© О. С. Дюбанов

Отримано: 29 травня 2026 р.
Прорецензовано: 01 червня 2026 р.
Прийнято до друку: 03 червня 2026 р.
Дата публікації: 24 червня 2026 р.
email: dyubanov@gmail.com
ORCID-ідентифікатор: https://orcid.org/0009-0001-0781-2437
DOI: http://doi.org/10.25264/2311-5149-2026-41(69)-392-396

Дюбанов О. С. Фреймворк автоматизації виробничих систем в концепції Industry 5.0. *Наукові записки Національного університету «Острозька академія» : серія «Економіка».* Острог : Вид-во НаУОА, червень 2026. № 41(69). С. 392–396.

УДК: 658.51:681.5:004.94
JEL-класифікація: L23, O33, M11

Дюбанов Олексій Сергійович,
кандидат економічних наук, доцент
Східноукраїнського національного університету імені В. Даля

ФРЕЙМВОРК АВТОМАТИЗАЦІЇ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ В КОНЦЕПЦІЇ INDUSTRY 5.0

У статті проведено аналіз та запропоновано фреймворк побудови та автоматизації гнучких виробничих систем відповідно до концепції Industry 5.0, яка враховує глибоке використання сучасних інформаційних технологій, штучного інтелекту, інтеграції з обладнанням в рамках концепції Інтернету речей, та ставить людину, її знання та стратегію керування підприємством в центр системи. Запропонований фреймворк складається з 8 основних блоків (що виробляємо, з чого виробляємо, як виробляємо, де виробляємо, хто виробляє, як зберігаємо, як збуваємо, що заробляємо), поєднаних логічними зв'язками, та є відображенням реальних комплексних процесів побудови сучасних виробничих систем.
Ключові слова: *фреймворк, автоматизація, виробнича система, Industry 5.0.*

Oleksii Diubanov,
PhD, Associate Professor, Volodymyr Dahl East Ukrainian National University

FRAMEWORK OF AUTOMATION OF PRODUCTION SYSTEMS IN THE INDUSTRY 5.0 CONCEPT

This article analyzes and proposes a comprehensive framework for building and automating flexible production systems in accordance with the Industry 5.0 paradigm. This approach integrates modern information technologies, artificial intelligence, and hardware connections within the Internet of Things (IoT) environment, while positioning human capital, personnel knowledge, and strategic management at the core of the system. The proposed framework comprises eight logically interconnected main blocks–product types, raw materials, manufacturing methods, facility locations, personnel, warehousing, sales channels, and financial returns–reflecting complex real-world processes of modern industrial construction.

The maximum efficiency of this automation framework is observed when aligning technological and business layers. Technologically, this is achieved through the deep integration of equipment, sensors, scanners, and barcode printers utilizing API protocols. At the business level, it entails modeling and automating organizational business processes in BPMN 2.0 notation via specialized enterprise software, including ERP, CRM, or MES systems. Furthermore, incorporating bottleneck identification allows managers to plan automated systems to achieve a rapid economic effect and accelerate return on investment (ROI).

The framework was empirically tested by the author across various manufacturing enterprises producing pipes, furniture, cosmetics, flooring, doors, and industrial equipment. The Creatio platform served as the foundational NoCode software architecture, providing enterprises with all necessary tools for process modeling in BPMN 2.0 notation.
Keywords: *framework, automation, production system, Industry 5.0.*

