

УДК 658.5:004.931:331.101

JEL M10, M11, O33

DOI: 10.32782/2786-8273/2025-11-1

Аберніхіна І.Г.

кандидат економічних наук, доцент,
доцент кафедри управління фінансами,
облікової аналітики та моніторингу бізнесу,
Навчально-науковий інститут «Дніпровський металургійний інститут»
Українського державного університету науки та технологій
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0692-1276>

Iryna Abernikhina

SEI Dnipro Metallurgical Institute
Ukrainian State University of Science and Technologies

ІНДУСТРІАЛЬНИЙ КОНСТРУКТИВІЗМ ЯК МЕТОДОЛОГІЧНА ОСНОВА ТРАНСФОРМАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ УКЛАДІВ І СУЧАСНИХ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ У КОНТЕКСТІ INDUSTRY 4.0–5.0

INDUSTRIAL CONSTRUCTIVISM AS A METHODOLOGICAL BASIS FOR THE TRANSFORMATION OF TECHNOLOGICAL PARADIGMS AND MODERN PRODUCTION SYSTEMS IN THE CONTEXT OF INDUSTRY 4.0–5.0

Анотація. У статті досліджено еволюцію технологічних укладів і виробничих парадигм від Industry 1.0 до сучасного когнітивно-соціального укладу, а також роль індустріального конструктивізму у формуванні сучасних виробничих систем. Проаналізовано ключові трансформації виробництва: від механізації та електрифікації до цифровізації, автоматизації, інтеграції кіберфізичних систем, штучного інтелекту та когнітивних технологій. Розглянуто концепції Industry 4.0 та Industry 5.0 як прояви н'ятого та шостого технологічних укладів, що орієнтовані на гнучкість, адаптивність і людиноцентричність виробничих систем. Запропоновано авторську модель інтеграції технологій і соціальних факторів у управлінському середовищі. Модель може бути використана для прогнозування тенденцій розвитку індустріальних систем та оптимізації управлінських практик у сучасній економіці.

Ключові слова: технологічні уклади, Industry 4.0, Industry 5.0, індустріальний конструктивізм, людиноцентричне виробництво, цифровізація, когнітивні технології, адаптивні системи.

Abstract. Introduction. The evolution of industrial paradigms from Industry 1.0 to cognitive-social configurations presents challenges for modern management and technological integration. Linear models of mechanization, electrification, and automation are no longer sufficient to meet the demands of digitalized and human-centered production. The convergence of cyber-physical systems, artificial intelligence, and cognitive technologies requires a holistic framework addressing both technical infrastructures and social dimensions of enterprise management. **Purpose.** This study conceptualizes an integrative model uniting technological and social aspects of industrial systems, emphasizing adaptability, resilience, and human-centered production. It argues that constructivist principles – rationalization, functional optimization, modularity, humanization, and management aesthetics – can serve as methodological foundations for designing flexible and cognitively adaptive structures. **Methods.** The research employs a qualitative-analytical approach including comparative analysis of industrial paradigms, systematization of management principles, and synthesis of constructivist perspectives. A model-based methodology maps interactions among digital technologies, AI-driven systems, cyber-physical infrastructures, and human operators, highlighting feedback loops and adaptive mechanisms. Visual and conceptual modeling techniques illustrate systemic integration and interdependencies. **Results.** Findings show that Industry 4.0 and 5.0 paradigms prioritize flexibility, real-time adaptability, and human-centered innovation. The proposed constructivist model demonstrates how technological components – automation, AI, and networked infrastructures – can be harmonized with social factors such as decision-making, ergonomics, and collaborative practices. The model reveals reciprocal reinforcement between digital and cognitive-social subsystems, enabling enterprises to achieve higher efficiency, resilience, and innovation. **Conclusion.** Constructivist integration of technology and social dimensions provides a critical pathway for building adaptive, sustainable, and human-centered production systems. The model serves as a practical framework for anticipating industrial trends, optimizing managerial practices, and supporting strategic decision-making. Its adoption enhances organizational resilience, fosters human-centric innovation, and strengthens competitiveness of modern enterprises.

Keywords: industrial paradigms, Industry 4.0, Industry 5.0, constructivism, human-centered production, digital transformation, cognitive technologies, adaptive systems.

Постановка проблеми. Сучасна промисловість переживає глибокі трансформації завдяки технологіям Industry 4.0 та перспективам Industry 5.0. Технологічні уклади визначають організаційні й технологічні основи виробництва, а виробничі трансформації забезпечують

адаптацію підприємств до цифровізації та автоматизації. Концепт індустріального конструктивізму допомагає системно пояснювати взаємодію технологічних і соціальних чинників у виробництві, що робить його особливо актуальним для сучасних досліджень.

