

# ОСНОВНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ВИРОБНИЦТВА В УКРАЇНІ

Вінницький національний технічний університет

## *Анотація*

*В роботі розглядаються світові тенденції у виробництві та технології, які в комплексі дозволяють перевести економіку до «Індустрії 4.0». Розглянуто проблеми та виклики, що постають перед промисловістю України під час військового стану та післявоєнної відбудови. Проведено оцінку можливості переходу значної частини промислового виробництва до етапу «Індустрія 4.0». Зазначено, що суттєвими заходами, які впливатимуть на можливість такого переходу є наявність західних інвестицій, збереження кадрового потенціалу та доступ до світових технологій.*

**Ключові слова:** виробництво, індустрія, трансформація промисловості; інтернет речей, мережеві технології

## *Abstract*

*The work dedicated global trends in production and technologies, which together allow the economy to move to "Industry 4.0". The problems and challenges faced by Ukrainian industry during war and post-war reconstruction are considered. An assessment of the possibility of transition of a significant part of industrial production to the stage of "Industry 4.0" was carried out. It is noted that the presence of Western investments, preservation of personnel potential and access to world technologies are essential measures that will affect the possibility of such a transition.*

**Keywords:** production, industry, transformation of industry; internet of things, network technologies

Гарантією успішності будь-якої та забезпеченості населення є економічна стабільність та міць, які значною мірою визначаються можливістю підприємств та організацій створювати продукти та послуги належної якості і кількості, що відповідають вимогам споживача. Більше того, споживачі перейшли з пасивної позиції, коли вони обирають з продукції наявної на ринку в активну – вимагають від виробників створювати конструкції та механізми більш близькими до їх вимог. Компанії, які приймають ці вимоги, повинні зіткнутись з необхідністю роботи з великою кількістю мінливої інформації, різноманітних вимог до кваліфікації працівників, швидкою зміною або переналаштуванням виробничих процесів та складальних систем [1,2].

В Україні, більшою частиною виробництв були механізовані та автоматизовані підприємства, які можна віднести до промислового рівня «Індустрія 2.0». Цей рівень заснований на широкому використанні електрики та складальних ліній, що забезпечують масштабний випуск продукції. З приходом приватного капіталу та ослаблення інвестиційних обмежень економіка країни поступово почала переходити в стан характерний для «Індустрії 3.0», який характеризується широкою автоматизацією виробництва, а потім, у зв'язку з глобалізацією і на етап «Індустрія 3.5», оскільки вартість виробництва в Україні суттєво нижча, ніж в регіоні та при цьому промисловий та кадровий потенціал дозволяють легко організувати випуск відносно складної промислової продукції. Водночас, початковий технологічний розрив між економіками країн-лідерів та нашою економікою не було подолано. Більше того, в той час, як Україна трансформується до вимог «Індустрії 3.5» інші країни досягають вершин в «Індустрії 4.0» (I4.0) та готують фундамент до переходу в «Індустрія 5.0». Ця нова фаза охоплює більше, ніж просто виробництво та забезпечується розробками в розумних технологіях, які включають такі аспекти, як штучний інтелект, автоматизація, аналітика великих даних, Інтернет речей, машинне навчання, робототехніка, розумні системи та віртуалізація тощо. Фактично вона являє собою комплексну трансформацію всього промислового виробництва шляхом злиття мережевих та інформаційно-комунікаційних технологій із традиційними виробничими процесами. Особливо різко різниця в підходах до виробництва проявилась під час пандемії, коли міжлюдські контакти різко зменшилися, а важливість мережевих взаємодій різко зросла. Яскравим прикладом різкого зростання цінності таких зв'язків в цей період стало вибухове зростання вартості ІТ-компаній спричинене зацікавленістю у стабільній роботі підприємств незалежно від фізичної присутності працівника на

робочому місці. Таким чином, нові технології та умови пришвидшили структурні зміни у світовій економіці. В цілому таке явище є характерним для обробної промисловості, оскільки завдяки новим технологіям, збільшується продуктивність праці, масовість випуску, знижуються витрати і скорочуються простоти [3]. Крім того, сучасні виробничі системи повинні зменшувати час на запуск продукції у виробництво, його уніфікацією до вимог якомога ширшого кола споживачів, зростанням різноманіття продукту за рахунок розширення кількості регульованих параметрів, та скороченням часу виходу на ринок.