Постановка проблеми. В складних умовах невизначеності для виробничих компаній в Україні, а також погіршення макро- та мікро-клімату в Україні та світі, питання автоматизації виробничих систем та їх масштабування задля підтримки та підвищення конкурентоспроможності, як основи економіки України [1], потребує глибокого дослідження, актуалізації шляхів та методів автоматизації, використання сучасних підходів, математичних моделей та методів, а також інформаційних технологій в рамках адаптації до концепції Industry 4.0 та Industry 5.0, що є запорукою стабільного сталого розвитку [4, 5]. Такі виклики сучасності ставлять перед виробниками завдання автоматизації процесів керування виробничими процесами в режимі реального часу, що передбачає створення єдиного інформаційного простору підприємства, який зв'язує воєдино технологічний і бізнес рівні управління підприємством, вирішуючи при цьому безліч найважливіших для виробничого підприємства завдань.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Істотний внесок у розвиток теоретичних і методологічних основ розробки кібер-фізичних автоматизованих виробничих систем внесли M. Anwar, B. Bagheri,

R. Edward, H. Elhoone, C. Herrmann, M. Huth, J. Jehn-Ruey, H. Kao, J. Lee, R. Nicolescu, M. Pipan, M. Rasman, D. De Roure, M. Šimic, S. Thiede, T. Wagner, H. Zhang, T. Zhang та вітчизняні вчені О. Є. Варшавський, Д. Ю. Васечко, С. Ю. Глазьєв, В. В. Євсєєв, Г. М. Жолткевич, А. А. Жученко, Г. В. Крамарєв, А. П. Ладанюк, В. П. Лисенко, І. Ш. Невлюдов, С. І. Осадчий, Я. І. Проць, О. С. Сухарєв, В. Є. Хаустова, В. І. Хаханов, М. М. Якубовський та ін.

Мета і завдання дослідження. Метою статті є зниження термінів впровадження кібер-фізичних автоматизованих виробничих систем, що призводить до зменшення витрат виробничих систем, та досягається шляхом застосування запропонованого фреймворку автоматизації виробничих систем для впроваджень на практиці, із адаптацією його до концепції Industry 5.0. Відповідно, основні завдання дослідження полягають у виділенні основних чинників, що впливають на автоматизацію виробничих систем, оптимальній послідовності впровадження блоків виробничих систем відповідно до концепції Industry 5.0, та розробці рекомендацій для досягнення найбільшого економічного ефекту, а також зниженню витрат та термінів впровадження. Це дозволить розвинути методологічну базу для вивчення чинників, що сприяють або заважають розвитку виробничих систем в Україні, та надати реальні практичні рекомендації.

Виклад основного матеріалу. Управління виробничими системами та бізнес-процесами таких систем задля сталого розвитку та масштабування потребує побудови комплексної системи взаємопов'язаних блоків управління підприємством, автоматизованих за допомогою сучасних інформаційних технологій та врахування особливостей взаємодії між цими функційними блоками із врахуванням засад концепції Industry 5.0 [4], в основі якої, окрім сучасних інформаційних технологій та математичного апарату, центральною фігурою є людина та взаємодія людини з кібер-фізичною системою [2]. Сучасна практика зазвичай базується на автоматизації виробничих систем за допомогою якогось одного класу систем (ERP-систем, MES-систем, WMS-систем або CRM-систем), але такий підхід не враховує всі складові автоматизації виробничої системи та не дозволяє отримати дійсно цілісну стабільно функціонуючу систему [3].

Авторський фреймворк автоматизації виробничих систем поєднує різні підходи та цілісно поєднує всі функціональні блоки діяльності виробничих систем, що забезпечує сталий розвиток в рамках концепції Industry 5.0 та безперервність функціонування бізнес-процесів виробничих компаній. Задачею фреймворку є спрощення побудови автоматизованих виробничих систем, цілісне бачення всіх бізнес-процесів, що супроводжують діяльність таких систем, та легкість практичного використання методики підприємствами.

Перший блок фреймворку **«01 Що виробляємо»** поєднує всі елементи автоматизації, які стосуються продукції, яку виробляє виробнича система:

– номенклатура продукції (масове виробництво, індивідуальне виробництво, виробництво під замовника, комбіноване виробництво);

– технологічні карти та їх автоматичний розрахунок;

– процеси розробки нових продуктів.

