

ІННОВАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ ПРІОРИТЕТНИХ ГАЛУЗЕЙ ПРОМИСЛОВОСТІ УКРАЇНИ

©2019 ХАУСТОВА В. Є., КРАМАРЕВ Г. В., ЗІНЧЕНКО В. А.

УДК 658.589.006
JEL: O14; O32; L52; L60

Хаустова В. Є., Крамарев Г. В., Зінченко В. А. Інноваційно-технологічне забезпечення модернізації пріоритетних галузей промисловості України

Статтю присвячено обґрунтуванню інноваційно-технологічного забезпечення модернізації пріоритетних галузей промисловості України. Визначено, що технічний прогрес є одним із основних факторів довгострокового зростання. Доведено, що одним із його базових чинників є стабільне функціонування промислового комплексу. Визначено, що тенденції розвитку та структурні зміни промислового комплексу України не відповідають тим, що сформувалися у провідних країнах світу, що обумовлює необхідність обґрунтування напрямів модернізації пріоритетних галузей промисловості країни та інноваційно-технологічного забезпечення цих процесів. Визначено, що для характеристики концепцій технологічно-інноваційного розвитку використовуються різні дефініції, серед яких однією з найбільш доведених є «Індустрія 4.0». Проаналізовано тлумачення поняття «Індустрія 4.0» в науковій літературі та практиці, запропоновано розуміти його як розвиток і злиття автоматизованого виробництва, обміну даних і виробничих технологій в єдину саморегульовану систему, з найменшим або взагалі відсутнім втручанням людини у виробничий процес. Розглянуто розробки, які складають основи концепції «Індустрія 4.0» та складові її фундаменту. Запропоновано виділяти такі принципи концепції «Індустрія 4.0»: діджиталізація, кастомізація, інтелектуалізація, автоматизація, кіберфізика, мініатюризація. Визначено, що кожен із принципів реалізується через певні технології; сформовано інформаційно-технологічну платформу концепції «Індустрія 4.0», основу якої становлять дві інтеграційні системи: кіберфізична та промисловий Інтернет речей. Розглянуто відмінні риси традиційного промислового підприємства і виробництва в рамках концепції «Індустрія 4.0».

Ключові слова: інноваційно-технологічне забезпечення, модернізація, промисловість, структурні зміни, концепція «Індустрія 4.0», принципи, інформаційно-технологічна платформа, кіберфізична система, промисловий Інтернет речей.

DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2019-3-218-228>

Рис.: 4. **Табл.:** 5. **Бібл.:** 33.

Хаустова Вікторія Євгенівна – доктор економічних наук, професор, завідувачка сектора промислової політики та інноваційного розвитку, Науково-дослідний центр індустріальних проблем розвитку НАН України (пров. Інженерний, 1а, 2 пов., Харків, 61166, Україна)

E-mail: v.khaust@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5895-9287>

Researcher ID: <http://www.researcherid.com/Q-9045-2016>

SPIN: <http://elibrary.ru/3860-8086>

Крамарев Геннадій Віталійович – кандидат економічних наук, здобувач Науково-дослідного центру індустріальних проблем розвитку НАН України (пров. Інженерний, 1а, 2 пов., Харків, 61166, Україна)

E-mail: kramarev@ukrngi.com

Зінченко Володимир Анатолійович – доктор економічних наук, старший науковий співробітник Науково-дослідного центру індустріальних проблем розвитку НАН України (пров. Інженерний, 1а, 2 пов., Харків, 61166, Україна)

УДК 658.589.006
JEL: O14; O32; L52; L60

Хаустова В. Е., Крамарев Г. В., Зинченко В. А.

Инновационно-технологическое обеспечение модернизации приоритетных отраслей промышленности Украины

Статья посвящена обоснованию инновационно-технологического обеспечения модернизации приоритетных отраслей промышленности Украины. Определено, что технический прогресс является одним из основных факторов долгосрочного роста. Доказано, что одним из его базовых факторов является стабильное функционирование промышленного комплекса. Определено, что тенденции развития и структурные изменения промышленного комплекса Украины не соответствуют тем, которые сформировались в ведущих странах мира, что обуславливает необходимость обоснования направлений модернизации приоритетных отраслей промышленности страны и инновационно-технологического обеспечения этих процессов. Выявлено, что для характеристики концепций технологически инновационного развития используются различные дефиниции, среди которых одной из наиболее обоснованных является «Индустрия 4.0». Проанализированы толкования понятия «Индустрия 4.0» в научной литературе и практике, предложено трактовать его как развитие и слияние автоматизированного производства, обмена данными и производственных технологий в единую саморегулирующуюся систему, с наименьшим либо вообще отсутствующим вмешательством человека в производственный процесс. Рассмотрены разработки, составляющие основу концепции «Индустрия 4.0» и составляющие её фундамента. Пред-

UDK 658.589.006
JEL: O14; O32; L52; L60

Khaustova V. Y., Kramarev H. V., Zinchenko V. A.

The Innovation-Technological Provision for Modernization of the Priority Branches of Industry of Ukraine

The article is concerned with substantiating the innovation-technological provision for modernization of the priority branches of industry of Ukraine. It is defined that technological progress is one of the main factors of long-term growth. It is proved that one of its basic factors is the stable functioning of the industrial complex. It is defined that tendencies of development and structural changes of industrial complex of Ukraine do not correspond to those which are formed in the leading world countries that necessitates substantiation of directions of modernization of the priority branches of the country's industry and the innovation-technological provision for these processes. It is identified that different definitions are used to characterize conceptions of the technologically innovative development, among which the «Industry 4.0» appears one of the most reasonable. Interpretations of the concept of «Industry 4.0» in the scientific literature and practice are analyzed, it is suggested to interpret it as the development and merging of automated production, data exchange and production technologies into a single self-regulating system, with or even without the minimal human intervention in the production process. The elaborations, constituting the basis of the conception of «Industry 4.0» together with components of its foundation are considered. It is proposed

ложено выделять такие принципы концепции «Индустрия 4.0»: диджитализация, кастомизация, интеллектуализация, автоматизация, киберфизикация, миниатюризация. Определено, что каждый из принципов реализуется через определенные технологии; сформирована информационно-технологическая платформа концепции «Индустрия 4.0», основу которой составляют две интеграционные системы: киберфизическая и промышленный Интернет вещей. Рассмотрены отличительные черты традиционного промышленного предприятия и производства в рамках концепции «Индустрия 4.0».

Ключевые слова: инновационно-технологическое обеспечение, модернизация, промышленность, структурные изменения, концепция «Индустрия 4.0», принципы, информационно-технологическая платформа, киберфизическая система, промышленный Интернет вещей.

Рис.: 4. **Табл.:** 5. **Библ.:** 33.