Відповідно до огляду німецького товариства торгівлі та інвестицій від 2014 року, I4.0 представляє технологічну еволюцію від вбудованих систем до кіберфізичних систем (кіберфізична виробнича система (CPS) – це трансформаційна система, яка перетворює дані з взаємопов'язаної системи в прогностичні та створює команди для досягнення стійкої продуктивності). У I4.0 вбудовані системи, семантичний міжмашинний зв'язок, технології інтернету речей (Internet of things або IoT) і кіберфізичні системи інтегрують віртуальний простір із фізичним світом. IoT дозволяє розробити нову виробничу парадигму, яка називається персоналізованим виробництвом. Вона дає змогу залучати клієнта ще на етапі проектування продукту. Останнім завданням «Індустрії 4.0» є створення так званого «розумного виробництва», де всі елементи інтегровані разом і взаємодіють в режимі реального часу (розумне виробництво – це повністю інтегровані виробничі системи призначені для спільної роботи, які реагують у режимі реального часу, щоб задовольнити мінливі вимоги та умови на заводі, у мережі постачання та потреби клієнтів).

Для створення розумних виробництв, крім звичайних систем автоматизації та комп'ютеризації виробництв, застосовують різноманітні нові технології. На теперішній час їх можна об'єднати у дев'ять груп:

- 1) передові виробничі рішення;
- 2) адитивне виробництво;
- 3) доповнена реальність;
- 4) моделювання (системи імітаційного моделювання об'єктів та процесів);
- 5) горизонтальна та вертикальна інтеграція (CAD, CAM, CAE, управлінські, таймінгові та інші системи організації та інтеграції виробництва);
- 6) промисловий Інтернет (інтегрована система зв'язку між різними частинами виробництва);
- 7) хмарні технології (одночасна робота з проектами з різних місць, постійний доступ до проектів, можливість використання платних ресурсів для пришвидшення моделювання систем);
- 8) Кібербезпека (захист від витоку промислових даних, промислового шпигунства – фактично є обов'язковим елементом для всіх підприємств, що мають );
- 9) Великі дані та аналітика (аналіз даних, що надають кіберфізичні системи, створення прогнозів та вироблення рішень для управління процесами виробництва)

В різних джерелах ці самі технології класифікуються по-різному, тому представимо найбільш часто уживані та їх суттєві особливості:

- 1) Інтернет речей (технологія IoT)

Ця технологія означає, що «речі» поєднані з виробником або споживачем за допомогою мережесистем та, за рахунок датчиків і додаткових елементів, забезпечують отримання повноцінної інформації та управління в режимі реального часу. Вперше така технологія застосовувалась сумісно з радіочастотною ідентифікацією (RFID). Пізніше технологія IoT використовувалася з системою глобального позиціонування (GPS), Wi-Fi, Bluetooth, стільникові мережі або зв'язок ближнього поля (NFC). Іншими важливими ключовими технологіями для IoT є штрих-коди, смартфони, послуги на основі визначення місцезнаходження, сервіс-орієнтована архітектура (SOA), ближнє поле спілкування та соціальні мережі.

- 2) Системи зору (машинного зору)

В першу чергу ця технологія використовується з процесами, що підлягають візуальному контролю для полегшення роботи людини та в роботизованих виробничих системах. Вона набуває все більшого розширення через простіше навчання системи розпізнавати різні об'єкти. Таке спрощення значною мірою пов'язане з можливістю навчання інформаційних систем та штучного інтелекту. Останні досягнення в цифровізації людських рухів за допомогою систем зору дозволяють автоматизувати складальні та виробничі процеси в промисловості.

- 3) Моделювання

Віртуальний комп'ютер, який інтегрує та керує мережами фізичних об'єктів забезпечується інтелектуальними пристроями, які здатні інтегрувати пристрої, організації та інформаційні системи для спільного використання та обміну даними; моніторинг в реальному часі; і використовувати будь-що, будь-де та будь-коли для спілкування, сприйняття, захоплення, вимірювання та передачі даних. Фактично всі виробничі процеси повинні оцифровуватись та прораховуватись в режимі реального часу з відповідним управлінням фізичними об'єктами.

#### 4) Хмарні технології

Велика кількість даних, які генеруються пов'язаними об'єктами, може опрацьовуватись в хмарі за допомогою відповідних обчислень. Хмарні обчислення — це обчислювальна технологія, яка пропонує високу продуктивність і низьку вартість та при цьому забезпечує спільним використанням ресурсів, динамічним розподілом, гнучким розширенням і численними іншими перевагами. Великий обсяг даних можна завантажити в хмарний обчислювальний центр для зберігання та обчислень, що полегшує виробництво та моделювання систем.