Другий блок має назву **«02 З чого виробляємо»** та поєднує всі елементи, які стосуються сировини та матеріалів, їх обліку та оптимального використання. До цього блоку відносяться:

– облік сировини;

– облік витратних матеріалів;

– облік відходів від виробництва;

– технологічні карти та автоматичний розрахунок сировини для виробництва продукції на їх основі;

– процеси закупівлі сировини та моделі управління запасами;

– партійний облік по закупівлям.

Третій блок фреймворку **«03 Як виробляємо»** поєднує бізнес-процеси та технологічні процеси створення продукції:

– етапи виробництва продукції, що забезпечує універсальність використання запропонованого підходу для будь-яких виробництв;

– виробничі завдання як базові одиничні елементи діяльності у виробничій системі;

– виробничі замовлення як базу для планування завантаження обладнання та оптимізації самого процесу виробництва;

– врахування відходів від виробництва (як таких, що підлягають переробці, так і непереробляваних);

– контроль якості виробленої продукції.

Четвертий блок **«04 Де виробляємо»** стосується обладнання та автоматизації виробничих ліній, на яких виробляється готова продукція:

– облік обладнання та його параметрів для забезпечення оптимального функціонування підприємства;

– поєднання обладнання у виробничі лінії, які забезпечують цілісність та безперервність процесу;

– інтеграція обладнання з програмним забезпеченням для мінімізації людського фактору та зменшення кількості «ручної» праці по збору даних (IoT);

– система динамічного планування та перепланування виробничих завдань та завантаженості обладнання;

– планове та позапланове обслуговування обладнання, забезпечення максимального коефіцієнту корисної дії обладнання.

П'ятий блок **«05 Хто виробляє»** присвячено людині та її ролі у виробничій системі, як центральному елементу концепції Industry 5.0:

– управління співробітниками та їх кар'єрою;

– облік виробничих змін та оптимальна побудова команд;

– облік та управління фондом оплати праці, автоматична калькуляція витрат на фонд оплати праці при виробництві продукції;

– табелювання та грейди при розрахунках заробітної плати.

Шостий блок **«06 Як зберігаємо»** відповідає за всі процеси роботи зі складами та бізнес-процесами взаємодії співробітників для забезпечення зберігання сировини, матеріалів та готової продукції:

– склади та їх облік;

– переміщення сировини, матеріалів та готової продукції між складами та цехами виробництва продукції;

– управління запасами та моделі управління запасами;

– партійний облік виробленої продукції;

– WMS-системи та коміркове зберігання товарів і сировини на складах;

– інтеграція складів з системами керування та керування параметрами спеціального зберігання (температура, вологість й інше).

Сьомий блок **«07 Як збуваємо»** присвячено CRM-складовій функціонування виробничої системи та включає наступні елементи:

– управління продажами, збутом, дистрибуцією в залежності від моделі, прийнятої на підприємстві;

– управління логістичними процесами (власна логістика, аутсорсингові логістичні послуги тощо);

– взаємодія системи збуту з кабінетами самообслуговування клієнтів, ботами та іншими інструментами, які дозволяють зменшити залежність від кадрів;

– управління документообігом та договірними процесами.

Восьмий блок **«08 Що заробляємо»** є аналітичним ядром фреймворку та всієї автоматизованої виробничої системи й включає наступні елементи:

– автоматизований розрахунок виробничої та операційної собівартості продукції на основі основних складових (вартість сировини та матеріалів, фонд оплати праці, амортизація обладнання, витрати на електроенергію, вартість відходів від виробництва, накладні витрати й інше);

– аналітика та система дашбордів для керування всією виробничою системою та підсистемами;

– система інформування дієвих осіб виробництва про стан та бізнес-процеси виробничої системи (сповіщення при відхиленнях, фіксація обсягів виробленої продукції, AI-агенти для глибокого аналізу);

– система планування виробництва в цілому, система KPI для кожної ділянки процесу;

– інтеграція всієї автоматизованої системи управління виробництвом з обліковою системою (бухгалтерський та податковий облік);

– облік загальних витрат підприємства;

– інше.