Додаткової ваги проблемі надає зростання потреби у гнучких управлінських моделях, здатних інтегрувати інноваційні технології з людиноцентричними підходами. Це вимагає не лише впровадження цифрових інструментів і автоматизації, а й формування нових принципів організації праці, корпоративної культури та стратегічного управління. У такому контексті індустріальний конструктивізм виступає як методологічна основа для пояснення й конструювання виробничих систем, де поєднуються технологічна ефективність, соціальна стійкість та естетика управління.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останні дослідження акцентують увагу на розвитку людиноцентричних виробничих систем та соціальної сталості. Зокрема, роботи Adel A. [1], Barata J., Kayser I. [2], Gamberini L., Pluchino P. [5] демонструють потенціал інтеграції когнітивних технологій і адаптивних систем у виробничі процеси, підкреслюючи роль персоналізації та залучення працівників до прийняття рішень. Проте малим і середнім підприємствам бракує ресурсів і цифрової готовності для впровадження таких моделей, а економічна ефективність переходу до Industry 5.0 та його вплив на корпоративну культуру залишаються недостатньо вивченими.

У технологічному вимірі дослідження Ghobakhloo M. et al. [3], Jiménez Rios A. et al. [7], Maddikunta P. K. R. et al. [8], Hassan M. A. et al. [11], Bazel M. A. et al. [12], Valette E., El-Haouzi H. B., Demesure G. [14] аналізують роль IoT, CPS, AI та цифрових платформ у створенні адаптивних виробничих систем. Ключовими характеристиками Industry 5.0 визначаються гнучкість, когнітивність і співпраця людини з машиною. Однак відсутні кейси впровадження цих технологій у пострадянських чи українських підприємствах, а також обмежено висвітлені ризики безпеки та етичні аспекти використання AI й IoT.

У контексті цифрової трансформації праці Kans M., Campos J. [9], Yaqub M. Z., Alsabban A. [15], Kryshchal H. et al. [13], Балаклеєць Ю., Родченко В. Б. [16] підкреслюють значення цифрових інструментів для перебудови бізнес-процесів і операційних моделей. Industry 4.0 трактується як фундамент переходу до Industry 5.0 завдяки автоматизації та аналітиці. Вод-

ночас бракує методик оцінки економічного ефекту та готовності підприємств до таких трансформацій, а інтеграція когнітивних і адаптивних систем у стратегії цифровізації досліджена фрагментарно.

Особливий акцент робиться на комерціалізації інновацій, що розглядається у працях Сагер Л. Ю. [17], Балаклеєць Ю., Родченко В. Б. [16]. Дослідники окреслюють механізми трансформації бізнес-процесів у межах Industry 4.0, проте залишаються невирішеними питання інтеграції інновацій у людиноцентричні системи, міжгалузевих трансформацій та впливу на регіональні промислові екосистеми. Соціальні та когнітивні аспекти персоналу при комерціалізації інновацій також досліджені недостатньо.

Отже, у науковій літературі простежується низка проблем, пов'язаних із переходом до Industry 5.0 та індустріального конструктивізму: обмежена інтеграція когнітивних технологій у бізнес-практику, відсутність комплексних методик оцінки ефективності, нерозкритість ризиків і соціально-етичних аспектів, а також нестача кейсів для малих і середніх підприємств. Ці напрями становлять перспективне поле для подальших досліджень і прикладних розробок.

Метою статті є аналіз технологічних укладів і виробничих трансформацій через призму індустріального конструктивізму та сучасних тенденцій Industry 4.0 / 5.0.

Виклад основного матеріалу дослідження. Розвиток світової економіки відбувається через послідовну зміну технологічних укладів, які визначають рівень розвитку продуктивних сил та форми організації виробництва. Кожен уклад ґрунтується на домінуванні певних базових технологій, що формують нові способи виробництва, управління й споживання – від парової машини до інформаційних технологій і штучного інтелекту. В таблиці 1 проведена систематизація відповідності технологічних укладів і індустріальних укладів.

У п'ятому та шостому укладах відбувається радикальна цифровізація, інтеграція кіберфізичних систем, автоматизація процесів і становлення людиноцентричної виробничої парадигми, що знайшла відображення у концепціях Industry 4.0 та Industry 5.0.

Таблиця 1

Відповідності технологічних і індустріальних укладів (Industry X.0)

Технологічний уклад	Період	Ключові технології	Відповідний індустріальний уклад	Ключові риси Industry X.0
1-й	XIX ст. (1780–1830)	Механізація, парові машини	Industry 1.0	Механізація виробництва, парові двигуни
2-й	XIX–XX ст. (1870–1910)	Електрифікація, конвеєр	Industry 2.0	Масове виробництво, електричні двигуни
3-й	XX ст. (1960–1980)	Автоматизація, комп'ютери	Industry 3.0	Автоматизація процесів, програмовані логічні контролери
4-й	XX–XXI ст. (1980–2000-ті)	ІТ, телекомунікації, цифровізація	Industry 4.0	Кіберфізичні системи, IoT, цифрові фабрики, «розумні» виробничі процеси
5-й	XXI ст. (2000–2010-ті)	Big Data, початок AI, роботизація	Частково Industry 4.0	Інтеграція цифрових технологій у виробництво, аналітика даних
6-й	XXI ст. (сучасність)	Штучний інтелект, когнітивні технології, нанотехнології, біотехнології, зелені технології	Industry 5.0	Людина в центрі виробництва, когнітивна взаємодія людини і машини, гнучкі та адаптивні системи, естетично-гуманістичний підхід