Хаустова Виктория Евгеньевна – доктор экономических наук, профессор, заведующая сектором промышленной политики и инновационного развития, Научно-исследовательский центр индустриальных проблем развития НАН Украины (пер. Инженерный, 1а, 2 эт., Харьков, 61166, Украина) **E-mail:** v.khaust@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5895-9287>

Researcher ID: <http://www.researcherid.com/Q-9045-2016>

SPIN: <http://elibrary.ru/3860-8086>

Крамарев Геннадий Витальевич – кандидат экономических наук, соискатель Научно-исследовательского центра индустриальных проблем развития НАН Украины (пер. Инженерный, 1а, 2 эт., Харьков, 61166, Украина) **E-mail:** kramarev@ukrngi.com

Зинченко Владимир Анатольевич – доктор экономических наук, старший научный сотрудник Научно-исследовательского центра индустриальных проблем развития НАН Украины (пер. Инженерный, 1а, 2 эт., Харьков, 61166, Украина)

to allocate the following principles of the conception of «Industry 4.0»: digitalization, customization, intellectualization, automation, cyber-physicalization, miniaturization. It is defined that each of the principles is implemented through certain technologies; the information technology platform of the conception of «Industry 4.0» is formed, the basis of which are two integration systems: cyber-physical system and the industrial Internet of things. The distinguishing features of the traditional industrial enterprise and production within the framework of the conception of «Industry 4.0» are considered.

Keywords: innovation-technological provision, modernization, industry, structural changes, conception of «Industry 4.0», principles, information-technological platform, cyber-physical system, industrial Internet of things.

Fig.: 4. **Tabl.:** 5. **Bibl.:** 33.

Khaustova Viktoriia Ye. – Doctor of Sciences (Economics), Professor, Head of the Sector of Industrial Policy and Innovative Development, Research Centre of Industrial Problems of Development of NAS of Ukraine (2 floor 1a Inzhenernyi Ln., Kharkiv, 61166, Ukraine)

E-mail: v.khaust@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5895-9287>

Researcher ID: <http://www.researcherid.com/Q-9045-2016>

SPIN: <http://elibrary.ru/3860-8086>

Kramarev Hennadii V. – Candidate of Sciences (Economics), Applicant of the Research Centre of Industrial Problems of Development of NAS of Ukraine (2 floor 1a Inzhenernyi Ln., Kharkiv, 61166, Ukraine)

E-mail: kramarev@ukrngi.com

Zinchenko Volodymyr A. – Doctor of Sciences (Economics), Senior Research Fellow of the Research Centre of Industrial Problems of Development of NAS of Ukraine (2 floor 1a Inzhenernyi Ln., Kharkiv, 61166, Ukraine)

Технічний прогрес є одним із основних факторів довгострокового зростання. За оцінками фахівців, у майбутнє десятиліття революційні інновації, такі як мобільний Інтернет, Інтернет речей і «хмарні» обчислення, з великою ймовірністю докорінно змінять процеси виробництва та стануть запорукою підвищення якості життя людей. Технічний прогрес тісно взаємопов'язаний з інноваційними процесами та індустріалізацією, що все разом становить основу забезпечення сталого розвитку країн світу.

Одним із базових чинників технічного прогресу, а також соціально-економічного розвитку країни та якості життя її населення є стабільне функціонування промислового комплексу. При цьому необхідно відзначити, що процесам розвитку промислових комплексів країн світу притаманні нерівномірність, періодичні зміни структур під впливом внутрішніх і зовнішніх чинників. Так, у процесі структурних змін промисловості країн світу, і перш за все тих, що досягли вагомих успіхів в економічному розвитку, спостерігається зростання питомої ваги високотехнологічних видів промислової діяльності в обсягах випуску промислової продукції [1; 2]. Промисловий комплекс України також зазнає структурних змін, проте, як показали дослідження, ці тенденції не відповідають тим, що сформувалися у провідних країнах світу [1–3].

За цих умов особливої важливості набуває визначення напрямів модернізації пріоритетних галузей промисловості країни та обґрунтування інноваційно-технологічного забезпечення цих процесів.

Проблематика технологічного розвитку та модернізації промисловості завжди була в центрі уваги науковців та практиків. А в умовах поширення глобалізаційних процесів вона отримала ще більшої актуальності. Питанням технологічного розвитку промисловості та окремим аспектам її інноваційно-технологічного забезпечення присвячено дослідження багатьох вітчизняних і зарубіжних науковців, таких як: Бажал Ю. М., Бужимська К. О., Варшавський О. Є., Васечко Д. Ю., Геєць В. М., Глазьев С. Ю., Грущинська Н. М., Кизим М. О., Кіндзерський Ю. В., Сухарев О. С., Якубовський М. М. та ін. [1–15]. Проте, як зазначалося вище, широке коло завдань у межах зазначеної проблематики не отримали вирішення та потребують подальших досліджень.

Метою статті є обґрунтування інноваційно-технологічного забезпечення модернізації пріоритетних галузей промисловості України.

На сьогоднішній день у науковій літературі та практиці господарювання використовуються різні дефініції для характеристики концепцій технологічно-інноваційного розвитку як промисловості країни в цілому, так і окремих її галузей. Серед подібних дефініцій необхідно виділити таку, як «Індустрія 4.0».

Ініціаторами концепції «Індустрія 4.0» були німецькі бізнесмени, політики та вчені, які визначили її як засіб підвищення конкурентоспроможності обробної промисловості країни.

Незважаючи на те, що термін «Індустрія 4.0» не так давно увійшов у наше життя, існує цілий ряд різних його тлумачень. У США та англослов'янському світі як синонім терміна «Індустрія 4.0» інколи вживають терміни «Інтернет речей» («Internet of Things»), «Інтернет усього» («Internet of Everything»), «Промисловий Інтернет» («Industrial Internet»).

Тлумачення поняття «Індустрія 4.0» у науковій літературі та практичній діяльності наведено в *табл. 1*.

Ґрунтуючись на контент-аналізі наведених вище визначень, пропонується під поняттям «Індустрія 4.0» розуміти розвиток і злиття автоматизованого виробництва, обміну даних і виробничих технологій в єдину саморегульовану систему, з найменшим або взагалі відсутнім втручанням людини у виробничий процес.

Основні принципи концепції «Індустрія 4.0» представлено на *рис. 1*.