Цілісно запропонований фреймворк автоматизації виробничих систем можна навести у вигляді схеми (рис. 1). Як видно з загальної схеми фреймворку, він простою мовою пояснює взаємодію всіх блоків, що робить його простим та легким для практичного використання виробничими підприємствами. Основні зв'язки між блоками відповідають реальному процесу виробництва продукції та відповідають процесу створення цінності виробничої системи. Також вся система автоматизації виробничої системи наскрізно пов'язується різноманітними процесами, системами аналізу даних та предиктивного прогнозування, побудованими на основі нейронних мереж та AI-агентів, як сучасного елементу використання штучного інтелекту.

Найбільший ефект від використання запропонованого фреймворку автоматизації виробничих систем спостерігається саме при поєднанні технологічного та бізнесового рівнів побудови системи, що досягається на технологічному рівні за допомогою глибокого використання інтеграції з обладнанням, датчиками, сканерами та принтерами штрихкодів за допомогою API-протоколів, а на бізнесовому рівні – за допо-

могою опису та автоматизації бізнес-процесів підприємства в нотації BPMN 2.0 на базі спеціалізованого програмного забезпечення автоматизації підприємства (ERP, CRM або MES-системи).

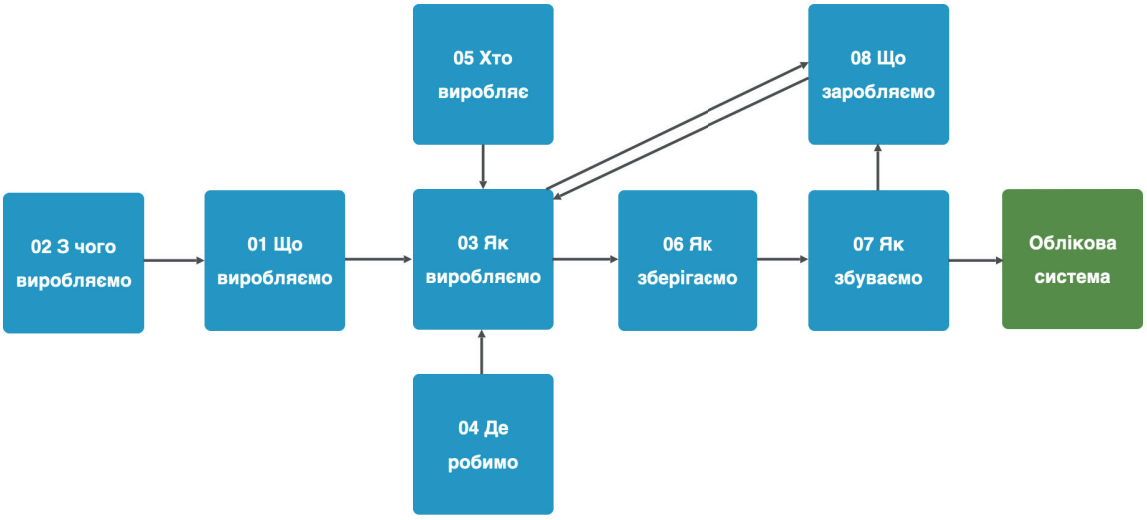


Рис. 1. Структурна модель фреймворку автоматизації виробничих систем

Джерело: авторська розробка.

Оптимальна послідовність впровадження блоків на основі запропонованого фреймворку автоматизації виробничих систем залежить від конкретного підприємства та стану його готовності до автоматизації на момент початку такого процесу. Найбільший ефект від впровадження досягається при врахуванні концепції пошуку «вузького горлишка» (bottle neck), що дозволяє спланувати процес побудови автоматизованої виробничої системи з досягненням «швидкого» економічного ефекту та окупності інвестицій на впровадження. Найчастіше використовуються два основні підходи до процесу автоматизації – прямий та зворотній.

