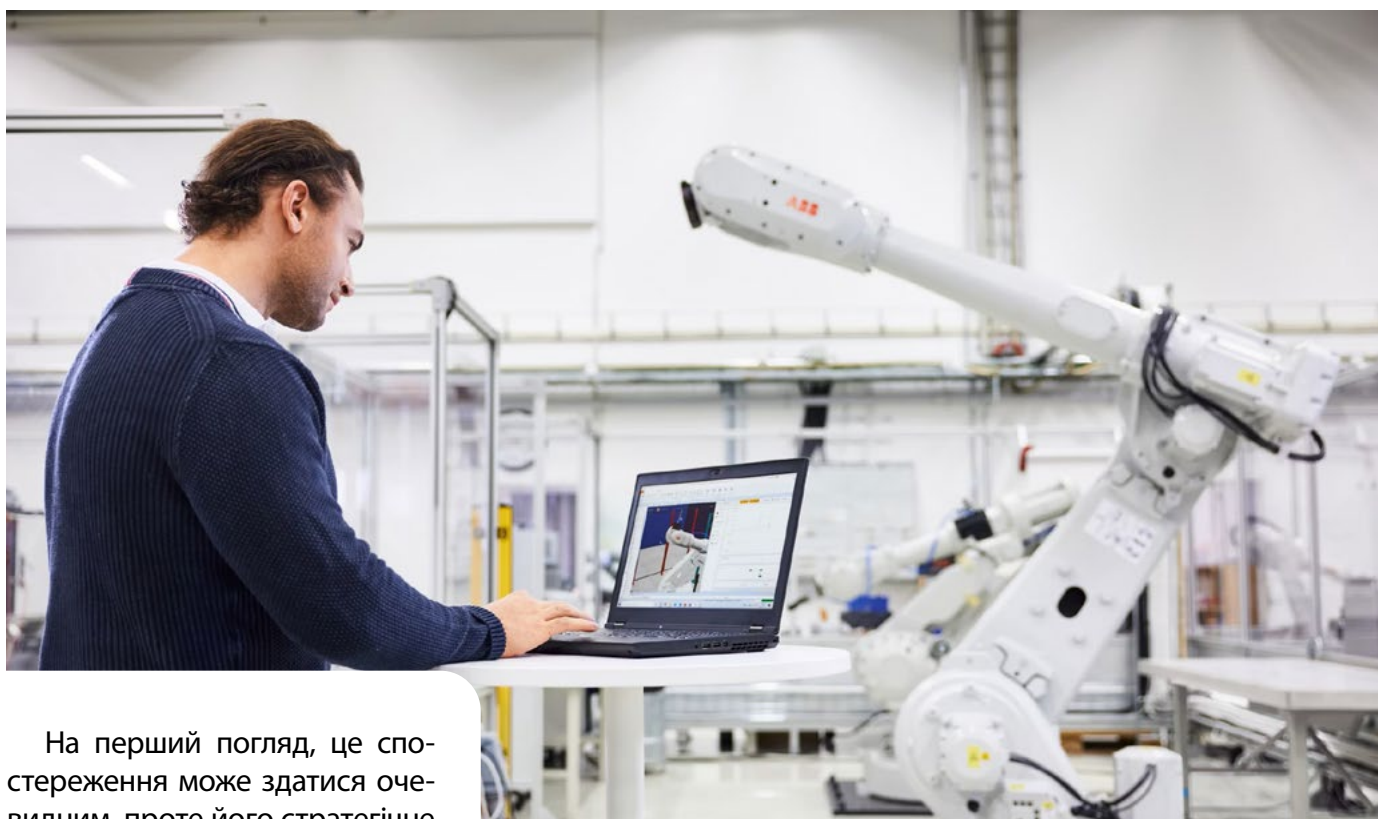




КОНВЕРГЕНЦІЯ ЦИФРОВИХ ДВІЙНИКІВ,  
СИМУЛЯЦІЙНИХ СЕРЕДОВИЩ,  
АГЕНТНОГО ШІ ТА АДАПТИВНОЇ РОБОТОТЕХНІКИ ЯК  
**драйвер трансформації  
промисловості**