Як видно з *рис. 1*, виділяються шість основних принципів концепції «Індустрія 4.0»:

- ✦ *інтероперабельність*, яка означає здатність кіберфізичних систем, людей і смарт-заводів до підключення та спілкування один з одним;
- ✦ *віртуалізація*, сутність якої полягає у створенні віртуальної копії смарт-заводу через об'єднання даних багатьох датчиків з віртуальними моделями заводу та імітаційними моделями;
- ✦ *децентралізація*, яка у відповідності до існуючого трактування цього принципу також означає прийняття рішень самостійно тільки не людиною, а й кіберфізичними системами;
- ✦ *модульність*, яка полягає у гнучкому пристосуванні смарт-заводів до мінливих вимог шляхом заміни або розширення окремих модулів;

Таблиця 1

Визначення поняття «Індустрія 4.0» у науковій літературі та практиці

Автор(-и)	Визначення або тлумачення поняття
Р. Шлепфер, М. Кох, Ф. Меркофер [16]	Майбутня стадія розвитку організації та управління усіма процесами ланцюга доданої вартості, що задіяні в обробній промисловості
В. Вальстер [17], Г. Хамчишкін	Єдиний інтегрований процес, в якому виробниче устаткування та продукція виступають активними системними компонентами, що керують своїми виробничими та логістичними процесами
І. Хель [18]	Індустрія 4.0 – виробнича сторона, яка є орієнтованим на споживача «Інтернетом речей», в якому предмети побуту (від автомобілів до тостерів) будуть підключені до Інтернету
Група експертів [19]	Комбінування виробничих методів із найсучаснішими інформаційно-комунікаційними технологіями. Основу таких технологій складають інтелектуальні, цифрові мережеві систем, завдяки яким виробничий процес є самокерованим. В Індустрії 4.0 люди, машини, обладнання, логістичні системи та вироби спілкуються та співпрацюють один з одним безпосередньо
Н. Ястреб [20]	Розвиток глобальних промислових мереж, створення інтелектуального виробництва (Smart Factory), впровадження кіберфізичних систем, розповсюдження сервісів автоматичної ідентифікації, збору даних, машино-машинної взаємодії тощо
Х. Кагерманн, В.-Д. Лукас, В. Вальстер [21]	Засіб підвищення конкурентоздатності німецької обробної промисловості шляхом посиленого впровадження в заводські процеси «кіберфізичних систем»
Дж. Лі [22]	Створення інтелектуальних установок, які матимуть власну свідомість, самі здійснюватимуть прогнозування та взаємодію, а також самостійно виконуватимуть оптимізацію та зміну конфігурації
М. Рюсман, М. Лоренц, Ф. Герберт, М. Вальднер, Я. Юстус, П. Енгель, М. Харніш [23]	«Індустрія 4.0» є баченням промислового виробництва в майбутньому, яке ґрунтується на дев'яти розробках (результатах) технічного прогресу: великі дані та їх аналіз (Big Data and Analytics); автономні роботи (Autonomous Robots); моделювання (Simulation); горизонтальна та вертикальна системна інтеграція (Horizontal and Vertical System Integration); промисловий Інтернет речей (The Industrial Internet of Things); кібербезпека (Cyber security); хмари (The Cloud); адитивне виробництво (Additive Manufacturing); розширена (або віртуальна) реальність (Augmented Reality). «Індустрія 4.0» – це «кіберфізичні системи», які взаємодіють за допомогою Інтернету, аналізують дані для прогнозування подій, самостійно налаштовуються та адаптуються до змін
Група експертів [24]	Проект «Індустрія 4.0» ґрунтується на ідеях «Інтернету речей» (Internet of Things – IoT) та «Кіберфізичних систем» (Cyber-Physical Systems – CPS). Мова йде про перетворення неживих предметів (компонентів виробничої системи) в активних користувачів Інтернету



Рис. 1. Основні принципи концепції «Індустрія 4.0»

Джерело: складено за [25].

- ✦ робота в режимі реального часу, яка проявляється у здатності збирати й аналізувати дані та надавати отримані висновки негайно;
- ✦ орієнтація послуг, що передбачає пропозицію послуг (кіберфізичних систем, людей або смарт-заводів) за допомогою Інтернету послуг.

Групою науковців та фахівців [24] були окреслені дев'ять розробок (результатів) науково-технічного прогресу, які складають основу Індустрії 4.0. Їх детальний огляд, наведений в роботі [26], узагальнено в табл. 2.

Як видно з табл. 2, основою «Індустрії 4.0» є інформаційні засоби та технології в будь-якому їх прояві.

Відомою консалтинговою компанією VCG у своєму звіті визначено дев'ять складових фундаменту «Індустрії 4.0» (табл. 3).

Наведені в табл. 3 складові «Індустрії 4.0», визначені консалтинговою компанією VCG, у більшості співпадають з поглядами інших науковців та практиків на це питання.

Узагальнюючи дослідження закордонних і вітчизняних вчених і практиків, можна запропонувати такі принципи концепції «Індустрія 4.0»: діджиталізація, кастомізація, інтелектуалізація, автоматизація, кіберфізація, мініатюризація (рис. 2).

Сутність наведених на рис. 2 принципів концепції «Індустрія 4.0» полягає в такому (табл. 4).

Кожен з наведених вище принципів концепції «Індустрія 4.0» реалізується через певні технології.

Інформаційно-технологічна платформа концепції «Індустрія 4.0» має такий вигляд (рис. 3).

Як видно з рис. 3, основу інформаційно-технологічної платформи концепції «Індустрія 4.0» становлять дві інтеграційні системи: кіберфізична система та промисловий Інтернет речей.

Кіберфізична система представляє собою множину ресурсів, які взаємодіють між собою в інтелектуальному просторі та управляють пристроями у фізичному просторі в режимі реального часу.

Промисловий Інтернет речей – різновид Інтернету речей, який складається з обчислюваної мережі, промислових виробництв і складних фізичних машин, що інтегровані з інтелектуальними системами.

Інтеграційна кіберфізична система через комунікаційний простір об'єднує фізичний і віртуальний простори.

Фізичний простір, своєю чергою, складається з новітніх матеріалів, мехатронних систем і адитивного виробництва.

До новітніх матеріалів належать наноматеріали та полімерно-композиційні матеріали.

Розробки, які складають основу «Індустрії 4.0»