Джерело: сформовано автором на основі [4; 12, 16]

Індустріальний конструктивізм, сформований у ХХ ст. на перетині мистецтва, архітектури, інженерії та економіки, пропонує методологію організації виробничого простору. Його принципи – функціоналізм, раціоналізм, технологічність і системність – забезпечують підпорядкування форми практичній функції, оптимізацію ресурсів та естетику управління. У сучасних умовах конструктивізм дозволяє трактувати виробництво як соціотехнічну систему, де дизайн, організація та технології формують цілісність.

Industry 4.0 репрезентує перехід до «розумних фабрик», де ключову роль відіграють CPS, IoT, AI, великі дані й робототехніка [9]. Тут принципи конструктивізму набувають нового змісту: раціоналізм реалізується через цифрове моделювання, функціоналізм – у модульності виробництва, технологічність – у стандартизації цифрових платформ.

На відміну від цього етапу, Industry 5.0 акцентує на інтеграції людини у виробничі процеси. Його ознаками є людиноцентричність, сталий розвиток та співпраця з AI, що відповідає шостому укладу, де поряд із цифровими набувають значення біо-, еко- та когнітивні технології [1, 5]. У цьому контексті конструктивізм отримує гуманістичний вимір: естетика управління доповнює раціональність, а виробництво постає простором співтворчості людини й технологій.

Отже, аналіз укладів і виробничих трансформацій засвідчує, що індустріальний конструктивізм є методологічним каркасом переходу від Industry 4.0 до Industry 5.0 [1–8]. Уклади виступають історико-економічною рамкою, конструктивізм – методологічною основою, а сучасні індустріальні концепції – практичними проявами трансформацій. Такий підхід пояснює структурні зміни економіки та слугує підґрунтям для прогнозування наступних технологічних етапів.

Інтеграція цих підходів дозволяє сформувати узагальнену концептуальну модель, де уклади – це історико-економічна рамка, конструктивізм – методологічна основа, а Industry 4.0/5.0 – практичні прояви виробничих трансформацій (рис. 1). Така система

пояснює не лише минулі та сучасні зміни, а й може бути використана для прогнозування тенденцій наступних технологічних етапів.

Конструктивізм сформувався у 1910–1920-х роках як мистецький і архітектурний напрям, орієнтований на поєднання естетики й утилітарності. Він виник на основі авангардних течій, що відкидали декоративність і тяжіли до раціоналізму та технологічної простоти. В архітектурі це означало створення функціонально виправданих споруд із використанням індустріальних матеріалів. Згодом принципи конструктивізму поширилися на інженерію, промисловий дизайн та організацію виробництва.

У промисловості конструктивізм проявився у стандартизації виробів, оптимізації виробничих ліній і розвитку масового доступного виробництва. Естетичні засади поступово трансформувалися в організаційно-економічні принципи, що визначали раціональну побудову фабрик та підприємств. Таким чином, конструктивізм став інтеграційним чинником культурних інновацій та економіки, заклали підґрунтя для сучасного розуміння виробничих трансформацій.

Індустріальний конструктивізм базується на п'яти ключових принципах (табл. 2):

- раціоналізм – логічна організація процесів, мінімізація витрат, оптимальне використання ресурсів;
- функціоналізм – пріоритет функції над формою, утилітарність рішень;
- технологічність – здатність до масштабування й інтеграції з інноваціями, гнучкість виробництва;
- гуманізм – орієнтація на людину, її потреби та взаємодію з технологіями, баланс технічного й соціального;
- естетика управління – поєднання ефективності з гармонійністю організації, урахування економічної, соціальної й культурної доцільності.

Усі п'ять ключових принципів індустріального конструктивізму проявляються в усіх індустріальних укладах, проте їхній ступінь впливу та охоплення змінюються залежно від рівня технологічного розвитку та соціально-організаційних умов кожного укладу. Це



Рис. 1. Концептуальна модель взаємозв'язку укладів, конструктивізму та Industry 4.0/5.0

Джерело: розроблено автором

Таблиця 2

Еволюції виробничих і управлінських принципів у контексті технологічних укладів 1.0–6.0

