

О. Г. Денисюк,
к. е. н., доцент, доцент кафедри менеджменту, бізнесу та маркетингових технологій,
Державний університет "Житомирська політехніка"

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2108-7347>

А. В. Панасюк,

к. т. н., доцент, доцент кафедри маркшейдерії,
Державний університет "Житомирська політехніка"

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7468-2022>

DOI: 10.32702/2306-6814.2023.4.64

ЦИФРОВІЗАЦІЯ ГІРНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВ В УМОВАХ РОЗВИТКУ ІНДУСТРІЇ 4.0

O. Denysiuk,

PhD in Economics, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Management, Business and Marketing Technologies, Zhytomyr Polytechnic State University

A. Panasiuk,

PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Mine Surveying, Zhytomyr Polytechnic State University

DIGITALIZATION OF MINING ENTERPRISES IN THE CONTEXT OF INDUSTRY 4.0 DEVELOPMENT

У статті обґрунтовано теоретичні передумови та практичні рекомендації щодо провадження цифровізації гірничих підприємств в умовах розвитку Індустрії 4.0. Проведено аналіз останніх досліджень і публікацій з використанням бази даних Scopus та програмного забезпечення VosViewer. Окреслено умови провадження цифровізації в країнах Європейського Союзу та України. Визначено місце цифровізації в еволюції цифрової трансформації гірничого підприємства як процесу, систематизовано слабкі сторони та можливості даного процесу (стратегічні, структурні, виробничі, фінансово-економічні). Окреслено та проаналізовано чотири першочергових завдання підприємств гірничої галузі в умовах провадження елементів Індустрії 4.0: покращення продуктивності праці у галузі в процесі вдосконалення гірничої техніки і технологій; забезпечення якісного переходу на геотехнології відповідно до Mining 4.0; формування політики "зеленого майнінгу"; підвищення рівня безпеки праці та уникнення соціальних наслідків і економічних втрат від аварій на виробництві. Представлено поточні здобутки компанії Метінвест — лідера цифрової трансформації України.

The article substantiates the theoretical prerequisites and practical recommendations for the digitalization of mining enterprises in the conditions of Industry 4.0 development. The latest research and publications were analyzed using the Scopus database and the VosViewer software. The conditions for the implementation of digitalization in the countries of the European Union and Ukraine are outlined. The place of digitalization in the evolution of the digital transformation of the mining enterprise as a process is determined.

The weaknesses and opportunities of digitalization (strategic, structural, production, financial and economic) are systematized. Four priority tasks of mining enterprises in the conditions of Industry 4.0 implementation are outlined and analyzed: improving labour productivity in the industry in the process of improving mining equipment and technologies; ensuring a high-quality transition to geotechnologies following Mining 4.0; formation of "green mining" policy; increasing the level of labour safety and avoiding social consequences and economic losses from industrial accidents.

The current achievements of the company Metinvest — the leader in the digital transformation of Ukraine — are presented. The content and structure of the enterprise's digital road map are characterized (by the main business functions: production, sales, logistics, procurement, repairs, quality, services, personnel, labour and environmental protection, law, finance, and technologies). The company's projects are presented: digital career, and digital workplace. The practical content of information security of the enterprise has been studied. Attention is focused on the features of the digital transformation of the researched enterprise in wartime, which is included operational business support by ensuring a high level

of resistance to IT infrastructure failures and uninterrupted operation of IT services, end-user support and increasing the level of information security and cyber security in the company. Prerequisites are presented for a successful transition from the concept of Industry 4.0 to Industry 5.0.

*Ключові слова: цифровізація, цифрова трансформація, стратегія, гірниче підприємство, Індустрія 4.0.
Key words: digitalization, digital transformation, strategy, mining enterprise, Industry 4.0.*

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

У світі спостерігається новітня потужна хвиля цифровізації у галузях важкої промисловості. Провідні компанії в гірничодобувній, хімічній, сталеливарній та целюлозно-паперовій галузях промисловості застосовують нові джерела даних і нові цифрові технології для підвищення продуктивності, рентабельності, стійкості та продуктивність власних виробництв. Основними цифровими трендами сучасності є дані, які стають головним джерелом конкурентоспроможності; розвиток сфери Інтернету речей (Internet of things, IoT); цифрові трансформації як окремих бізнесів, так і цілих секторів; економіка спільного користування (sharing economy); віртуалізація фізичних інфраструктурних ІТ-систем; штучний інтелект; цифрові платформи.

Майкл Портер з Гарвардської бізнес-школи стверджує, що новий підхід до використання smart-пристроїв призведе до кардинальних змін в фундаментальній динаміці конкуренції. Портер припускає, що Інтернет речей — це не просто питання конкурентної переваги; це екзистенціально [1]. В свою чергу, Джон Чемберс з Cisco Systems прогнозує, що 40% сучасних компаній зазнають краху в найближчі десять років; 70% намагатимуться трансформувати себе в цифровий спосіб, але проте 30% це вдасться [2]. Відповідно до звіту Європейської комісії "Індекс цифрової економіки та суспільства (DESI) 2022", що узагальнює дані з країн ЄС у таких сферах як людський капітал, підключення, інтеграція цифрових технологій та цифрові державні послуги, Фінляндія, Данія, Нідерланди та Швеція залишаються лідерами ЄС щодо цифровізації [3]. В цілому, станом на 2022 рік ЄС продовжує покращувати свій рівень цифровізації, а держави-члени, які почали з нижчих рівнів, поступово наздоганяють, зростаючи швидшими темпами, зокрема Італія, Польща та Греція суттєво покращили свої показники DESI за останні п'ять років, впроваджуючи реальні інвестиції з посиленням політичним фокусом на цифрові технології [3].