Поєднання цифрових двійників, високоточних середовищ моделювання, автономних програмних агентів та адаптивної робототехніки, здатної не лише аналізувати дані, а й самостійно готувати, оптимізувати та навіть реалізовувати виробничі процеси, стає ключовим фактором трансформації промислового сектора. Йдеться не просто про черговий виток автоматизації, а про формування нової операційної парадигми, у якій кіберфізичні системи набувають властивостей самоадаптації та контекстної обізнаності



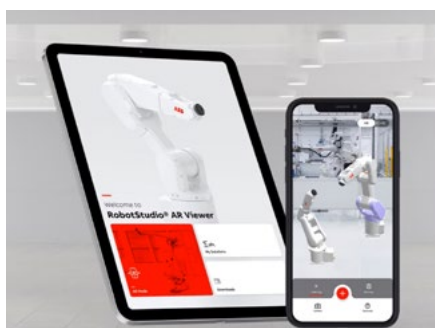
На перший погляд, це спостереження може здатися очевидним, проте його стратегічне значення важко переоцінити. Важливо підкреслити, що за останні чотири тижні ознаки цього структурного зсуву значно посилилися — не лише на рівні стратегічних заяв, а, передусім, у вигляді конкретних ініціатив галузі, що включають інвестиційні програми, технологічні партнерства та практичні кейси впровадження.

## СКОРОЧЕННЯ РОЗРИВУ МІЖ СИМУЛЯЦІЄЮ ТА РЕАЛЬНИМИ ВИРОБНИЧИМИ ДАНИМИ

Одним із ключових технологічних бар'єрів промислового ШІ традиційно був так званий «sim-to-real gap» — розрив між умовами віртуального навчання моделей і реальним виробничим середовищем. Партнерство між **ABB Robotics** та **Nvidia** спрямоване на системне усунення цього обмеження.

Інтеграція платформи **Nvidia Omniverse** у середовище **RobotStudio** дозволяє значно підвищити реалістичність симуляції завдяки врахуванню складних факторів, включно з варіативністю освітлення, що відбивають властивості поверхонь, тіні, фізичні взаємодії та стохастичні зовнішні впливи. Таким чином, формується високоточний цифровий двійник виробничого середовища, придатний не лише для офлайн-моделювання, але й для попереднього навчання та валідації алгоритмів управління роботами.

Це варто розглядати не як еволюційне оновлення програмного забезпечення, а як якісну зміну в інженерній методології: перенесення значної частини етапів пуско-налагодження у віртуальне середовище. За достатньої точності симуляції це дозволяє радикально скоротити час введення в експлуатацію, знизити витрати на тестування, мінімізувати кількість ітерацій на фізичному обладнанні та підвищити передбачуваність виробничих показників.





З практичної точки зору показово, що **Foxconn** уже проводить пілотне тестування цієї архітектури, а комерційний запуск очікується у другій половині 2026 року. Для управлінських команд це має критичне значення: проблема масштабування промислових ШІ-рішень частіше пов'язана не з обмеженнями моделей машинного навчання, а з ненадійністю їх перенесення в реальні операційні умови. Усунення цього вузького місця безпосередньо впливає на окупність інвестицій (**ROI**) та швидкість тиражування рішень.