Прямий підхід полягає в тому, що автоматизація відбувається в логічній послідовності від сировини та матеріалів до збуту готової продукції відповідно до потоку створення цінності, та виглядає наступним чином:

1 етап – блоки 1–5 («01 Що виробляємо», «02 З чого виробляємо», «03 Як виробляємо», «04 Де виробляємо», «05 Хто виробляє»). Цей етап повністю покриває безпосередній процес виробництва, технологічні карти та процеси, а також обладнання та співробітників, що дозволяє знизити витрати та пришвидшити процес виробництва;

2 етап – блок 6 («06 Як зберігаємо»). Це, по суті, автоматизація роботи складів (WMS-частина автоматизації), яка у зв'язці з першими п'ятьма блоками дозволяє ще пришвидшити процеси, скоротити витрати, а також зменшити кількість помилок та оптимізувати роботу з оборотними коштами на підприємстві;

3 етап – блоки 7–8 («07 Як збуваємо», «06 Що заробляємо») та інтеграція з обліковою системою. Результатом даного етапу є тісна інтеграція CRM-функцій та аналітики, за рахунок чого досягається цілісність процесу виробництва, зберігання та відвантаження продукції кінцевому клієнту.

Зворотній підхід має на меті побудувати процес автоматизації таким чином, щоб максимально використати вже наявні функціональні блоки шляхом отримання «швидкого» економічного ефекту (у будь-якого підприємства зазвичай вже є облікова система, а також частково автоматизовані продажі на базі облікової системи), і саме від них будується процес:

1 етап – блоки 7–8 («07 Як збуваємо», «06 Що заробляємо») та інтеграція з обліковою системою. Це дуже розповсюджений шлях автоматизації, який полягає у впровадженні CRM-системи для роботи з клієнтами та інтеграції її з обліковою системою, в якій вже є вся номенклатура, ціни, залишки.

2 етап – блок 6 («06 Як зберігаємо»). В даному підході це дозволяє суттєво пришвидшити відвантаження готової продукції в процесах продажів (наприклад, за рахунок коміркового обліку, або впровадження роботи зі сканерами штрих-кодів), зробити залишки «прозорими» для продажів та отримати більше порядку в процесах.

3 етап – блоки 1–5 («01 Що виробляємо», «02 З чого виробляємо», «03 Як виробляємо», «04 Де виробляємо», «05 Хто виробляє»). Коли автоматизовані облік, продажі, робота зі складами, то природньо виникає певний «вакуум» між швидкістю неавтоматизованого виробництва та швидкістю автоматизованого збуту

і автоматизація процесів виробництва в певному сенсі дозволяє «підтягнути» обсяги виробництва до потенціалу їх збуту.

Обидва підходи можуть ефективно використовуватись при автоматизації в залежності від багатьох факторів роботи виробничих підприємств, а також від специфіки конкретної галузі виробництва, що більш детально буде розглянуто автором в окремих статтях.

Також варто зазначити, що при частковій автоматизації виробничих систем (ERP, MES, WMS, CRM – частини), очікуваний економічний ефект від впровадження суттєво зменшується і залишає багато ручної роботи для співробітників та керівників підприємства. Саме комплексний підхід дає змогу отримати гнучку автоматизовану систему управління виробничою системою, яка дозволяє збирати інформацію, аналізувати, керувати та приймати рішення на основі зібраних даних в єдиній цілісній інформаційній системі.

Запропонований фреймворк було апробовано автором на підприємствах з виробництва промислових товарів, таких як виробництво труб, меблів, косметики, покриття для підлоги, протезного обладнання, дверей, промислового обладнання тощо, а також на підприємствах харчової промисловості. В якості базового програмного забезпечення для побудови системи автоматизації виробничих систем було використано платформу Creatio, яка забезпечує підприємства всіма необхідними інструментами побудови бізнес-процесів в нотації BPMN 2.0 та іншими сучасними NoCode-інструментами. В усіх випадках було досягнуто мети та цілей впроваджень, а реальний економічний ефект та швидкість окупності інвестицій перевищували розрахункові показники.