Представники Українського інституту майбутнього при побудові економічної стратегії "Україна-2030" [4], за оцінками експертів, наведеними у Національній стратегії Індустрії 4.0 стверджують, що вітчизняна економіка після ухвалення стратегічного курсу на 4.0 досягне зростання промислового сектору не менше ніж 10% на рік; збереження та випереджального зростання високотехнологічних промислових сегментів до 20% на рік; значного зростання експорту вищезазначених сегментів.

Цифровізації потребують і підприємства гірничої галузі. Для підприємств цієї галузі актуальність цифровізації можна описати простим виразом "час прийшов": багато підприємств галузі у спадок мають застаріле (фізично і морально) обладнання, необхідність повернення гірничої промисловості в розряд високотехнологічних галузей,

застосування так званого Mining 4.0; поширення інновацій, що походять із суміжних галузей промисловості; зростання рівня безпеки праці та уникнення соціальних наслідків та економічних втрат від аварій на виробництві тощо.

МЕТА СТАТТІ

Мета статті полягає в обґрунтуванні теоретичних передумов та практичних рекомендації щодо провадження цифровізації гірничих підприємств в умовах розвитку Індустрії 4.0.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Для вивчення наукових досліджень щодо цифровізації в цілому та цифровізації гірничих підприємств в умовах Індустрії 4.0 нами була обрана база даних Scopus [5], що містить бібліографічні відомості про наукові публікації. Станом на кінець січня 2023 року, за пошуковим запитом TITLE-ABS-KEY (digitalization) база даних Scopus нараховує 30116 джерел. Відзначимо, що з року в рік кількість публікацій, як і актуальність даного питання, зростає. Якщо у 1922 році було опубліковано дві наукові праці, то з плином часу їх кількість вже становила: 1960 — 10, 1970 — 24, 1980 — 51, 1990 — 38, 2000 — 75, 2010 — 201, 2022 — 7024.

Протягом перших 50ти років наукові праці, що містять дану категорію, характерні більшою мірою медицині, а вже протягом останніх років, можемо зробити висновки, що охоплені різноманітні предметні області дослідження. Якщо ж розглянути структуру публікацій за предметною областю (рис. 1), то найбільшу питому вагу складають публікації з "інженерії" — 9963 (17,2%), "інформатики" — 9879 (17,0%), "суспільних наук" — 7108 (12,3%), "бізнесу, менеджменту та бухгалтерського обліку" — 5456 (9,4%), "медицини" — 3371 (5,8%).

За вищезазначеним пошуком, найбільш цитованою публікацією є "New public management is dead — Long live digital-era governance" (Dunleavy P., Margetts H., Bastow S., Tinkler J.; United Kingdom, 2006) — 1147 посилань.

В свою чергу за пошуком TITLE-ABS-KEY (digitalization AND mining AND industry) база Scopus містить 238 документа, опубліковані у 2010—2023 роках, зокрема у 2023 році — 68 досліджень. ТОП-5 лідерів за географією публікацій: Китай — 31, Німеччина — 29, Казахстан — 13, Індія та Італія по 12. Серед науковців, виокремимо праці Zelko M., Abrahamsson L., Barnewold L., Duarte J., Foll P., Johansson J., Krajcik V., Savon D. Y., Solismaa L., Spisak J. [5].

Стаття колективу авторів Sima V., Gheorghie I.G., Subic J., Nancu D. "Influences of the industry 4.0 revolution on the human capital development and consumer behavior:

Documents by subject area

Scopus

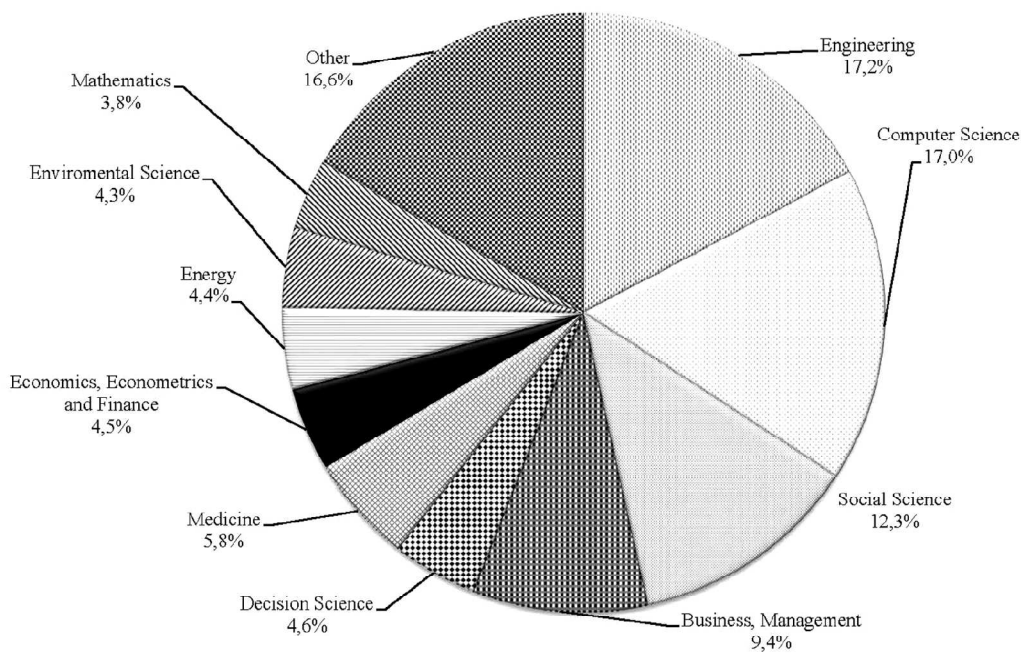


Рис. 1. Частка статей у БД Scopus за пошуковим запитом "digitalization" за період 1922-січень 2023р.: предметна область

Джерело: побудовано авторами на основі вбудованого інструментарію Scopus [5].