Розробки	Сутність розробок
Великі дані та їх аналіз (<i>Big Data and Analytics</i>)	Завдяки інформаційно-комунікаційним засобам і технологіям обсяг структурованих і неструктурованих даних у бізнесі, що надходять з великої кількості різних джерел, лише зростає та виникає проблема оперативного здобуття з них потрібної цінної аналітичної інформації [27], для прийняття виважених та ефективних управлінських рішень. Процес пошуку у великому обсягу потрібної інформації та її подальша обробка й дістали назву «Великі дані» [28]. Окрім того, залишається актуальною й процедура інтелектуального аналізу даних (Data Mining)
Автономні роботи (<i>Autonomous Robots</i>)	Роботи, які спроможні самостійно виконувати завдання без втручання людини [29]. Такі роботи у вигляді, наприклад, різного виробничого устаткування, є важливим компонентом Індустрії 4.0 тому, що саме вони є основою кіберфізичних систем
Моделювання (<i>Simulation</i>)	Використовується наразі значною мірою лише на етапах проектування виробничих бізнес-процесів, окремого нового виробничого устаткування чи нової продукції. Проте в Індустрії 4.0 моделювання буде активно залучено й у самому процесі виробництва, наприклад на етапі тестування та налаштування устаткування тощо. Виробництво, яке працює у фізичному (реальному) світі, буде мати ідентичну детальну до найменших дрібниць віртуальну модель. Віртуальна модель виробництва та реальне виробництво будуть тісно взаємопов'язані та відповідати повністю один одному. Завдяки цьому, наприклад, у разі необхідності внесення будь-яких змін у виробництво, такі зміни можуть бути протестовані та оптимізовані на віртуальній моделі, а потім швидко перенесені в реальний світ. Це дозволить значно економити час, кошти та підвищувати інноваційній виробництва через те, що «у віртуальному світі невдалі рішення будуть виявлені швидко і за менші кошти» [30]
Горизонтальна та вертикальна системна інтеграція (<i>Horizontal and Vertical System Integration</i>)	Сучасні інформаційно-комунікаційні засоби та технології дозволяють поєднати в єдиний інформаційний простір у межах одного підприємства всі його підрозділи, в межах одного логістичного ланцюга постачання всіх його учасників тощо. Проте не завжди навіть підрозділи одного підприємства працюють в єдиній інформаційній системі, вже не кажучи про різні окремі підприємства. В Індустрії 4.0 такого не може бути, усе повинно бути поєднано між собою в єдиний інформаційний простір. Окрім того, існуюча наразі жорстка ієрархічна система доступу до інформації на підприємствах чи між підприємствами в умовах Індустрії 4.0 буде зруйнована: об'єкти, підключені до промислового Інтернету речей, зможуть отримувати будь-яку потрібну їм інформацію напряму незалежно від інформаційного рівня
Промисловий Інтернет речей (<i>The Industrial Internet of Things</i>)	Пов'язуватиме усі компоненти виробництва в єдину мережу обміну інформацією в режимі реального часу
Кібербезпека (<i>Cybersecurity</i>)	Передбачає проведення заходів, які пов'язані із захистом місць зберігання та обробки даних, мереж їх передачі. Наразі підприємства можуть себе забезпечити від різного шкідливого програмного забезпечення та кібератак, обмежуючи доступ до Інтернету, постійно перевіряючи вхідні інформаційні електронні потоки тощо. Проте в Індустрії 4.0 усе буде постійно підключене до промислового Інтернету речей, а тому актуальність проблема кібербезпеки буде лише підвищуватися. І хоча зараз існує низка захищених протоколів та механізмів передачі даних, проте потреба в них буде лише зростати
«Хмари» (<i>The Cloud</i>)	Велика кількість інтелектуальних пристроїв буде генерувати великий обсяг різної інформації, яка повинна надійно зберігатися, швидко оброблятися та бути доступною будь-якому пристрою з різних точок доступу миттєво. Для цього найкраще наразі підходять «хмарні» технології, продуктивність яких лише тільки зростає, забезпечуючи майже миттєвий доступ та обробку даних
Аддитивне (додаткове) виробництво (<i>Additive Manufacturing</i>)	Основою такого виробництва є 3D-друк, за допомогою якого вже зараз створюються прототипи майбутньої готової продукції та виробляються нескладні деталі чи готова продукція. Такий друк має широкі перспективи у виробництві за індивідуальним замовленням невеликих партій продукції, дозволяє знизити складські запаси та витрати на логістичні послуги тощо
Розширена (або віртуальна) реальність (<i>Augmented Reality</i>)	В «Індустрії 4.0» буде використовуватися людиною (працівниками підприємств) для навчання, прийняття різних рішень тощо. Наприклад, виробниче устаткування вийшло з ладу. Працівник підходить до такого устаткування в спеціальних окулярах і бачить на екрані як саме устаткування в режимі реального часу, так інформацію, яка йому має допомогти у вирішенні проблеми (інформацію щодо можливої поломки, інструкції щодо її усунення тощо)

Складові фундаменту «Індустрії 4.0» за VCG

Складові	Сутність складових
Горизонтальна і вертикальна системна інтеграція	Індустрія 4.0 вимагає перегляду ставлення до даних і мереж. Сьогодні це засіб взаємодії не тільки департаментів всередині підприємства, а й різних підприємств – партнерів по виробничим циклам
Інтернет речей	Пристрої та вбудовані датчики будуть обмінюватися інформацією в режимі реального часу. Концепція «Індустрія 4.0», яка все більше поширюється в Європі, передбачає, що Інтернет речей змінить звичний виробничий процес
Кібербезпека	Без кібербезпеки неможливе створення довіреного середовища, в якому зможуть працювати мільярди пристроїв і пересічних інформаційних потоків. IT-професіоналами вже створені різні захищені протоколи та механізми, але потреба в них зростатиме в тисячі разів
«Хмари»	Завдання підтримки безлічі типів пристроїв і датчиків, а також маси даних, які генеруються, найкращим чином вирішується за допомогою «хмарних» сервісів, які зможуть забезпечити і необхідну швидкість обробки даних, і масштабованість рішень. Уже сьогодні багато промислових систем моніторингу і контролю переїжджають в «хмари». Продуктивність «хмарних» технологій буде зростати, забезпечуючи час реакції в одиниці мілісекунд
Аналіз великих даних	Доступність даних по всіх фазах і аспектах розробки, виробництва і випробувань продуктів. Додає новий вимір до розуміння виробничого процесу і, відповідно, дозволяє точніше планувати інновації, маркетинг і стратегію розвитку
Моделювання	Маючи в розпорядженні великі дані та велику обчислювальну потужність, підприємства зможуть віртуально моделювати сценарії використання продукту, тим самим прискорюючи їх тестування та поглиблюючи інноваційний процес. У віртуальному світі невдалі рішення будуть виявлятися швидко й обійдуться недорого
Аддитивне виробництво (3D-друк)	З настанням «Індустрії 4.0» методи адитивного виробництва будуть широко застосовуватися для виготовлення за індивідуальним замовленням невеликих партій продуктів, які будуть поєднувати в собі переваги складних конструкцій при мінімальній вазі. Високопродуктивні децентралізовані системи адитивного виробництва дозволять знизити витрати на транспортування та скоротити складські запаси
Доповнена реальність	Подібні системи (вже прокладають собі шлях на ринок у вигляді Google Oculus Rift і Microsoft HoloLens) будуть відігравати важливу роль в підвищенні продуктивності праці й якості прийняття рішень. Прикладами подібних додатків можуть служити віртуальні тренінги та інструктаж прямо по ходу роботи. Працівники отримуватимуть інструкції по заміні несправного вузла безпосередньо в той момент, коли вони розглядають цей самий несправний вузол. Необхідна інформація буде відразу демонструватися в поле зору працівника за допомогою пристроїв доповненої реальності, наприклад «віртуальних окулярів»
Роботи	Сьогодні роботи в більшості являють собою механічні руки, що працюють на складальних лініях, але їх інтелект зростає, що дозволяє з їх допомогою вирішувати більш складні завдання, ніж виконання складальних операцій

Джерело: складено за [31].