Висновки. Запропонований фреймворк автоматизації виробничих систем пропонує новий, простий, зрозумілий для практичного використання підхід до побудови автоматизованих виробництв, що поєднує технологічний та бізнесовий рівні та відповідає концепції Industry 5.0. В статті наведено функціональні блоки та їх складові, а також чинники отримання реального економічного ефекту від використання запропонованого фреймворку. Напрямками подальших досліджень автора є обґрунтування підходів та концептуальних методів автоматизації виробничих систем в залежності від специфіки галузі виробництва, а також внутрішніх та зовнішніх факторів та чинників. Окремо потребує подальших досліджень питання розрахунку окупності інвестицій при впровадженні автоматизованих систем керування виробничими системами.

Література:

1. Хаустова, В. Є., Крамарев, Г. В., Зінченко, В. А. (2019). Інноваційно-технологічне забезпечення модернізації пріоритетних галузей промисловості України. *Економіка. Економіка Промисловості, Бізнесінформ*, 3, 218-228. DOI: 10.32983/2222-4459-2019-3-218- 228

Khaustova, V. YE., Kramarev, H. V., Zinchenko, V. A. (2019). Innovatsiyno-tekhnolohichne zabezpechennya modernizatsiyi priorytetnykh haluzey promyslovosti Ukrayiny [Innovative and technological support for the modernization of priority industries of Ukraine]. *Ekonomika. Ekonomika Promyslovosti, Biznesinform* [Economics. Economics of Industry, Businessinform], 3, 218-228. DOI: 10.32983/2222-4459-2019-3-218- 228[in Ukrainian].

2. Nevliudov, I., Yevsieiev, V., Omarov, M., Bronnikov, A., Liashenko, V. (2020). Method of Algorithms for Cyber-Physical Production Systems Functioning Synthesis. *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research (IJETER),* 8 (10), 7465–7473. DOI:10.30534/ijeter/2020/ 1278102020.

3. Yevsieiev, V. (2018). Visual objects interaction mathematical presentation to solve the problem of software design automation for computer information systems of technological production preparation. *Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: «Обчислювальна техніка та автоматизація»*, 1(31), 24–31. https://doi.org/10.31474/2075-4272-2018-1-31-24-31

4. Ривак, Н.О. (2022). Індустрія 5.0: перехід до стійкої та орієнтованої на людину промисловості. *Економіка та управління національним господарством*, 155(3), 41-46. DOI: 10.36818/2071-4653-2022-3-7

Ryvak, N.O. (2022). Industriya 5.0: perekhid do stiykoyi ta oriyentovanoyi na lyudynu promyslovosti [Industry 5.0: Transition to Sustainable and Human-Centered Industry]. *Ekonomika ta upravlinnya natsionalnym hospodarstvom* [Economics and National Economy Management], 155(3), 41-46. DOI: 10.36818/2071-4653-2022-3-7 [in Ukrainian].

5. Невлюдов, І.Ш., Євсєєв, В.В., Максимова, С.С. (2026). *Industry 5.0 та колаборативна робототехніка: динамічний опис навколишнього середовища роботів-маніпуляторів з використанням мови Python:* монографія. Харків : Видавництво Іванченка І. С., 279.

Nevlyudov, I.SH., Yevsyeyev, V.V., Maksymova, C.C. (2026). Industry 5.0 ta kolaboratyvna robototekhnika: dynamichnyy opys navkolyshnoho seredovyshcha robotiv-manipulyatoriv z vykorystannyam movy Python: monohrafiya [Industry 5.0 and collaborative robotics: dynamic description of the environment of robot manipulators using Python language: monograph]. Kharkiv: Vydavnytstvo Ivanchenka I. S., 279. [in Ukrainian].