A systematic review" [6], опублікована у 2020 році в швейцарському журналі "Sustainability", є найбільш цитованою за відповідним пошуком — 138 посилань. На другому місці "Coal mine intellectualization: The core technology of high quality development" авторів Wang Guofa, Liu Feng, Pang Yihui, Ren Huaiwei & Ma Ying [7] (Journal of the China Coal Society, 2019) — 104 посилань.

Для визначення взаємозв'язків між основними термінами за досліджуваною тематикою нами використано програмне забезпечення VosViewer (версія 1.6.19). Вихідними даними слугувала вибірка бази даних Scopus за пошуком TITLE-ABS-KEY (digitalization) (рис. 2).

На рис. 2 бачимо як змінюється використання поняття "цифровізація" за роками публікацій: якщо на початку 2000-х років цей термін більшою мірою використовувався у медицині, то вже у 2020-х роках він пов'язаний з такими ключовими словами як Індустрія 4.0, цифрові технології, цифрова трансформація, інтернет речей, штучний інтелект, виробництво, інновації, прийняття рішень, економіка тощо.

Все вищезазначене підтверджує актуальність теми дослідження та відображає наявний потенціал як у теоретичному, так і практичному її розкритті.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Науковці Охтеня О.О., Дасів А.Ф. [8] встановили, що цифровізація стає новим фактором виробництва, який доцільно враховувати в моделях виробничої функції окремо від традиційних факторів виробництва, таких як праця та капітал.

Індустрія 4.0 пов'язана з цифровою трансформацією промислових виробничих процесів, яку любляють провідні галузі промисловості у світовому масштабі. Трансформація була зосереджена на smart-фабриках,

які отримують переваги від кіберфізичних систем, Інтернету речей, хмарних обчислень, штучного інтелекту, машинного навчання. На думку Kagermann H., Lukas W.D. та Wahlster W., "Індустрія 4.0" [9] була запроваджена для просування ідеї автономії машин (і, отже, процесу). В свою чергу, Lasi H., Fettke P., Kemper H. G., Feld T. та Hoffmann M. [10] Індустрію 4.0 розглядають як нове бачення виробничого середовища без людей, що складається з продуктів, інтелекту, міжмашинного зв'язку та мереж. Вперше концепція Індустрія 4.0 була сформульована на промисловій виставці в Ганновері (Німеччина) у 2011 р. та ініційована урядом Німеччини для впровадження інформаційно-комунікаційних технологій у суспільство, бізнес, виробництво.

Oztemel E. та Gursev S. [11] наголошують, що парадигма Індустрії 4.0 передбачає, що роботи будуть більш домінуючими у виробництві, автономні системи будуть приймати більше самостійних рішень, процеси будуть скоординовані і проблеми вирішуватимуться без участі людини, і більша частина спілкування відбуватиметься між машинами, а не між людьми. Таке інтелектуальне виробництво підвищить ефективність збору та аналізу даних, зробить системи та процеси більш послідовними, надійними та гнучкими, а отже, принесе більше ефективності відповідному підприємству. Для дослідників є очевидним, що майбутнє виробництво відповідно до філософії Індустрія 4.0 буде більш розумним, гнучким, адаптивним, автономним.

Фахівці Асоціації підприємств промислової автоматизації України [12] показниками розвитку Індустрії 4.0 по промислових підприємствах вважають: зростання пропускної здатності виробництва — до 60%; зростання кількості замовлень, виконаних вчасно — до 95%; скорочення запасів — до 20%; зростання загальної