Таблиця 4

Сутність принципів концепції «Індустрія 4.0»

Принцип	Сутність понять
Діджиталізація	Оцифрування інформації, що використовується в процесі проектування, виробництва та реалізації продукції
Кастомізація	Індивідуалізація продукції під закази конкретних споживачів шляхом внесення конструктивних дизайнерських рішень
Інтелектуалізація	Управління процесом проектування виробництва та реалізація продукції за допомогою штучного інтелекту
Автоматизація	Передача функцій управління та контролю у виробничих процесах автоматичним пристроям та інформаційно-комунікаційним технологіям
Кіберфізація	Інтеграція фізичних і віртуальних процесів за допомогою інформаційно-комунікаційних технологій і штучного інтелекту
Мініатюризація	Зменшення розмірів і маси виробничо-інформаційних систем і продукції, що випускається шляхом впровадження нових матеріалів і технологій



Рис. 2. Принципи концепції «Індустрія 4.0»

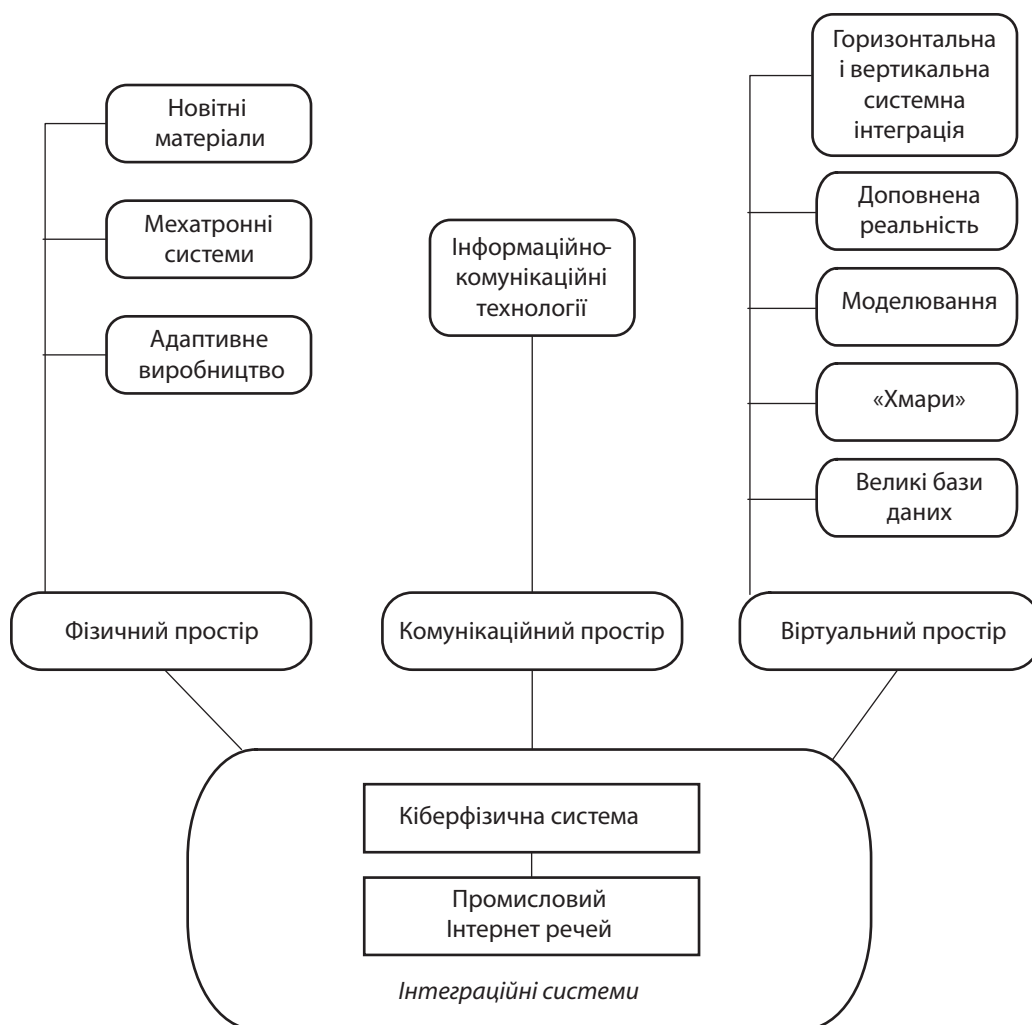


Рис. 3. Інформаційно-технологічна платформа концепції «Індустрія 4.0»

Мехатронні системи – синергетичне об'єднання механічних, електричних і електронних з комп'ютерними компонентами, які забезпечують проектування та виробництво нових механізмів, машин і систем з інтелектуальним управлінням їх функціональних рухів.

На рис. 4 наведено еволюцію розвитку мехатронних систем.

Як видно з рис. 4, в основі мехатронних систем – роботи, які управляються інтелектом.

Адитивне виробництво – виробництво, яке побудовано на технологіях, що передбачають пошарову побудову виробів шляхом фіксації шарів між собою різними способами. В основі адитивних технологій лежать 3D-принтери – верстати з числовим програмним управлінням, які використовують пошарове створення виробів.

Віртуальний простір кіберфізичних систем складається з програмного забезпечення, яке включає в себе: великі дані та їх аналіз, «хмари», моделювання та інше, зміст яких наведено вище.

На основі наведеного вище виробництво в рамках концепції «Індустрія 4.0» можна представити таким чином (табл. 5).

Як видно з табл. 5, підприємство в рамках концепції «Індустрія 4.0» ґрунтується на принципах, що наведені на рис. 2, та інформаційно-технологічній платформі, яка представлена на рис. 3.

Таким чином, проведені дослідження дозволили визначити, що:

- ✦ технічний прогрес є одним із основних факторів довгострокового зростання;
- ✦ одним із базових чинників технічного прогресу, а також соціально-економічного розвитку країни та якості життя її населення є стабільне функціонування промислового комплексу;
- ✦ тенденції розвитку та структурні зміни промислового комплексу України не відповідають тим, що сформувалися у провідних країнах світу, що визначає необхідність обґрунтування напрямів модернізації пріоритетних галузей промисловості країни та інноваційно-технологічного забезпечення цих процесів;
- ✦ сьогодні використовуються різні дефініції для характеристики концепцій технологічно-інноваційного розвитку як економіки країни в цілому, так і окремих її галузей, серед яких однією з найбільш доведених є «Індустрія 4.0»;
- ✦ під поняттям «Індустрія 4.0» доцільно розуміти розвиток і злиття автоматизованого виробництва, обміну даних і виробничих технологій в єдину саморегульовану систему, з найменшим або взагалі відсутнім втручанням людини у виробничий процес;
- ✦ виділяються шість основних принципів концепції «Індустрія 4.0»: діджиталізація, кастомізація, інтелектуалізація, автоматизація,