Принцип / Уклад	1.0 (Механізація)	2.0 (Електрифікація)	3.0 (Автоматизація)	4.0 (Industry 4.0)	5.0 (Industry 5.0)	6.0 (Сучасний когнітивно- соціальний уклад)
Рационалізація	Рационалізація праці через машини, фабрична дисципліна.	Масове виробництво, конвеєр, стандартизація.	Системна оптимізація через електроніку й комп'ютери.	Аналітика Big Data, алгоритмічна ефективність	Рационалізація через баланс ефективності й сталого розвитку.	Рационалізація через когнітивну взаємодію людей і технологій, гнучкі адаптивні процеси та сталий розвиток.
Функціональність / Модульність	Стандартизовані деталі машин.	Блокова організація виробництва (лінії, цехи).	Модульність у технологіях і управлінні.	Гнучкі цифрові платформи, кіберфізичні системи.	Людиноцентричні моделі, інтеграція модулів технологій і суспільних інститутів.	Інтеграція когнітивних технологій, AI та соціальних платформ; модульність у глобальних мережах і системах управління.
Технологічність	Використання простих механічних інструментів і машин для підвищення продуктивності.	Масове застосування електричних двигунів і механізованих систем для збільшення обсягів виробництва.	Впровадження автоматизованих і програмованих систем, контроль технологічних процесів через комп'ютери.	Інтеграція кіберфізичних систем, цифрових платформ, сенсорів і аналітики для оптимізації процесів.	Орієнтація на адаптивні, людиноцентричні технології з інтеграцією штучного інтелекту, стійких та екологічно безпечних рішень.	Використання когнітивних систем, AI, роботизованих платформ і екологічно оптимізованих рішень для гнучких і самонавчальних виробничих процесів.
Гуманізація	Праця знеособлена, умови важкі.	Зародження соціальних механізмів (профспілки, охорона праці).	Зменшення фізичних навантажень завдяки автоматизації.	Акцент на ергономіці та співпраці людини з машиною.	Людина в центрі: індивідуалізація, відповідальність, гуманістичні цінності.	Когнітивна взаємодія, персоналізація процесів, інтеграція етичних, соціальних та екологічних цінностей; людина і технології співворюють продуктивне середовище.
Естетика управління	Ієрархія й дисципліна як «жорсткий порядок».	Функціональна організація виробництва, «індустріальний стиль».	Системна гармонізація управління, алгоритмізація процесів.	Інтелектуальний дизайн управлінських структур, візуалізація даних.	Гармонія технологій, суспільства та природи; естетика сталого розвитку.	Гармонія когнітивних, технологічних і соціальних систем; дизайн управління на основі адаптивності, стійкості та естетики інтеграції людини і технологій.

Джерело: сформовано автором на основі [2; 7, 10, 12]

демонструє поступову еволюцію виробничих і управлінських практик від механізації до синтезу технологій і соціальних елементів у сучасних системах.

У сучасних умовах індустріальний конструктивізм трансформується з мистецької концепції у методологічний підхід, придатний для аналізу та моделювання виробничих систем. Його принципи дозволяють описати структуру й логіку функціонування підприємства як цілісної системи, де взаємодіють технічні, організаційні та соціальні елементи. Як методологія, він забезпечує системний підхід до проектування виробництва: від архітектури технологічних процесів до організації управління персоналом і створення гармонійного середовища праці.

Industry 4.0 уособлює четверту промислову революцію, що базується на інтеграції цифрових та фізичних процесів у єдиний виробничий простір. Її визначальними рисами є застосування кіберфізичних систем, Інтернету речей, великих даних та аналітики, які забезпечують функціонування «розумних» виробничих комплексів. Автоматизація й роботизація виступають основою під-

вищення продуктивності, оптимізації витрат і зростання гнучкості виробництва.

Розвиток концепції Industry 4.0 привів до появи цифрових фабрик, які характеризуються високим рівнем автоматизації та інтеграції технологічних ланцюгів. Ключовим інструментом таких трансформацій є цифрові двійники, що дозволяють моделювати виробничі процеси без ризику матеріальних втрат. Важливим наслідком є перехід від масового стандартизованого виробництва до масової кастомізації, орієнтованої на індивідуалізовані потреби споживача.

Цифрові фабрики поєднують виробництво, логістику, управління постачаннями та сервіс в єдиній інформаційній системі, що підвищує прозорість і керованість процесів. Це формує основу для інтелектуально керованих систем, здатних самостійно налаштовувати параметри роботи й оперативно реагувати на зміни середовища. Таким чином, традиційні моделі організації виробництва поступаються місцем адаптивним і самоорганізованим системам.

У контексті індустріального конструктивізму реалізація Industry 4.0 відображає нове втілення його ключових принципів. Раціоналізм виявляється у використанні алгоритмічного аналізу даних і прогнозного моделювання для оптимізації бізнес-процесів. Функціоналізм реалізується через модульність виробничих ліній, що забезпечують швидке переналаштування під потреби ринку.

Нарешті, естетика управління та технологічність проявляються у цифровому дизайні й моделюванні, які гармонізують технічні, організаційні та соціальні аспекти виробництва. У такий спосіб конструктивістські принципи набувають сучасного звучання й формують методологічне підґрунтя для розвитку інноваційних, гнучких і конкурентоспроможних підприємств у межах Industry 4.0 та майбутніх трансформацій Industry 5.0.