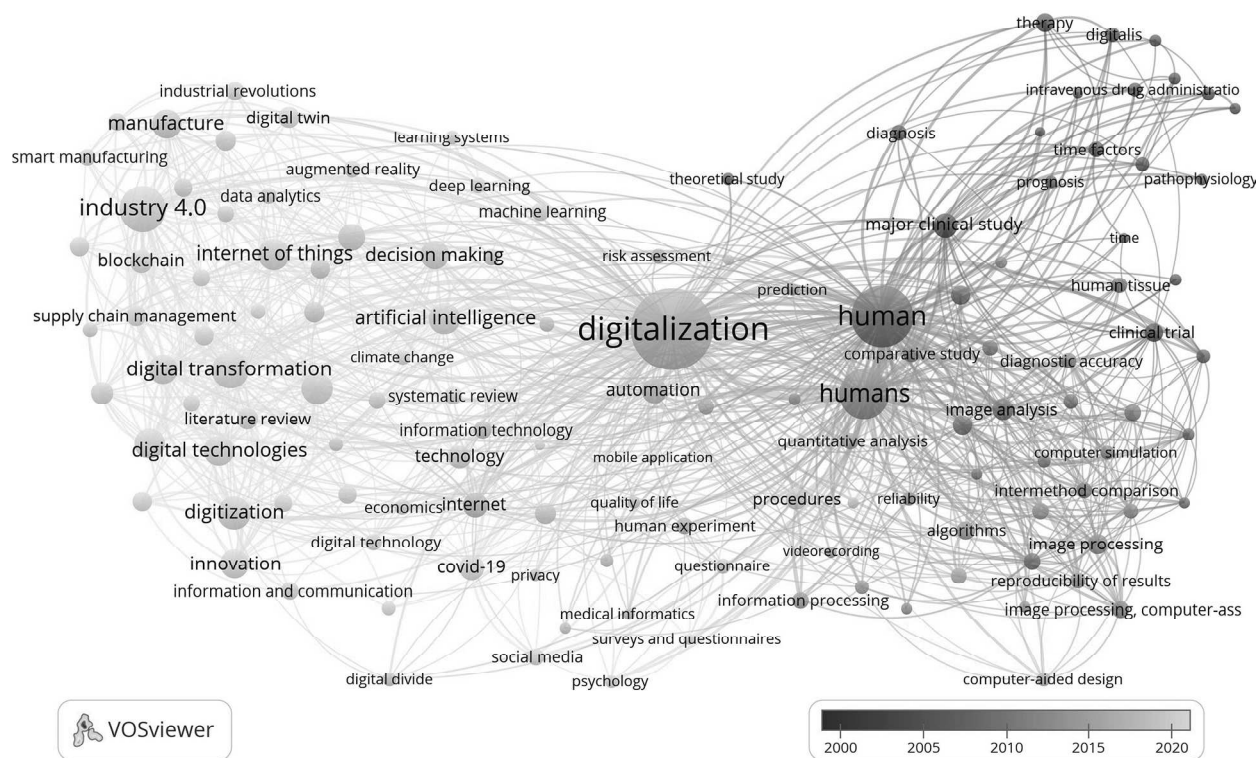


Рис. 2. Візуалізація зв'язків поняття "digitalization" в БД Scopus за пошуком TITLE-ABS-KEY "digitalization" у часовому періоді

Джерело: побудовано авторами за допомогою VosViewer.

ефективності встановленого обладнання — до 15%; скорочення простоїв обладнання — до 22%; економія витрат на закупівлю — до 30%; зростання промислового виробництва — не менше 7—10% на рік (оскільки більшість українських підприємств значно відстають від країн ЄС чи світу — початковий ефект від зростання може бути набагато більшим). Звичайно, ці прогнози були представлені до повномасштабного вторгнення агресора на територію України, тому потребують коригування, які сьогодні в умовах невизначеності, зробити складно.

Відзначимо, що цифровізація є проміжним етапом цифрової трансформації гірничого підприємства (рис. 3).

Перший етап, який більшість гірничих підприємств вже завершили, передбачав впровадження автоматизації існуючих виробничих процесів з використанням інформаційних технологій. Другий етап, що відбувається нині, є цифровізація гірничих підприємств, тобто прихід у дану галузь не просто інформаційних, а саме цифрових технологій, головна мета яких — радикально модернізувати виробництво. Цифрові технології впроваджуються у гірничу галузь за умов Індустрії 4.0. Третій етап розвитку цифрової трансформації для більшості підприємств має передбачати внесення докорінних змін у технологію, культуру, операції та принципи створення результатів діяльності.

В обґрунтуванні Українського інституту майбутнього при побудові економічної стратегії "Україна-2030" [4] визначено, що прикладами цифрової трансформації гірничодобувної галузі можуть бути: автономний кар'єрний самоскид та потяг; електричний безкабінний вантажний візок; 3D-моделювання та "Big data" підземних і відкритих гірничих підприємств; інтелектуальні анкерні

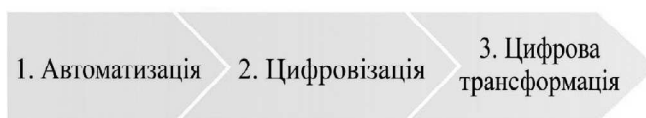


Рис. 3. Етапи еволюції цифрової трансформації гірничого підприємства

Джерело: розробка авторів.

болти; інтелектуальна взаємодія транспорту; хмарний дистанційний центр управління; 5G мережа в шахті; передавання даних через ґрунт (магнітна індукція). Відзначають, що світовий гірничодобувний ринок до 2025 року буде 2,7 трлн \$ (зокрема, 200 млрд \$ — внесок цифровізації). В свою чергу, також може бути характерний ризик втрати 150000 робочих місць, на противагу — потенціал уникнути травм 30000 людей та зберегти 3000 життів.

Слабкі сторони та можливості, що відкриваються перед гірничими підприємствами за умови їх цифровізації представлено в табл. 1.

Зупинимось на чотирьох першочергових завданнях підприємств гірничої галузі в умовах впровадження елементів Індустрії 4.0:

Завдання 1. Покращення продуктивності праці у галузі в процесі вдосконалення гірничої техніки і технологій. Останні десятиліття показують, що підприємства галузі відкриті до впровадження цифрових технологій Індустрії 4.0 (автоматизоване та безпілотне обладнання, інтеграція геологорозвідки та геофізичних досліджень, проектування гірничодобувних підприємств, моделювання середовища тощо), проте відкритим залишається питання технічного спадку попередніх поколінь та необхідність інноваційного розвитку самих технологій і процесів видобутку.

Таблиця 1. Weaknesses & Opportunities цифровізації гірничих підприємств

WEAKNESSES (СЛАБКІ СТОРОНИ)	OPPORTUNITIES (МОЖЛИВОСТІ)
СТРАТЕГІЧНІ	
Підкорення нових горизонтів	Впровадження технологій дистанційного керування та автономності Зниження потреби у людському ресурсі
Кадровий голод щодо закриття вакансій та брак талановитих співробітників	Більш ефективне застосування професійних знань для вирішення завдань Більш якісні методи навчання та безпекова підтримка Зміна умов праці для залучення нового покоління співробітників Вирішення проблем, пов'язаних зі старінням персоналу, збереженням та передаванням знань
Підвищення продуктивності	Інтеграція всіх процесів – «від кар'єру до ринку збуту» Аналіз зростаючого обсягу геологічних та виробничих даних; формування рекомендацій, спрямованих на ухвалення оптимальних практичних рішень Оптимізація наявних ресурсів відповідно до ринку та пропускної здатності транспортування
СТРУКТУРНІ	
Подовження життєвого циклу об'єктів активів із збереженням операційних витрат на низькому рівні	Більш тривалий термін експлуатації активів та обладнання, вища рентабельність Підвищення доступності обладнання Підвищення безпеки під час експлуатації гірничодобувної техніки
«Ресурсний націоналізм» та дотримання екологічних вимог	Підвищення безпеки виробництва Зниження негативного впливу на довкілля Забезпечення сталого розвитку та досягнення компромісу між економікою, довкіллям і соціальними проблемами Максимальне залучення зацікавлених сторін, в т.ч. через аналіз соціальних мереж та інших засобів комунікації
ВИРОБНИЧІ	
Недозавантаження виробничих потужностей	Підвищення точності моделювання та оптимізація портфеля активів Рационалізація методів контролю виробництва та капітальних витрат
Невизначеність попиту та політики ціноутворення	Інтеграція продажів та виробничого планування для отримання максимальних результатів
ФІНАНСОВО-ЕКОНОМІЧНІ	
Управління витратами та контроль грошових потоків	Поліпшення інтеграції між добувним чи переробним підприємством та збутовими організаціями (посередниками) Підвищення якості збору даних та моделювання процесів Скорочення непродуктивних операцій на добувному підприємстві, віддалений доступ до інформації, зростання продуктивності Зниження капітальних та операційних витрат Більш якісне управління грошовими потоками та об'єктами оборотних активів
Ефективна реалізація проектів капітальних вкладень	Здійснення проектів у строки та в межах доведеного бюджету Ефективні методи роботи з підрядниками