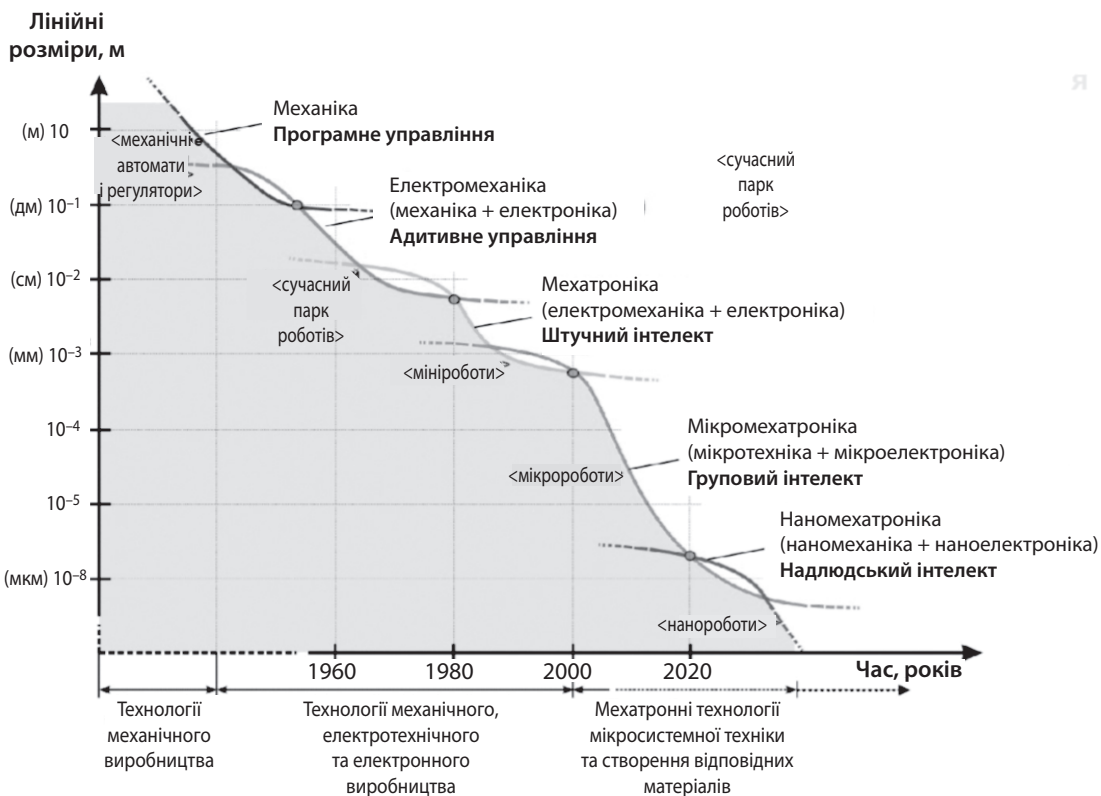


Рис. 4. Еволюція розвитку мехатронних систем

Джерело: складено за [32].

Відмінні риси традиційного промислового підприємства і виробництва в рамках концепції «Індустрія 4.0»

Традиційне підприємство	Підприємство в рамках концепції «Індустрія 4.0»
<i>Конфігурація обладнання</i>	
Кожна одиниця обладнання працює автономно. Будь-яка зміна продукту, що виробляється, або операції, що виконується, потребує попередньої конфігурації обладнання	Кожна одиниця обладнання здатна до самостійної конфігурації, самоналаштування параметрів виробництва та виробничої безпеки в ході взаємодії з іншим обладнанням
<i>Візуалізація виробничих процесів</i>	
Візуалізація практично відсутня: підприємство представляє собою сукупність дезінтегрованих виробничих процесів, які володіють автономними показниками ефективності	Всебічна візуалізація дозволяє встановлювати чіткі причинно-наслідкові зв'язки при моніторингу кожної стадії виробництва, швидко виявляти проблеми (перевитрата ресурсів, затримка за часом) і зупиняти виробництво в разі неможливості їх усунення
<i>Можливості кастомізації (індивідуалізації) виробу</i>	
Виробництво стандартизованих виробів. Кастомізовані продукти іноді створюються окремо і потребують додаткових витрат (часових, капітальних, трудових)	Створення кастомізованих продуктів за допомогою гнучких виробничих систем, які враховують властивості кінцевого продукту, час на його виробництво, виробничі та логістичні витрати
<i>Ресурсне планування</i>	
Резервування запасів у жорстких обсягах на базі фіксованого пріоритету потреб	Обладнання самостійно планує використання ресурсів, роблячи виробництво більш економічним
<i>Апаратне забезпечення</i>	
Вироблені людиною операції залежать від фізичної форми обладнання та лімітування апаратними обмеженнями	Обладнання аналізує вироблені людиною операції та гнучко під них підлаштовується

Джерело: складено за [33].

- кіберфізація та мініатюризація, кожен з яких реалізується через певні технології;
- ✦ інформаційно-технологічна платформа концепції «Індустрія 4.0» базується на двох інтеграційних системах: кіберфізична система та промисловий Інтернет речей. ■

ЛІТЕРАТУРА

1. Хаустова В. Є. Промислова політика в Україні: формування та прогнозування : монографія. Харків : ВД «ІНЖЕК», 2015. 384 с.

2. Kuzym M., Khaustova V. Industrial Policy and Features of Industrial Development in Countries Belonging to Integrations Associations – the European Union and the Customs Union. *Acta Innovations*. 2016. № 18. URL : <http://www.proakademia.eu/acta-innovations/wydania/numery2016/nr-18/387.html>

3. Крамарев Г. В. Оцінка та аналіз структурних деформаций економіки України та провідних країн світу за рахунок обробної промисловості. *Бізнес Інформ*. 2019. № 2. С. 154 – 170.

DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2019-2-154-170>

4. Кизим М. О., Хаустова В. Є., Крамарев Г. В. Обґрунтування перспективних напрямів розвитку обробної промисловості України. *Проблеми економіки*. 2019. № 1. С. 28–45.

DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2019-1-28-45>

5. Геєць В.М., Шинкарук Л.В., Артьомова Т.І. та ін. Структурні зміни та економічний розвиток України : монографія. Київ : НАН України; Ін-т економіки та прогнозування, 2011. 696 с.

6. Кіндзерський Ю. В. Промисловість України: стратегія і політика структурно-технологічної модернізації : монографія. Київ: НАН України; Ін-т економіки та прогнозування, 2013. 536 с.

7. Якубовський М. Промислова політика: проблеми та перспективи модернізації. *Економіка України*. 2010. № 8. С. 21–29.

8. Кизим М. О. Промислова політика та кластеризації економіки України : монографія. Харків : ВД «ІНЖЕК», 2011. 304 с.