Трансформаційні прояви конструктивізму в умовах сучасного виробництва систематизовано в таблиці 3.

Сучасне виробництво виходить за межі суто технологічної чи економічної орієнтації та формує нову парадигму, у центрі якої перебуває людина. Людиноцентричність, стійкий розвиток та кооперація зі штучним інтелектом визначають наступний етап індустріальних трансформацій. Технологічні системи проєктуються з урахуванням ергономічного комфорту, психологічної безпеки та продуктивності оператора, а виробничі процеси набувають соціальної та екологічної відповідальності. Співпраця людини і штучного інтелекту створює нову організацію праці: алгоритми виконують рутинні завдання, тоді як працівник зосереджується на творчих і стратегічних аспектах. У результаті виробництво трансформується у соціально орієнтовану систему, де технології служать людині. Практичним проявом цього стають колаборативні роботи, інтелектуальні системи планування та цифрові платформи підтримки працівників.

У цьому контексті індустріальний конструктивізм відіграє важливу роль у формуванні гуманістичної моделі виробництва. Його принципи функціоналізму, раціоналізації та модульності сприяють створенню гнучких процесів і безпечного середовища праці, водночас забезпечуючи баланс між ефективністю та потребами людини. Конструктивістська логіка організації

простору підвищує ергономіку й знижує монотонність праці, а естетичні аспекти інтегрують технології як елементи гармонізації виробничого середовища. Це реалізується у вигляді ергономічного дизайну обладнання, модульних фабрик і систем оптимізації робочих місць.

Трансформація управлінських підходів природно витікає з цих тенденцій. Управління виробництвом набуває рис співтворчості, де людина і технологія діють як партнери. Машина виконують рутинні операції, звільняючи простір для творчості, а виробничі процеси стають середовищем розвитку людського потенціалу та інноваційних експериментів. У центрі опиняється менеджмент знань і компетенцій, що забезпечує здатність адаптуватися до нових умов. Системи зворотного зв'язку на цифрових платформах дозволяють оцінювати не лише ефективність, а й якість та естетику процесів. Практично це реалізується через інтерактивні виробничі системи, симуляції, цифрових двійників і залучення працівників до спільного проєктування.

Отже, нова парадигма виробництва (таблиця 4) постає як поєднання людиноцентричності, сталого розвитку, інтеграції інтелектуальних технологій та конструктивістських принципів, що виводить індустріальні системи на рівень гуманістично орієнтованої естетики співтворчості.

Еволюція виробництва відбувалася через послідовну зміну технологічних та соціально-економічних укладів, які визначали характер індустріального розвитку. Механізація та парові машини започаткували масове виробництво, електрифікація й конвеєрні технології забезпечили масштабування процесів, а автоматизація та комп'ютеризація радикально змінили організацію праці та управління.

Сучасний етап – Industry 4.0 – ґрунтується на інтеграції кіберфізичних систем, Інтернету речей, великих даних та штучного інтелекту, орієнтуючись водночас на людиноцентричність, гнучкість і стійкість виробничих систем. Перехід між укладами свідчить, що технології розвиваються у взаємодії з управлінськими практиками, соціальними й екологічними викликами та потребою підвищення ефективності.

У цьому контексті індустріальний конструктивізм виступає методологічною основою пояснення законо-

Таблиця 3

Трансформаційні прояви конструктивізму в умовах сучасного виробництва та Industry 4.0

Характеристики Industry 4.0	Виробничі трансформації	Відображення принципів конструктивізму
Кіберфізичні системи (CPS) – інтеграція фізичних процесів із цифровими системами.	Впровадження розумних фабрик, де машини й пристрої автономно обмінюються даними.	Функціоналізм – технологічна доцільність понад естетику, форма підпорядкована функції; Раціоналізація процесів.
Інтернет речей (IoT) – взаємодія сенсорів, пристроїв та систем у реальному часі.	Моніторинг виробничих ліній, передбачувана технічна підтримка та оптимізація ресурсів.	Модульність – системи та процеси організовані як гнучкі, взаємозамінні блоки; Принцип адаптації.
Big Data та аналітика – збір та обробка великих обсягів даних для прийняття рішень.	Прогнозування попиту, оптимізація логістики та виробничих процесів.	Раціоналізм – аналіз і впорядкування даних для ефективного управління; Конструктивна системність.
Автоматизація та роботизація – автономні машини, роботи та алгоритми.	Підвищення продуктивності, зниження людського втручання у рутинні процеси.	Функціональна естетика – дизайн систем з огляду на ефективність та продуктивність; Принцип спрощення.
Цифровий дизайн та моделювання – цифрові двійники, симуляції процесів.	Тестування і оптимізація виробничих процесів без зупинки реального виробництва.	Конструктивне моделювання – проєктування процесів і об'єктів як цілих, функціональних систем; Раціоналізація взаємодій.