Джерело: систематизовано авторами на підставі досліджень [13].

На перший план виходить перехід до комплексного видобутку запасів і запровадження безвідходних технологій; комплексна заміна застарілого обладнання, використання якого унеможливує цифровізацію; мінімізація ризиків, пов'язаних зі збоями, які виникають під час виробничих процесів.

Слід відзначити, що більшість добувних підприємств України мають в своєму розпорядженні новітню техніку. Правда, більшою мірою, це стосується підприємств, що займаються видобуванням корисних копалин відкритим способом, оскільки заміна існуючого обладнання в шахтах досить складний та вартісний процес.

Найбільш розвиненим напрямком в гірничий промисловості практично для всіх підприємств є маркшейдерія. Дана галузь гірничої справи в Україні є повністю автоматизованою і дозволяє проводити вимірювання, робити обрахунки за досить малий проміжок часу.

За умови використання IoT, фахівці McKinsey Global Institute, стверджують, що гірниче підприємство може покращити продуктивність діяльності за наступними блоками (рис. 4).

Завдання 2. Забезпечення якісного переходу на геотехнології відповідно до Mining 4.0. Це можливо за рахунок розширення використання безпілотних роботи-

зованих комплексів на підземних і відкритих добувних підприємствах, цифрової телеметрії, міжмашинного інтернет-зв'язку та штучного інтелекту в аналізі технологій видобутку та проектної інформації. "Smart mining" передбачає більш точний підрахунок наявних та вилучених запасів корисних копалин на основі поточних цін і витрат, оптимізацію матеріальних потоків, трудомісткості, продуктивність обладнання, точне прогнозування відмов обладнання, віртуальне цифрове навчання персоналу. Окремі науковці вважають, що головний успіх інноваційних геотехнологій у майбутньому, з однієї сторони, 100% виключення людей від процесів видобутку корисних копалин, а з іншої побудова найвищого рівня злагодженості комплексів обладнання та гнучкості в управлінні технологічними процесами на гірничих підприємствах, що зробить видобуток ще більш прибутковим при будь-якому рівні цін і попиту на сировину.

Для моніторингу робочих площадок на великих гірничодобувних підприємствах України досить добре себе зарекомендували такі системи як Cat Product Link (спеціально розроблена Caterpillar спільно з інформаційною системою Trimble для віддаленого моніторингу обладнання) та Komtrax (система моніторингу машин, розроблена компанією Komatsu).

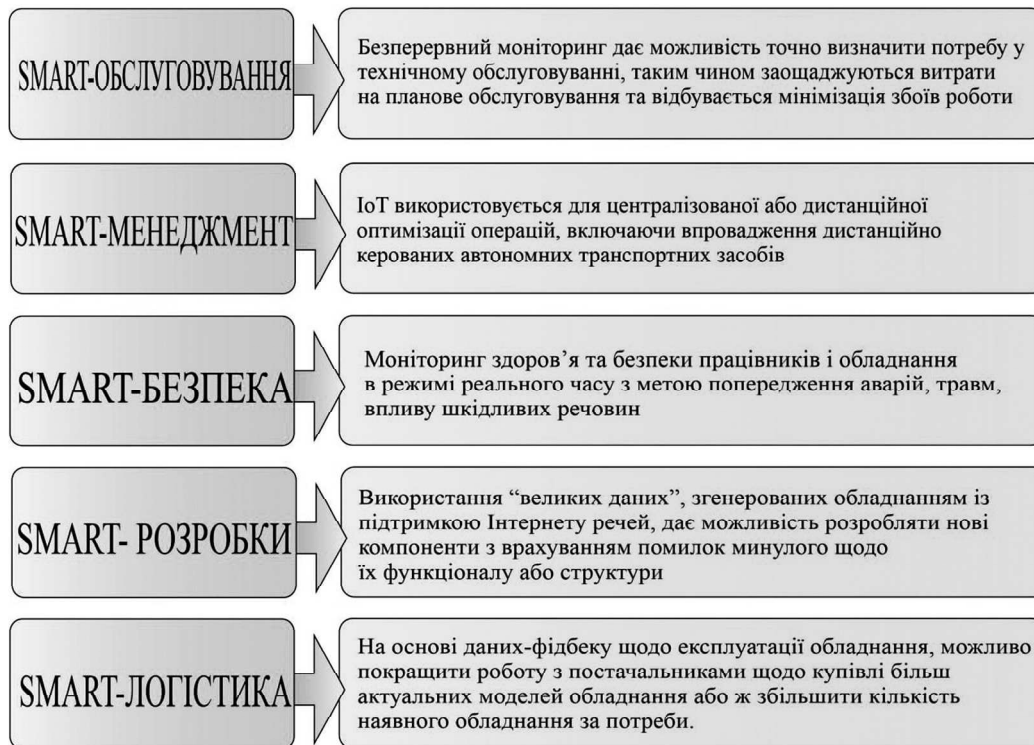


Рис. 4. Напрями покращення продуктивності гірничого підприємства з використанням IoT

Джерело: адаптовано авторами на підставі звіту McKinsey Global Institute [14].

