

УДК 004.8: 681.5

*Доценко М.О. студент гр. ПМ-21, к.т.н., доц. Нечай С.О.
КПІ ім. Ігоря Сікорського*

ІНДУСТРІЯ 5.0: АНАЛІЗ ТЕНДЕНЦІЙ ГІПЕРАВТОМАТИЗАЦІЇ ТА КРИТИКА КОНЦЕПЦІЇ ЛЮДИНОЦЕНТРИЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

Анотація. У статті здійснюється критичний аналіз концепції Індустрії 5.0 крізь призму реальних статистичних даних та сучасних тенденцій впровадження штучного інтелекту й робототехніки. Досліджуються причини просування цієї ідеї європейськими інституціями як соціально-політичного інструменту пом'якшення наслідків масової автоматизації. На основі аналізу кількісних показників ефективності «темних фабрик», генеративного дизайну та автономної логістики доводиться, що реальним вектором розвитку є не повернення людини на виробництво, а гіперавтоматизація гнучких виробничих систем. Обґрунтовується необхідність макроекономічної адаптації суспільства до неминучого витіснення людської праці.

Ключові слова: Індустрія 5.0, гіперавтоматизація, темні фабрики, робототехніка, машинне навчання, гнучкі виробничі системи, масова індивідуалізація.

ВСТУП

Сучасний етап розвитку промисловості супроводжується активною дискусією щодо переходу від парадигми Індустрії 4.0 (кіберфізичні системи, IoT) до Індустрії 5.0. Остання позиціонується як «гуманістичне» доповнення попередньої революції, де технології мають адаптуватися до потреб працівника, забезпечуючи синергію між людиною та машиною. Проте глибокий аналіз інвестиційних потоків, швидкості впровадження систем штучного інтелекту (ШІ) та статистики автоматизації змушує поставити під сумнів економічну доцільність та реалістичність цієї концепції. Об'єктивні закони ринку вказують на те, що головним трендом залишається гіперавтоматизація, мета якої – повне виключення людського фактора з виробничого ланцюга.

ОГЛЯД ПОПЕРЕДНІХ РОБІТ

Концепція Індустрії 5.0 була офіційно закріплена Європейською Комісією у 2021 році [1] та базується на трьох принципах: людиноцентричність, стійкість (екологічність) та життєздатність. З політичної точки зору, просування цієї ідеї є інструментом соціального заспокоєння. За даними звіту World Economic Forum (WEF) «The Future of Jobs Report 2023» [2], до 2027 року близько 83 мільйонів робочих місць можуть зникнути через автоматизацію, що створює колосальний тиск на уряди країн світу.

Проте з економічної точки зору концепція «співпраці людини та кобота (колаборативного робота)» програє концепції повністю автономного виробництва. За даними McKinsey & Company [3], впровадження повної автоматизації дозволяє знизити операційні витрати підприємства на 20-30% та підвищити пропускну здатність на 20-50%. У таких умовах штучне збереження робочих місць на виробництві заради «людиноцентричності» призводить до зниження конкурентоспроможності підприємств на глобальному ринку. Метою даної роботи є критичний аналіз концепції Індустрії 5.0 та обґрунтування того, що реальним вектором промислового розвитку є гіперавтоматизація.

МАТЕРІАЛИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Реальну картину розвитку промисловості демонструють статистичні дані Міжнародної федерації робототехніки (IFR) [4]. Згідно зі звітом IFR за 2023 рік,

щорічне встановлення промислових роботів перевищило позначку в 500000 одиниць у всьому світі. Середня глобальна щільність роботизації зросла до 151 робота на 10000 працівників. У країнах-лідерах цей показник набагато вищий: Південна Корея — 1012 роботів, Сінгапур — 730, Німеччина — 415 на 10000 працівників. Ця експоненційна динаміка прямо суперечить ідеї повернення людини в цех.

Автоматизація охоплює не лише фізичну працю, а й інженерну. Впровадження генеративного дизайну (Generative Design) у САПР (наприклад, Autodesk Fusion 360, Siemens NX) [5] дозволяє алгоритмам ШІ скоротити час розробки нових деталей на 30–50% та зменшити масу конструкцій на 20–40% без втрати міцності. Алгоритми здатні за лічені хвилини генерувати сотні варіантів геометрії, автоматично формуючи G-коди для верстатів з ЧПК.