Джерело: сформовано автором на основі [13; 15–17]

Таблиця 4

Парадигмальні зміни управління сучасним виробництвом під впливом індустріального конструктивізму

Парадигма	Вплив індустріального конструктивізму	Трансформація управлінських підходів	Практичні прояви
Людиноцентричність, стійкий розвиток і кооперація з ІІІ	Формує систему, де технології підпорядковані потребам людини; забезпечує ергономіку, безпеку та адаптивність виробничих процесів	Перехід від механістичного управління до колаборації людини і ІІІ; включення етичних і соціальних критеріїв у управлінські рішення	Колаборативні роботи (cobots), інтелектуальні платформи підтримки рішень, цифрові двійники
Гуманістична модель виробництва	Рационалізація і модульність процесів; дизайн робочих місць та обладнання з урахуванням потреб людини; поєднання ефективності та естетики	Акцент на залученні працівника у творчий процес; інтеграція технологій у повсякденну діяльність; підтримка адаптивності і гнучкості	Ергономічні робочі місця, відкриті модульні фабрики, системи управління знаннями
Співтворчість людини і технологій (естетика управління)	Створює структури і процеси, які підкреслюють творчий внесок людини, ефективність і гармонію системи	Від автоматизації до інтерактивного менеджменту; підвищення ролі компетенцій, знань і креативності	Інтерактивні виробничі системи, co-design процесів, симуляції, гейміфікація виробничих завдань

Джерело: сформовано автором на основі [1–8; 13]

мірностей трансформацій, їх структурної організації та взаємодії елементів. Він поєднує принципи функціоналізму (підпорядкованість технологій ефективності та потребам користувача), раціоналізації (впорядкування процедур і стандартів) та модульності (гнучка адаптація до нових викликів).

Важливим доповненням стають естетика й гуманізація, що формують баланс між продуктивністю та комфортом, орієнтуючи виробництво на людину як центральну цінність. Таким чином, конструктивізм дозволяє інтегрувати технологічні, управлінські та соціальні аспекти у єдину концептуальну систему.

На цій основі створено авторську модель інтеграції технологій і соціальних елементів (рис. 2), яка демонструє взаємозв'язок між технологічними можливос-

тями, управлінськими практиками та гуманістичними критеріями. Її центральна ідея полягає у гармонізації технологічних рішень і соціальних аспектів організації для формування адаптивного та ефективного управлінського середовища.

Технологічний рівень охоплює цифрові рішення, автоматизацію, штучний інтелект, кіберфізичні системи, IoT та Big Data, які підвищують продуктивність і гнучкість процесів. Соціальний рівень включає людський фактор, культурні аспекти, мотивацію та кооперацію, спрямовані на розвиток когнітивних навичок і ефективну взаємодію. Методи інтеграції передбачають цифрові платформи, роботизацію, модульність та стандартизовані моделі управління, що поєднують технології з соціальними чинниками.



Рис. 2. Модель інтеграції технологій і соціальних факторів у управлінському середовищі

Джерело: розроблено автором

Таким чином, запропонована модель демонструє, що ефективна трансформація управління можлива лише за одночасного врахування технологічних і соціальних чинників. Вона поєднує автоматизацію й цифровізацію з гуманістично-естетичним підходом, формуючи цілісне, адаптивне та людиноцентричне виробництво.

Висновки. Логіка розвитку сучасних виробничих систем ґрунтується на інтеграції технологічних і соціальних елементів, які формують єдину архітектоніку промислового середовища. Виробничі трансформації виходять за межі технічних новацій і розглядаються як поєднання економічних інновацій із соціальними практиками, культурними орієнтирами та гуманістичними цінностями. У цьому контексті конструктивістський підхід виконує методологічну функцію, упорядковуючи взаємодію між технічними рішеннями та потребами людини й забезпечуючи гармонізацію виробничого простору.

Конструктивізм надає виробництву гнучкості та адаптивності завдяки принципам функціоналізму, раціоналізації та модульності. Це дозволяє створювати динамічні структури, здатні швидко реагувати на технологічні й соціально-економічні зміни. Модуль-

ність сприяє інтеграції нових технологій без руйнування базових систем, тоді як раціоналізація підтримує логіку й системність організації.

Важливим є поєднання функціональної ефективності з гуманістичними та естетичними вимірами. Сучасне виробництво має забезпечувати не лише продуктивність, але й безпеку, комфорт та психологічне благополуччя працівників. Організація процесів повинна відображати економічну доцільність поряд із культурною значущістю та соціальною відповідальністю.

Таким чином, інтеграція технологій і соціальних елементів через конструктивістський підхід формує нову парадигму виробництва, що поєднує інноваційність та людяність. Це трансформує промислові системи у гнучкі й культурно орієнтовані структури, здатні генерувати економічну ефективність і водночас підтримувати сталість розвитку та суспільні цінності. Перспективним напрямом досліджень є розробка моделей адаптивної організаційної структури та оптимізація процесів шляхом інтеграції кіберфізичних систем і цифрового дизайну, що посилить когнітивну взаємодію й ефективність управління.