Завдання 3. Формування політики "зеленого майнінгу". Країни посилюють екологічні вимоги до гірничих підприємств, що безпосередньо призводить до зниження їх прибутковості. Є така думка, що видобуток корисних копалин є дивергентним процесом, який відчужує людину від природи, незважаючи на розширення кола природоохоронних технологій. Тому, за умови цифровізації, інноваційний розвиток "зеленого майнінгу" має бути конвергентним процесом, який об'єднує видобування корисних копалин та виробництво, з одного боку, та збереження навколишнього середовища, з іншого.

Завдання 4. Підвищення рівня безпеки праці та уникнення соціальних наслідків і економічних втрат від аварій на виробництві. Розвиток технологій є передумовою забезпечення безпеки праці на гірничих підприємствах та тісно пов'язаний як з інноваціями в гірничій інженерії, геотехнологіях, так і в організації виробничих процесів добувних та переробних робіт. Створення інновацій в охороні праці та техніці безпеки пов'язане з прогнозуванням дії загроз і факторів, що їх формують, за допомогою "розумних датчиків" і "хмарного аналізу" даних про стан гірських масивів, обладнання та робочі процеси.

А що ж в Україні? Звичайно, в умовах війни, процеси цифровізації в нашій державі значно уповільнились. Хоча, можна зауважити, що дана ситуація виникає здебільшого внаслідок простоїв великої кількості гірничих підприємств, які пов'язані з реаліями сьогодення (відключення електромереж, заборона проведення вибухових робіт на певних територія тощо). За інформацією з відкритих джерел, підприємства по різному провадять політику цифровізації. Одним із лідерів в даному напрямі є підприємства металургійної та гірничодобувної галузі, які входять до структури міжнародної гірничо-металургійної групи компаній Метінвест.

Звіт Метінвесту за 2021 рік [15] відображає показники діяльності компаній під час війни станом на середину 2022 року. Від початку війни зусилля Метінвесту (табл. 2) в галузі цифрових технологій були зосереджені на операційній підтримці бізнесу шляхом забезпечення високого рівня стійкості до відмов IT-інфраструктури та безперебійної роботи IT-сервісів, підтримки кінцевих користувачів і підвищення рівня інформаційної безпеки та кібербезпеки в компанії.

Цифрова трансформація Метінвесту здійснюється за підтримки "Метінвест Діджитал" та охоплює всі ключові функції, зокрема такі як виробництво, продаж, постачання, персонал, фінанси, право. Процес починається з визначення вимог бізнесу, після чого розробляються проекти, а згодом відбуваються їх впровадження та підтримка.

Кейс компанії Метінвест — це діяльність з цифрової трансформації, що може бути прикладом для підприємств галузі, які активно починають провадити цифровізацію, звісно, враховуючи певні особливості добувних та переробних процесів для різних типів корисних копалин. Протягом останнього року портфель проектів компанії переглянутий з урахуванням нових викликів, а пріоритетність завдань із кібербезпеки зростає у зв'язку з війною. Крім того, Метінвест приділив першорядну увагу гнучкості, мобільності та оперативності надання послуг кінцевим користувачам.

В умовах сьогодення, фахівці стверджують, що в певних країнах вже активно впроваджується Індустрія 5.0. Нова філософія [16] ґрунтується на технологічних і бізнес-принципах Індустрії 4.0 з акцентом на трьох базисних для неї принципах, узгоджених із ESG підходом: орієнтованість на людину, стійкість і сталість. Ця концепція спроможна доповнити закладений фундамент Індустрії 4.0, використовуючи дослідження та інновації як інструментарій, вдоскона-