Справжнім вектором розвитку більшості глобальних корпорацій є концепція «темних фабрик» (lights-out manufacturing) — підприємств, що працюють без освітлення та опалення, оскільки людська присутність на них зведена до нуля:

- **Завод FANUC (Японія).** Один із світових лідерів з виробництва ЧПК та робототехніки оперує заводами, де роботи виготовляють інших роботів. Лінії здатні працювати повністю автономно без нагляду людини до 30 діб, випускаючи понад 25000 роботів щомісяця.
- **Смарт-фабрика Xiaomi у Чанпіні (Китай) [6].** Запущена у 2024 році фабрика площею 81 000 кв. м орієнтована на випуск смартфонів. Завдяки системі Hyper Intelligent Manufacturing Platform рівень автоматизації ліній сягає майже 97%. Виробнича потужність складає 10 мільйонів пристроїв на рік (один смартфон кожні 3 секунди). Роль людини тут зведена до дистанційного моніторингу.
- **Аерокосмічне виробництво Relativity Space (США).** Використання гігантських 3D-принтерів Stargate, керованих ШІ, для друку цілих корпусів ракет дозволило скоротити кількість деталей з понад 100000 до менш ніж 1000. Час виробництва ракети скоротився з кількох років до 60 діб, при цьому потреба в ручній збірці практично зникла.

Концепція Індустрії 5.0 часто апелює до потреби в кастомізації продукції, стверджуючи, що лише людина здатна забезпечити гнучкість. Однак сучасні гнучкі виробничі системи (ГВС) під управлінням ШІ вирішують це завдання ефективніше.

Ми можемо розібрати найбільш ймовірний сценарій розвитку Індустрії 5.0. До прикладу: автоматизований ланцюг фабрики індивідуального електротранспорту. Користувач взаємодіє з ШІ-асистентом на сайті виробника, формуючи унікальний запит. Система миттєво генерує 3D-модель та відправляє параметри на «темну фабрику». Гнучкість сучасних роботів-маніпуляторів дозволяє переналаштовувати зварювальні та складальні лінії під унікальні параметри кожного виробу в режимі реального часу. Логістика також інтегрується в кіберфізичну мережу (як на автоматизованих складах Amazon чи Ocado). Виробництво сфокусоване на замовнику, але виключно завдяки тому, що

люди-виробники усунуті з процесу виконання для уникнення помилок та затримок.

Заперечення цих тенденцій є економічно небезпечним. Спроби штучно законсервувати неефективні моделі зайнятості приречені на поразку в умовах глобальної ринкової конкуренції.

Перед суспільством постає не завдання «повернути людину в цех», а завдання глобальної макроекономічної трансформації. Експоненційне зростання продуктивності праці вимагатиме впровадження нових моделей розподілу благ. Вивільнений людський інтелектуальний капітал необхідно буде перенаправити у сфери фундаментальної науки та глобальних проєктів та ін. Це одна з глобальних проблем, яку людству необхідно вирішити в найближчому майбутньому.

ВИСНОВКИ

Проведений аналіз статистичних даних та сучасних виробничих кейсів дозволяє зробити висновок, що Індустрія 5.0 виглядає соціально-політичним конструктом, який не відображає реальних економічних та технологічних трендів. Реальністю є гіперавтоматизація та масове розгортання «темних фабрик», де гнучкість та масова індивідуалізація забезпечуються симбіозом ІІІ та робототехніки без участі людини. Замість стримування технологічного прогресу ілюзіями «людиноцентричного виробництва», науковій спільноті та урядам варто зосередитися на розробці макроекономічних моделей адаптації суспільства до умов повного витіснення людини з виробничої сфери.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] European Commission. Industry 5.0: Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2021. 42 p. URL: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/468a892a-5097-11eb-b59f-01aa75ed71a1>
- [2] World Economic Forum. The Future of Jobs Report 2023. Geneva, 2023. 296 p. URL: <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2023>
- [3] mainstreaming of additive manufacturing and hyperautomation in modern supply chains. 2022. URL: <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/the-mainstreaming-of-additive-manufacturing-and-hyperautomation> (дата звернення: 10.05.2024).
- [4] International Federation of Robotics (IFR). World Robotics 2023 Report: Industrial Robots. Frankfurt am Main, 2023. URL: <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/world-robotics-2023-report-asia-ahead-of-europe-and-the-americas>
- [5] Siemens Digital Industries Software. Generative Design for Manufacturing: Reducing Cost and Time to Market. White Paper, 2023. URL: <https://plm.sw.siemens.com/en-US/nx/products/generative-design/>
- [6] PLC DCS Pro. Xiaomi's New Dark Factory: A Paradigm Shift in Industrial Automation, 2024. URL: <https://www.plcdcspro.com/blogs/news/xiaomi-s-new-dark-factory-a-paradigm-shift-in-industrial-automation> [0]

Наук. керівник – к.т.н. Нечай С. О.