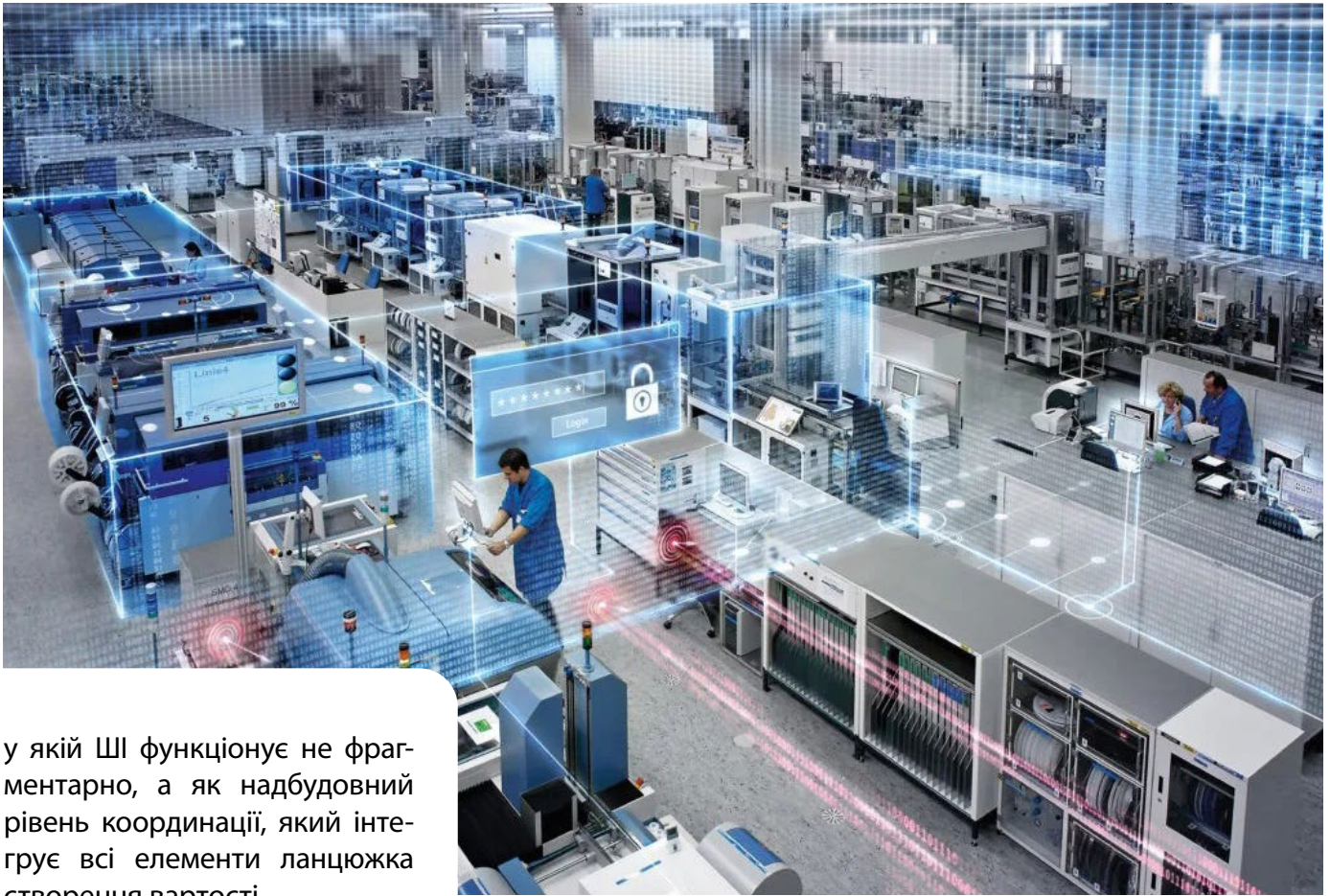
Додатково слід зазначити, що скорочення *sim-to-real gap* посилюється завдяки впровадженню методів **domain randomization**, синтетичних даних і гібридних підходів до навчання, що об'єднують реальні та симуляційні датасети в рамках єдиного **MLOps-контуру**.

## ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ЯК ВЕРХНІЙ РІВЕНЬ КООРДИНАЦІЇ НАСКРІЗНИХ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ

Паралельно з технологічними змінами спостерігається помітна трансформація стратегічної риторики найбільших промислових корпорацій: від концепції «**AI-enabled**» (ШІ як допоміжний інструмент) до моделі «**AI-driven autonomy**» (ШІ як основа автономного управління).

На початку березня компанія **Samsung** оголосила про намір до 2030 року трансформувати свої глобальні виробничі потужності на «заводи, керовані ШІ» (**AI-driven factories**). Ключовим елементом цієї стратегії є цифрові двійники повного виробничого циклу — від логістики та сировини до відвантаження готової продукції. На цьому рівні спеціалізовані агентні системи ШІ беруть на себе функції моніторингу, прийняття рішень та оптимізації в таких сферах, як контроль якості, управління виробничими потоками, складська логістика та планування завантаження обладнання.

Аналогічний вектор простежується й у інвестиційній стратегії **Siemens**, яка оголосила про вкладення понад 200 мільйонів євро в розвиток заводу в Амберзі, орієнтованого на використання ШІ, повну цифровізацію та глибоку автоматизацію. У цьому контексті принципово важливим є не стільки набір технологій, скільки архітектурна концепція: завод розглядається як автономна система,



у якій ШІ функціонує не фрагментарно, а як надбудований рівень координації, який інтегрує всі елементи ланцюжка створення вартості.