Таблиця 2. Поточні здобутки компанії Метінвест в процесі цифрової трансформації

I. Цифрова дорожня карта (2020) – довгострокова програма, спрямована на повномасштабну стратегічну трансформацію; передбачає створення додаткової вартості та підвищення ефективності процесів шляхом комплексної інтеграції передових цифрових технологій у всі напрями діяльності.			
БІЗНЕС-ФУНКЦІЇ			
Виробництво	Автоматизація процесів планування виробництва з урахуванням повного спектра фактичних даних із метою підвищення ефективності операцій та ухвалення рішень; розроблення програми «Цифровий ГЗК».		
Продаж	Подальший прогрес у впровадженні CRM-системи на базі SAP, яка поширилася на торговельні підприємства Метінвесту в Україні та Західній Європі.		
Логістика	Підвищення ефективності функцій логістики.		
Закупівлі	Автоматизація процесу управління запасами протягом всього виробничого циклу.		
Ремонти	Автоматизація процесів ремонту й технічного обслуговування та розроблення архітектури передачі цільових даних для обліку енергоспоживання.		
Якість	Централізація цифрового контролю якості продукції та моніторингу виробничих і технологічних параметрів для швидкого ухвалення рішень та підвищення якості продукції.		
Сервіси	Автоматизація операційного планування сервісних служб з урахуванням всіх фактичних даних для підвищення ефективності розподілу ресурсів.		
Персонал	Використання рішень SAP HR; розроблення та впровадження єдиного цифрового робочого місця.		
Охорона праці та довкілля	Автоматизація реєстрації інцидентів та безпечного позиціонування співробітників на виробництві.		
Право	Оптимізація процесу управління контрактами та автоматизація управління земельними активами.		
Фінанси	Створення єдиного інформаційного простору для вихідних даних Групи та підвищення загального рівня внутрішнього контролю.		
Технології	Автоматизація процесів управління проектами та суміжних процесів.		
II. Цифровий ГЗК: пілотний проект «Цифровий кар'єр» (2021)			
Для підвищення ефективності роботи гірничотранспортного обладнання Метінвест розпочав реалізацію пілотного проекту «Цифровий кар'єр» на Інгuleцькому ГЗК. Пілотний проект дав змогу забезпечити дистанційне керування або повну автоматичну роботу 36 екскаваторів, 57 самоскидів, 14 бурових установок, 21 локомотива та 35 одиниць допоміжного обладнання в парку кар'єрної техніки.		У 2021 році для підвищення продуктивності та зниження споживання електроенергії розроблено десять параметрів для автоматизованого управління та понад 400 точок контролю для збагачувальних фабрик Північного та Інгuleцького ГЗК. Запровадження систем онлайн-моніторингу якості дасть змогу оптимізувати процес збагачення залізної руди.	
III. Цифрове робоче місце «Метаполіс» (2021)			
«Метаполіс» – інтерактивне середовище, що пропонує 45 систем обслуговування корпоративних клієнтів за принципом «єдиного вікна», що може використовуватися як на авторизованих корпоративних пристроях, так і на особистих. Цифрове робоче місце створене, щоб будь-який співробітник міг отримати повний доступ до бізнес-систем, корпоративних знань, комунікацій та внутрішніх послуг, незалежно від посади та місця перебування.		«Метаполісом» можна користуватися через веб- та мобільний інтерфейс. У грудні 2021 року майже 2800 співробітників скористалися системою «Метаполіс» на перших двох підприємствах – Метінвест Бізнес Сервіс та Центральний ГЗК. Впровадження сервісу триває на інших підприємствах, що працюють у системі SAP.	
IV. Інформаційна безпека Метінвест. Кіббезпека			
Метінвест застосовує комплексний підхід до посилення заходів інформаційної безпеки. Компанія використовує визнані галузеві стандарти з інформаційної безпеки, такі як ISO 27001, NIST 800-53, ISO 27002, ISO 27701 та ISO 27017.		Центр кібербезпеки є основною складовою системи управління інформаційною безпекою Метінвесту. Центр здійснює моніторинг IT-інфраструктури та виробничих процесів компанії, запобігаючи кібератакам та координуючи роботу IT-підрозділів під час інцидентів.	
ЦЕНТРИ ВНУТРІШНЬОЇ IT-ЕКСПЕРТИЗИ			
НДР	Автоматизація виробництва	Управління даними	Кібербезпека
Інфраструктура	Архітектурні рішення	Бізнес-додатки	
ЕКОСИСТЕМА ПАРТНЕРІВ: СВІТОВІ ЛІДЕРИ ТЕХНОЛОГІЙ У ГАЛУЗІ АПАРАТНОГО ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА СИСТЕМНІ ІНТЕГРАТОРИ			

Джерело: систематизовано авторами за Річним звітом Метінвест 2021 [15].

лювати та сприяти симбіозу людини й машини, гарантуючи, що економічні, екологічні та соціальні наслідки цифрової трансформації йдуть у ногу з технічним прогресом.

ВИСНОВКИ

За результатами дослідження, констатуємо про позитивну роль цифровізації для гірничих підприємств. Зміни відображаються на ефективності виробництва, продуктивності, позиціях підприємств на ринку та розвитку динамічних можливостях. Можемо впевнено стверджувати, що цифровізація призводить й до появи "зеленого" гірничого підприємства. Запорукою успішного впровадження цифрових технологій у бізнес-модель гірничого підприємства є подолання традиційні консервативних підходів у гірничій індустрії, активізація постійної роботи з навчання та підвищення кваліфікації робітників з урахуванням галузевої приналежності

та організаційно-технологічних особливостей підприємства; побудова галузевої інноваційної системи, що забезпечить інтенсифікацію трансферу технологій.

Література:

1. Michael E. Porter and James E. Heppelmann, "How smart, connected products are transforming companies". Harvard Business Review, October 2015. URL: <http://surl.li/erdoy> (дата звернення 10.01.2023).
2. Julie Bort, "Retiring Cisco CEO delivers dire prediction: 40 percent of companies will be dead in 10 years". Business Insider, June 2015. URL: <http://surl.li/erdpv> (дата звернення 10.01.2023).
3. Digital Economy and Society Index 2022: overall progress but digital skills, SMEs and 5G networks lag behind. URL: <http://surl.li/erdkd> (дата звернення 10.01.2023).

4. "УКРАЇНА 2030Е — країна з розвинутою цифровою економікою". URL: <http://surl.li/pmww> (дата звернення 18.01.2023).

5. Офіційний сайт наукометричної бази даних SCOPUS. URL: <https://www.scopus.com> (дата звернення: 25.01.2023).

6. Sima V, Gheorghe I.G, Subic J, Nancu D. Influences of the Industry 4.0 Revolution on the Human Capital Development and Consumer Behavior: a Systematic Review. Sustainability. 2020. № 12(10). DOI: <https://doi.org/10.3390/su12104035>.

7. Wang Guofa, Liu Feng, Pang Yihui, Ren Huaiwei & Ma Ying. Intelligent Coal Mine — Core Technical Support for High-Quality Development of Coal Industry. Journal of Coal Science. 2019. № 44(02). — P. 349—357. DOI: [doi:10.13225/j.cnki.jccs.2018.2041](https://doi.org/10.13225/j.cnki.jccs.2018.2041).