9. Бужимська К. О. Модернізація економіки: технологічно-структурний аспект. *Вісник ЖДТУ*. 2009. № 3. С. 214–217.

10. Хаустова В. Є., Олійник А. Д. Реструктуризація промисловості: теоретичні та практичні аспекти. *Глобальні та національні проблеми економіки*. 2015. Вип. 5. С. 266–272.

11. Васечко Д. Ю. Механізм трансформації структури економіки в умовах модернізації національного господарства. *Вестник Ростовського державного економічного університета*. 2011. № 2. С. 9–16.

12. Грущинська Н. М. Технологічні трансформації економіки України в умовах сучасних глобальних процесів. *Стратегія розвитку України. Серія «Економіка, соціологія, право»*. 2014. № 1. С. 46–51.

13. Хаустова В. Є. Технологічні платформи забезпечення пріоритетних напрямків реалізації промислової політики в Україні. *Моделювання регіональної економіки*. 2014. № 2. С. 131–145.

14. Хаустова В. Є. Промислова політика та відмінності у розвитку промисловості в інтеграційних об'єднаннях // Дослідження та оптимізація економічних процесів : кол. монографія / за ред. О. В. Манойленко. Харків : НТУ «ХПІ», 2014. С. 323–343.

15. Сухарев О. С. Экономика технологического развития: принципы, проблемы, перспективы. *Экономические стратегии*. 2017. № 6. С. 82–101. URL : <http://www.inesnet.ru/article/ekonomika-technologicheskogo-razvitiya-principy-problemy-perspektivy/>

16. Schlaepfer R. C., Koch M., Merkofer Ph. Industry 4.0. Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies // Deloitte. URL: <http://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ch/Documents/manufacturing/ch/en/manufacturing/industry/4/0/24102014.pdf>

17. Индустрия 4.0: производственные процессы будущего. Интервью с В. Вальстером. Тенденции в автоматизации. URL: <http://www.up/pro.ru/library/opinion/industriya/4.0.html>

18. Хель И. Индустрия 4.0: что такое четвертая промышленная революция? 2015. URL: <http://hi/news.ru/business/analytics/industriya/4/0/chto/takoe/chet/vertaya/promyshlennaya/revolyuciya.html>

19. Офіційний сайт платформи «Індустрія 4.0» // Федеральне міністерство з економічних питань та енергетики. Федеральне міністерство освіти та наукових досліджень, Німеччина. URL: <http://www.plattform/i40.de/>

20. Ястреб Н. А. Индустрия 4.0: киберфизические системы, разумное окружение, Интернет вещей. URL: http://techno.vologdauni.ru/docs/2015/Industry_4_0_Yastreb.pdf

21. INDUSTRIE 4.0 – умное производство будущего (Государственная Hi Tech Стратегия 2020, Германия). URL: http://json.tv/tech_trend_find/industrie-40-umnoe-proizvodstvo-buduschego-gosudarstvennaya-hi-tech-strategiya-2020-germaniya-20160227025801

22. Проект «Промисловість 4.0». Революція на промислових підприємствах. Кабельний світ. 2015. Вип. 01. URL: http://content.lappgroup.com/fileadmin/DAM/Lapp_Ukraine/Kabelniy_myr/UA__Kabelwelt_01_2015_small.pdf

23. Rufmann M., Lorenz M., Gerbert P., Waldner M. Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries. 2015. URL: https://www.bcgperspectives.com/content/articles/engineered_products_project_business_industry_40_future_productivity_growth_manufacturing_industries/

24. Что такое Индустрия 4.0? Цифры и факты. URL: <http://holzex.ru/chto/takoe/industriya/4/0/tsifry/i/faktyi/>

25. Industria 4.0. – Вікіпедія. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Industry_4.0

26. Скільцько В. І. Індустрія 4.0 як промислове виробництво майбутнього. *Інвестиції: практика та досвід*. 2016. № 5. С. 33–40.

27. Big data and analytics for IBM Power Systems / The site of IBM. URL: <http://www-03.ibm.com/systems/ua/power/solutions/bigdata-analytics/>

28. Companies set to "Big Data" – Microsoft study // The site of "Microsoft Daily", 2013. URL: <http://microsoftblog.azurewebsites.net/2013/02/12/kompaniyi-berut-sya-za-veliki-dani-doslidzhennya-microsoft/>

29. Автономний робот. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Автономний_робот

30. McKendrick, J. Industry 4.0: this time the whole point of IT. 2015. URL: <http://www.pcweek.ru/idea/article/detail.php?ID=174770>

31. Гольшко А. Встречаем Индустрию 4.0 // Радио. URL: <ftp://ftp.radio.ru/pub/2016/09/4.pdf>

32. Лопота В. А., Юревич Е. И., Кондратьев А. С., Кириченко В. В. Концепция мехатронные технологии и

микророботостроение. URL: http://www.energia.ru/ru/news/news-2011/public_07-21.pdf

33. Смородинская Н. В., Катуков Д. Д. Ключевые черты и последствия индустриальной революции 4.0. *Инновации*. 2017. № 10. С. 81–90.

REFERENCES

"Avtonomnyi robot" [Standalone robot]. https://uk.wikipedia.org/wiki/Автономний_робот

"Big data and analytics for IBM Power Systems". The site of IBM. <http://www-03.ibm.com/systems/ua/power/solutions/bigdata-analytics/>

Buzhymyska, K. O. "Modernizatsiia ekonomiky: tekhnolohichno-strukturnyi aspekt" [Modernization of the economy: technological and structural aspect]. *Visnyk ZhDTU*, no. 3 (2009): 214-217.

"Chto takoye Industriya 4.0? Tsifry i fakty" [What is Industry 4.0? Figures and facts]. <http://holzex.ru/chto/takoe/industriya/4/0/tsifry/i/faktyi/>

"Companies set to "Big Data" - Microsoft study". The site of "Microsoft Daily", 2013. <http://microsoftblog.azurewebsites.net/2013/02/12/kompaniyi-berut-sya-za-veliki-dani-doslidzhennya-microsoft/>

Golyshko, A. "Vstrechayem Industriyu 4.0" [Meet Industry 4.0]. Radio. <ftp://ftp.radio.ru/pub/2016/09/4.pdf>

Heiets, V. M. et al. *Strukturni zminy ta ekonomichni rozvytok Ukrainy* [Structural changes and economic development of Ukraine]. Kyiv: NAN Ukrainy; In-t ekonomiky ta prohozuvannia, 2011.

Hrushchynska, N. M. "Tekhnolohichni transformatsii ekonomiky Ukrainy v umovakh suchasnykh hlobalnykh protsesiv" [Technological transformations of the Ukrainian economy in the conditions of modern global processes]. *Stratehiia rozvytku Ukrainy. Seriia «Ekonomika, sotsiologhiia, pravo»*, no. 1 (2014): 46-51.