Бібліографічний список:

1. Adel A. Future of industry 5.0 in society: human-centric solutions, challenges and prospective research areas. *Journal of Cloud Computing*. 2022. Vol. 11, no. 1. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13677-022-00314-5> (дата звернення: 19.09.2025).
2. Barata J., Kayser I. Industry 5.0 – Past, Present, and Near Future. *Procedia Computer Science*. 2023. Vol. 219, pp. 778–788. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.01.351> (дата звернення: 19.09.2025).
3. Behind the definition of Industry 5.0: a systematic review of technologies, principles, components, and values / M. Ghobakhloo et al. *Journal of Industrial and Production Engineering*. 2023. Vol. 40, no. 6, pp. 432–447. DOI: <https://doi.org/10.1080/21681015.2023.2216701> (дата звернення: 19.09.2025).
4. From Industry 4.0 to Industry 5.0: A Human-Centered Approach. Magnum Systems Inc. URL: https://magnumsystems.com/2025/07/from-industry-4-0-to-industry-5-0-a-human-centered-approach/?utm_source (дата звернення: 19.09.2025).
5. Gamberini L., Pluchino P. Industry 5.0: A comprehensive insight into the future of work, social sustainability, sustainable development, and career. *Australian Journal of Career Development*. 2024. Vol. 33, no. 1, pp. 5–14. DOI: <https://doi.org/10.1177/10384162241231118> (дата звернення: 19.09.2025).
6. Industry 5.0 as seen through its academic literature: an investigation using co-word analysis / A. Rejeb et al. *Discover Sustainability*. 2025. Vol. 6, no. 1. DOI: <https://doi.org/10.1007/s43621-025-01166-0> (дата звернення: 19.09.2025).
7. Industry 5.0 concepts and enabling technologies, towards an enhanced conservation practice: systematic literature review protocol / A. Jiménez Rios et al. *Open Research Europe*. 2024. Vol. 4, pp. 75. DOI: <https://doi.org/10.12688/openreseurope.17505.1> (дата звернення: 19.09.2025).
8. Industry 5.0: A survey on enabling technologies and potential applications / P. K. R. Maddikunta et al. *Journal of Industrial Information Integration*. 2021. Vol. 26. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jii.2021.100257> (дата звернення: 19.09.2025).
9. Kans M., Campos J. Digital capabilities driving industry 4.0 and 5.0 transformation: Insights from an interview study in the maintenance domain. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*. 2024. Vol. 10, no. 4. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2024.100384> (дата звернення: 19.09.2025).
10. Prospective directions of scientific and practical activity : collective monograph / Compiled by V. Shpak; Chairman of the Editorial Board S. Tabachnikov. Sherman Oaks, California : GS Publishing Services, 2023. 403 p. DOI: <http://dx.doi.org/10.51587/9798-9866-95921-2023-011>
11. Systematic Analysis of Risks in Industry 5.0 Architecture / M. A. Hassan et al. *Applied Sciences*. 2024. Vol. 14, no. 4. DOI: <https://doi.org/10.3390/app14041466> (дата звернення: 19.09.2025).
12. The Era of Industry 5.0: An Overview of Technologies, Applications, and Challenges / M. A. Bazel et al. *IRICT*. 2024. Vol. 211, pp. 274–284. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-59707-7_24 (дата звернення: 19.09.2025).
13. The impact of Industry 4.0 on the digital transformation of manufacturing enterprises in Ukraine / H. Kryshchal et al. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2023. no. 2. pp. 149–153. DOI: <https://doi.org/10.33271/nvngu/2023-2/149> (дата звернення: 19.09.2025).
14. Valette E., El-Haouzi H. B., Demesure G. Industry 5.0 and its technologies: A systematic literature review upon the human place into IoT- and CPS-based industrial systems. *Computers & Industrial Engineering*. 2023. Vol. 184. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2023.109426> (дата звернення: 19.09.2025).
15. Yaqub M. Z., Alsabban A. Industry-4.0-Enabled Digital Transformation: Prospects, Instruments, Challenges, and Implications for Business Strategies. *Sustainability*. 2023. Vol. 15, no. 11. DOI: <https://doi.org/10.3390/su15118553> (дата звернення: 19.09.2025).
16. Балаклеєць Ю., Родченко В. Б. Чинники трансформації бізнес-процесів в розвитку індустрії 4.0. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»*. Серія «Проблеми економіки та управління». 2024. Т. 8, № 2. С. 153–170. DOI: <https://doi.org/10.23939/semi2024.02>. (дата звернення: 19.09.2025).
17. Комерціалізація інновацій в умовах Індустрії 4.0 : монографія / за заг. ред. канд. екон. наук, доц. Л. Ю. Сагеп. Суми : Сумський державний університет, 2023. 385 с. С. 279–285. URL: <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/93474> (дата звернення: 19.09.2025).