8. Охтеня О.О., Дасів А.Ф. Економіко-математичне моделювання довгострокового розвитку національної промисловості в умовах цифровізації з використанням виробничої функції. Економіка промисловості. 2021. № 4 (96). — С. 5—20. DOI: <http://doi.org/10.15407/econindustry2021.04.005>.

9. Kagermann H., Lukas W.D, and Wahlster W. (2011). "Industry 4.0: With the Internet of Things on the way to the 4th industrial revolution". VDI News, 2011. № 13 (1). — P. 2—3.

10. Lasi H., Fettke P., Kemper H. G., Feld T., and Hoffmann M. "Industrie 4.0". Wirtschaftsinformatik. 2014. № 56 (4). — P. 261—264. URL: <http://surl.li/erduq> (дата звернення 10.01.2023).

11. Oztemel E., Gursev S. "Literature review of Industry 4.0 and related technologies". Journal of Intelligent Manufacturing. 2020. № 31 (1). — P. 127—182. URL: <http://surl.li/erdwe> (дата звернення 13.01.2023).

12. Індустрія 4.0 в машинобудуванні. Стан в Україні та перспективи розвитку. Аналітичний звіт АППАУ. Вип. 1. URL: <http://surl.li/erdko> (дата звернення 10.01.2023).

13. Mueller E., Hopf H. Competence Center for the Digital Transformation in Small and Medium-Sized Enterprises. Procedia Manufacturing. 2017. № 11. — P. 1495—1500. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.281>.

14. McKinsey Global Institute. The internet of things: mapping the value beyond the hype. McKinsey&Company, 2015, pp. 74—81. URL: <http://surl.li/erdkx> (дата звернення 25.01.2023).

15. Річний звіт METINVEST, 2021. URL: <http://surl.li/erddd> (дата звернення 25.01.2023).

16. Рывак Н.О. Індустрія 5.0: перехід до стійкої та орієнтованої на людину промисловості. Економіка та управління національним господарством. 2022. № 155 (3). — С. 41—46. DOI: <https://doi.org/10.36818/2071-4653-2022-3-7>.

References:

1. Porter, M. E. and Heppelmann, J. E. (2015), "How smart, connected products are transforming companies", Harvard Business Review, October, available at <http://surl.li/erdoy> (Accessed 10 January 2023).

2. Bort, J. (2015), "Retiring Cisco CEO delivers dire prediction: 40 percent of companies will be dead in 10 years", Business Insider, June, available at <http://surl.li/erdpv> (Accessed 10 January 2023).

3. European Commission (2022), "Digital Economy and Society Index 2022: overall progress but digital skills, SMEs and 5G networks lag behind", available at <http://surl.li/erdkd> (Accessed 10 January 2023).

4. Ukrainian Institute for the Future (2023), "UKRAINE 2030E is a country with a developed digital economy", available at: <http://surl.li/pmww> (Accessed 18 January 2023).

5. The official site of the SCOPUS scientometric database (2023), available at <http://surl.li/pmww> (Accessed 25 January 2023).

6. Sima, V, Gheorghe, I.G, Subic, J and Nancu, D. (2020), "Influences of the Industry 4.0 Revolution on the Human Capital Development and Consumer Behavior: a Systematic Review", Sustainability, vol. 12(10). DOI: <https://doi.org/10.3390/su12104035>.

7. Wang, Guofa, Liu, Feng, Pang, Yihui, Ren, Huaiwei and Ma, Ying. (2019), "Intelligent Coal Mine — Core Technical Support for High-Quality Development of Coal Industry", Journal of Coal Science, vol. 44 (02), pp. 349—357. DOI: [doi:10.13225/j.cnki.jccs.2018.2041](https://doi.org/10.13225/j.cnki.jccs.2018.2041).

8. Ohten, O.O. and Dasiv, A.F. (2021), "Economic and mathematical modeling of the long-term development of the national industry in the conditions of digitalization using the production function", Ekonomika promyslovosti, vol. 4 (96), pp. 5—20. DOI: <http://doi.org/10.15407/econindustry2021.04.005>.

9. Kagermann, H., Lukas, W.D. and Wahlster, W. (2011), "Industry 4.0: With the Internet of Things on the way to the 4th industrial revolution", VDI News, vol. 13 (1), pp. 2—3.

10. Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H. G., Feld, T. and Hoffmann, M. (2014) "Industrie 4.0", Wirtschaftsinformatik, vol. 56(4), pp. 261-264, available at: <http://surl.li/erduq> (Accessed 10 January 2023).

11. Oztemel, E. and Gursev, S. (2020), "Literature review of Industry 4.0 and related technologies", Journal of Intelligent Manufacturing, vol. 31 (1), pp. 127—182, available at: <http://surl.li/erdwe> (Accessed 13 January 2023).

12. Fedak, M. (2018), "Industry 4.0 in mechanical engineering. The situation in Ukraine and prospects for development. Analytical report of the Association of Industrial Automation Enterprises of Ukraine", vol. 1, available at: <http://surl.li/erdko> (Accessed 10 January 2023).

13. Mueller, E. and Hopf, H. (2017), "Competence Center for the Digital Transformation in Small and Medium-Sized Enterprises", Procedia Manufacturing, vol. 11, pp. 1495—1500. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.281>.

14. McKinsey Global Institute (2015), "The internet of things: mapping the value beyond the hype", McKinsey&Company, pp. 74—81, available at: <http://surl.li/erdkx> (Accessed 25 January 2023).

15. METINVEST (2021), "Annual report", available at <http://surl.li/erddd> (Accessed 25 January 2023).

16. Ryvak, N.O. (2022), "Industry 5.0: transition to a sustainable and human-oriented industry", Ekonomika ta upravlinnia natsionalnym hospodarstvom, vol. 155 (3), pp. 41—46. DOI: <https://doi.org/10.36818/2071-4653-2022-3-7>.

Стаття надійшла до редакції 03.02.2023 р.