Такий підхід передбачає перехід до **data-centric** архітектури, де єдиний інформаційний простір об'єднує **ОТ (операційні технології)**, **ІТ-системи**, **MES/ERP-платформи** та **периферійні пристрої (edge computing)**. У результаті ШІ отримує доступ до контекстно збагачених даних у реальному часі, що дозволяє реалізовувати сценарії предиктивного та прескриптивного управління.

## ФОРМУВАННЯ ЕКОСИСТЕМИ: ПЛАТФОРМИ, ІНТЕГРАЦІЯ ТА ІНФРАСТРУКТУРНІ ШАРИ

Ринкові прогнози вказують на те, що поточна динаміка має ознаки довгострокового інвестиційного тренду. Згідно з оцінкою PwC, опублікованою наприкінці лютого, частка промислових компаній, що прагнуть до високого рівня автоматизації ключових процесів до 2030 року, зросте з 18 % до 50 %.

• При цьому дослідження акцентує увагу на тому, що стійкі конкурентні переваги формуватимуться не за рахунок упровадження окремих інструментів, а завдяки їх координації в рамках уніфікованої архітектури даних і взаємопов'язаних операційних процесів. Це означає зміщення фокуса з **point solutions** до **платформних екосистем**.

Саме в цьому контексті слід розглядати нову хвилю фізичного та агентного ШІ, яка об'єднує:

- операційні інформаційні простори (**data fabric, data mesh**);
- промислове програмне забезпечення;
- системи управління виробництвом;
- контури автоматизованого виконання.





## ВИХІД ПРОМИСЛОВОГО ШІ ЗА МЕЖІ ПІЛОТНОЇ ФАЗИ

Для керівників промислових підприємств ключовий висновок полягає в необхідності переходу від ізольованих аналітичних рішень до інтегрованих операційних архітектур на базі ШІ. Йдеться про трансформацію ШІ з інструменту підтримки прийняття рішень у повноцінний рівень управління виробничими системами.

У цьому зв'язку інвестиційний фокус зміщується з окремих кейсів (таких як предиктивне обслуговування, комп'ютерний зір для контролю якості чи оптимізація окремих ділянок виробництва) до створення наскрізної архітектури, що об'єднує:

- симуляційні моделі та цифрові двійники;
- потокові операційні дані;
- edge- та cloud-інфраструктуру;
- робототехнічні системи;
- контури управління.

Економічний ефект такої інтеграції проявляється у скороченні часу введення в експлуатацію, зменшенні варіативності виробничих процесів, прискоренні переналагодження, підвищенні гнучкості виробництва та зниженні залежності від дефіциту кваліфікованих кадрів.

Водночас ризики залишаються суттєвими. Ключові обмеження включають:

- фрагментацію даних і відсутність єдиної моделі даних;
- низький рівень стандартизації процесів;
- складнощі інтеграції застарілих систем;
- недостатню зрілість архітектур кібербезпеки в умовах розподілених і автономних систем.

**NTT DATA**, що базується в Токіо (Японія), у березні підтвердила цей тренд, представивши ініціативи у сфері «AI factories» та анонсувавши платформні рішення на базі Nvidia, орієнтовані на впровадження безпечного, масштабованого та промислово придатного агентного ШІ з вимірюваною економічною ефективністю. Це підкреслює, що поряд із ринком прикладних рішень формується повноцінна екосистема, що включає постачальників платформ, системних інтеграторів, розробників інфраструктури та провайдерів даних.

Окремої уваги заслуговує питання стандартизації та інтероперабельності: без єдиних протоколів обміну даними, моделей представлення процесів та механізмів оркестрації агентів масштабування подібних екосистем може бути суттєво ускладнене.

**Сьогодні промисловий ШІ виходить за межі експериментальної та пілотної фази. Він еволюціонує в бік повноцінних кіберфізичних виробничих систем, заснованих на агентних моделях, де межі між симуляцією та реальністю, аналізом і виконанням, а також людиною та машиною стають все більш розмитими**