#### 5) Кіберфізичні система (CPS)

У кіберфізичних системах фізичні та програмні компоненти глибоко переплетені, кожен працює на різних просторових і часових масштабах і взаємодіє один з одним безліччю способів, які змінюються з відповідно до обставин. Прогрес у CPS підвищить адаптивність, масштабованість, відмовостійкість, безпеку виробництв, забезпечить безпеку та зручність використання обладнання на рівні, який значно перевищує існуючі виробничі системи.

#### б) Інформаційно-комунікаційні технології (Information and communication technologies – ICT)

Найпоширенішою базовою технологією ICT є організаційна система управління інформацією, також відома як система планування ресурсів підприємства. Ця система допомагає компаніям ефективно керувати своїм бізнесом та об'єднувати нові та класичні процеси промислового виробництва. Основною перешкодою у впровадженні таких технологій є те, що існуюче обладнання погано суміщається з новим через слабку сумісність стандартів зв'язку, методів та швидкості передачі даних. Вирішення цієї проблеми дозволить наблизитись до створення «розумного виробництва».

Сучасні умови формують в Україні середовище, яке характеризується наступними ознаками:

- 1) зменшення енергогенеруючих потужностей і здорожчання вартості електроенергії;
- 2) зменшення кількості роботоздатного населення та погіршення кадрового потенціалу в зв'язку з виїздом частини спеціалістів за кордон і втратами у війні;
- 3) втрата звичних ланцюжків поставок і продажів;
- 4) руйнування підприємств і релокація частини виробництва, перепрофілювання виробництва;
- 5) збільшення державних інвестицій в виробництво озброєння та суміжних технологій;
- 6) поява на території України окремих передових зразків техніки і технологій, які були відсутні на момент початку війни.

На основі вище перерахованого, одним з шляхів розвитку промислового виробництва, є збільшення його гнучкості, мобільності, зменшення енерго- і ресурсомісткості, застосування меншої кількості ручної праці – фактично це ознаки, які відповідають передумовам переходу до етапу «Індустрія 4.0». Ще одним суттєвим фактором є швидкий розвиток декількох технологій, що безпосередньо використовуються в процесах, а саме: системи передачі та захисту даних, в т.ч. відеозображень, системи машинного зору, великі дані та аналітика, Інтернет речей. Частина з цих технологій та їх розвиток безпосередньо пов'язані з війною та розвитком військової техніки, але можуть бути також застосовані у промисловому виробництві. Крім того, у зв'язку з релокацією і втратою частини обладнання підприємствами, вони оновлюють свій технічний парк, що призводить до появи нового обладнання та відповідних технологій. Відтак, в сукупності, це створює передумови для швидкого розвитку промисловості.

Можливими обмежуючими факторами будуть: триваюча війна і спричинені нею людські втрати та руйнації, відсутність доступу до фінансування нових проектів та технологій, розрив або втрата технологічних зв'язків з промислово розвиненими країнами (військова чи політична ізоляція України)

## Висновки

1. На сьогоднішній день в Україні зберігаються перспективи скоротити технологічне відставання від промислово розвинених країн за рахунок державних інвестицій в розвиток військових технологій.
2. В зв'язку зі зменшенням вільної кількості працівників виробництва будуть переходити до вищого ступеня інтеграції технологій та наблизатимуться до стандартів «Індустрії 4.0».
3. Важливу роль відіграватимуть технології, що дозволяють дистанційно управляти виробництвом об'єднуючи різноманітні дані та опрацьовуючи їх в автоматичному режимі.
4. Кількість працівників, що застосовують ручну низькокваліфіковану працю суттєво зменшиться, через зростання витрат на заробітну платню.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Cohen, Yuval & Faccio, Maurizio & Pilati, Francesco & Yao, Xifan / Design and management of digital manufacturing and assembly systems in the Industry 4.0 era // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2019. <https://doi.org/10.1007/s00170-019-04595-0>
2. Alexandre Dolgui, Fabio Sgarbossa & Marco Simonetto / Design and management of assembly systems 4.0: systematic literature review and research agenda // International Journal of Production Research, 2022. 2022, VOL. 60, №1, P. 184–210. DOI: 10.1080/00207543.2021.1990433
3. Moghaddam M, Cadavid M.N., Kenley C.R., Deshmukh A. /Reference architectures for smart manufacturing: a critical review// Manuf Syst, 2018. №49, p.215–225.

***Савуляк Віктор Валерійович*** — к.т.н., доцент, доцент кафедри технології та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [vvs\\_81@vntu.edu.ua](mailto:vvs_81@vntu.edu.ua)

***Savulyak Victor V.*** — Associated Professor, Ph.D., Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [vvs\\_81@vntu.edu.ua](mailto:vvs_81@vntu.edu.ua).