References:

1. Adel A. (2022). Future of industry 5.0 in society: Human-centric solutions, challenges and prospective research areas. *Journal of Cloud Computing*, Vol. 11, no (1). DOI: <https://doi.org/10.1186/s13677-022-00314-5> (accessed September 19, 2025).
2. Barata J. & Kayser I. (2023). Industry 5.0 – Past, present, and near future. *Procedia Computer Science*, Vol. 219, pp. 778–788. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.01.351> (accessed September 19, 2025).
3. Ghobakhloo M., et al. (2023) Behind the definition of Industry 5.0: A systematic review of technologies, principles, components, and values. *Journal of Industrial and Production Engineering*, Vol. 40, no. 6, pp. 432–447. DOI: <https://doi.org/10.1080/21681015.2023.2216701> (accessed September 19, 2025).
4. From Industry 4.0 to Industry 5.0: A Human-Centered Approach (2025, July). *Magnum Systems Inc.* Available at: https://magnumsystems.com/2025/07/from-industry-4-0-to-industry-5-0-a-human-centered-approach/?utm_source (accessed September 19, 2025).
5. Gamberini L., & Pluchino P. (2024). Industry 5.0: A comprehensive insight into the future of work, social sustainability, sustainable development, and career. *Australian Journal of Career Development*, Vol. 33, no. 1, pp. 5–14. DOI: <https://doi.org/10.1177/10384162241231118> (accessed September 19, 2025).
6. Industry 5.0 as seen through its academic literature: An investigation using co-word analysis. (2025). / Rejeb A., et al. *Discover Sustainability*, Vol. 6. DOI: <https://doi.org/10.1007/s43621-025-01166-0> (accessed September 19, 2025).
7. Jiménez Rios A. et al. (2024) Industry 5.0 concepts and enabling technologies, towards an enhanced conservation practice: Systematic literature review protocol. *Open Research Europe*, Vol. 4, pp. 75. DOI: <https://doi.org/10.12688/openreseurope.17505.1> (accessed September 19, 2025).
8. Maddikunta P. K. R., et al. (2021) Industry 5.0: A survey on enabling technologies and potential applications. *Journal of Industrial Information Integration*, Vol. 26. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jii.2021.100257> (accessed September 19, 2025).
9. Kans M., & Campos J. (2024). Digital capabilities driving industry 4.0 and 5.0 transformation: Insights from an interview study in the maintenance domain. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, Vol. 10, no. 4. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2024.100384> (accessed September 19, 2025).
10. Shpak V. (2023) *Prospective directions of scientific and practical activity*: Collective monograph / Tabachnikov S. (Ed.). Sherman Oaks, CA: GS Publishing Services. 403 p. DOI: <http://dx.doi.org/10.51587/9798-9866-95921-2023-011>
11. Systematic analysis of risks in Industry 5.0 architecture (2024). / Hassan M. A. et al. *Applied Sciences*. Vol. 14, no. 4. DOI: <https://doi.org/10.3390/app14041466> (accessed September 19, 2025).
12. Bazel M. A., et al. (2024) The era of Industry 5.0: An overview of technologies, applications, and challenges. *IRICT*, 211, pp. 274–284. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-59707-7_24 (accessed September 19, 2025).
13. Kryshchal H., et al. (2023) The impact of Industry 4.0 on the digital transformation of manufacturing enterprises in Ukraine. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, no. 2, pp. 149–153. DOI: <https://doi.org/10.33271/nvngu/2023-2/149> (accessed September 19, 2025).
14. Valette E., El-Haouzi H. B., & Demesure G. (2023). Industry 5.0 and its technologies: A systematic literature review upon the human place into IoT- and CPS-based industrial systems. *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 184. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2023.109426> (accessed September 19, 2025).
15. Yaqub M. Z. & Alsabban A. (2023). Industry-4.0-enabled digital transformation: Prospects, instruments, challenges, and implications for business strategies. *Sustainability*, Vol. 15, no. 11. DOI: <https://doi.org/10.3390/su15118553> (accessed September 19, 2025).
16. Balakleiets Yu., & Rodchenko V. B. (2024). Chynnyky transformatsii biznes-protseviv v rozvytku industrii 4.0 [Factors of business process transformation in Industry 4.0 development]. *Visnyk Natsionalnoho Universytetu "Lvivska Politehnika". Seriya "Problemy ekonomiky ta upravlinnia"*, Vol. 8, no. 2. pp. 153–170. DOI: <https://doi.org/10.23939/semi2024.02>. (accessed September 19, 2025).
17. Sager L. Yu. (Ed.). (2023) *Komertsializatsiia innovatsii v umovakh Industrii 4.0: Monohrafiia* [Commercialization of innovations under Industry 4.0: Monograph]. Sumy: Sumskyi derzhavnyi universytet. 385 p. pp. 279–285. Available at: <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/93474> (accessed September 19, 2025) (in Ukrainian).

Стаття надійшла: 29.09.2025

Стаття прийнята: 17.10.2025

Стаття опублікована: 21.12.2025