"Industriya 4.0: proizvodstvennyye protsessy budushchego. Intervyu s V. Valsterom" [Industry 4.0: Future Production Processes. Interview with V. Walster]. *Tendentsii v avtomatizatsii*. <http://www.up/pro.ru/library/opinion/industriya/4.0.html>

"INDUSTRIE 4.0 – umnoye proizvodstvo budushchego (Gosudarstvennaya Hi Tech Strategiya 2020, Germaniya)" [INDUSTRIE 4.0 – smart production of the future (State Hi Tech Strategy 2020, Germany)]. http://json.tv/tech_trend_find/industrie-40-umnoe-proizvodstvo-buduschego-gosudarstvennaya-hi-tech-strategiya-2020-germaniya-20160227025801

"Industria 4.0" [Industria 4.0]. *Vikipediia*. https://en.wikipedia.org/wiki/Industry_4.0

Khaustova, V. Ye. "Promyslova polityka ta vidminnosti u rozvytku promyslovosti v intehratsiinykh obiednanniakh" [Industrial policy and differences in the development of industry in integrational associations]. In *Doslidzhennia ta optymizatsiia ekonomichnykh protsesiv*, 323-343. Kharkiv: NTU «KhPI», 2014.

Khaustova, V. Ye. "Tekhnolohichni platformy zabezpechennia priorytetnykh napriamkiv realizatsii promyslovoi polityky v Ukraini" [Technological platforms for providing priority directions of realization of industrial policy in Ukraine]. *Modeliuvannia rehionalnoi ekonomiky*, no. 2 (2014): 131-145.

Khaustova, V. Ye. *Promyslova polityka v Ukraini: formuvannia ta prohozuvannia* [Industrial Policy in Ukraine: Formation and Forecasting]. Kharkiv: VD «INZhEK», 2015.

Khaustova, V. Ye., and Oliinyk, A. D. "Restrukturyzatsiia promyslovosti: teoretychni ta praktychni aspekty" [Industrial restructuring: theoretical and practical aspects]. *Hlobalni ta natsionalni problemy ekonomiky*, no. 5 (2015): 266-272.

- Khel, I. "Industriya 4.0: chto takoye chetvertaya promyshlennaya revolyutsiya?" [Industry 4.0: What is the fourth industrial revolution?]. 2015. <http://hi/news.ru/business/analitics/industriya/4/0/chto/takoe/chet/vertaya/promyshlennaya/revolyuciya.html>
- Kindzerskiy, Yu. V. *Promyslovist Ukrainy: stratehiia i polityka strukturno-tekhnologichnoi* [Industry of Ukraine: strategy and policy of structural and technological]. Kyiv: NAN Ukrainy; In-t ekonomiky ta prohnozuvannia, 2013.
- Kramarev, H. V. "Otsinka ta analiz strukturnykh deformatsii ekonomiky Ukrainy ta providnykh krain svitu za rakhunok obrobnoi promyslovosti" [Evaluation and analysis of structural deformations of the economy of Ukraine and the leading countries of the world at the expense of manufacturing industry]. *Biznes Inform*, no. 2 (2019): 154-170. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2019-2-154-170>
- Kyzym, M. O. *Promyslova polityka ta klasteryzatsii ekonomiky Ukrainy* [Industrial policy and clusterization of the Ukrainian economy]. Kharkiv: VD «INZhEK», 2011.
- Kyzym, M. O., Khaustova, V. Ye., and Kramarev, H. V. "Obgruntuvannia perspektyvnykh napriamiv rozvytku obrobnoi promyslovosti Ukrainy" [Substantiation of perspective directions of development of manufacturing industry of Ukraine]. *Problemy ekonomiky*, no. 1 (2019): 28-45. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2019-1-28-45>
- Kyzym, M., and Khaustova, V. "Industrial Policy and Features of Industrial Development in Countries Belonging to Integrations Associations – the European Union and the Customs Union". *Acta Innovations*. 2016. <http://www.proakademia.eu/acta-innovations/wydanja/numery2016/nr-18/387.html>
- Lopota, V. A. et al. "Kontsepsiya mekhatronnyye tekhnologii i mikrorobotostroyeniye" [The concept of mechatronic technology and microrobotics]. http://www.energia.ru/ru/news/news-2011/public_07-21.pdf
- McKendrick, J. "Industry 4.0: this time the whole point of IT". <http://www.pcweek.ru/idea/article/detail.php?ID=174770>
- Ofitsiyni sait platformy «Industriia 4.0». <http://www.plattform/i40.de/>
- "Proekt «Promyslovist 4.0». Revoliutsiia na promyslovykh pidpriemstvakh" [Project "Industry 4.0". Revolution in industrial enterprises]. *Kabelnyi svit*. 2015. http://content.lappgroup.com/fileadmin/DAM/Lapp_Ukraine/Kabelniy_myrt/UA__Kabelwelt_01_2015_small.pdf
- Rufmann, M. et al. "Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries". 2015. https://www.bcgperspectives.com/content/articles/engineered_products_project_business_industry_40_future_productivity_growth_manufacturing_industries/
- Sukharev, O. S. "Ekonomika tekhnologicheskogo razvitiya: printsipy, problemy, perspektivy" [Economics of technological development: principles, problems, prospects]. *Ekonomicheskiye strategii*. 2017. <http://www.inesnet.ru/article/ekonomika-tekhnologicheskogo-razvitiya-principy-problemy-perspektivy/>
- Smorodinskaya, N. V., and Katukov, D. D. "Klyuchevyye cherty i posledstviya industrialnoy revolyutsii 4.0" [Key features and implications of the industrial revolution 4.0]. *Innovatsii*, no. 10 (2017): 81-90.
- Skitsko, V. I. "Industriia 4.0 yak promyslove vyrobnytstvo maibutnyoho" [Industry 4.0 as the industrial production of the future]. *Investytsii: praktyka ta dosvid*, no. 5 (2016): 33-40.
- Schlaepfer, R. C., Koch, M., and Merkofer, Ph. "Industry 4.0. Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies". *Deloitte*. <http://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ch/Documents/manufacturing/ch/en/manufacturing/industry/4/0/24102014.pdf>
- Vasechko, D. Yu. "Mekhanizm transformatsii struktury ekonomiki v usloviyakh modernizatsii natsionalnogo khozyaystva" [The mechanism of transformation of the structure of the economy in the modernization of the national economy]. *Vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta*, no. 2 (2011): 9-16.
- Yakubovskiy, M. "Promyslova polityka: problemy ta perspektyvy modernizatsii" [Industrial policy: problems and perspectives of modernization]. *Ekonomika Ukrainy*, no. 8 (2010): 21-29.
- Yastreb, N. A. "Industriya 4.0: kiberfizicheskiye sistemy, razumnoye okruzeniye, Internet veshchey" [Industry 4.0: cyber-physical systems, smart environment, Internet of Things]. http://techno.vologdauni.ru/docs/2015/Industria_4_0_Yastreb.pdf