

Ю. М. Сафонов,
д. е. н., професор, заступник директора із науково-методичної роботи,
Державна наукова установа "Інститут модернізації змісту освіти"
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5623-1965>
А. М. Штангрет,
д. е. н., професор, Українська академія друкарства
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5179-4996>
Т. В. Олянишен,
к. т. н., доцент, Національний лісотехнічний університет України
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8276-5434>
Д. В. Багінський,
провідний фахівець відділу конкурсних торгів та закупівель,
Державна наукова установа "Інститут модернізації змісту освіти"
ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0004-8478-4881>

DOI: 10.32702/2306-6814.2023.9.12

ІНДУСТРІЯ 4.0: РОЗВИТОК ЛЮДСЬКОГО КАПІТАЛУ Й СОЦІАЛЬНІ ВИКЛИКИ

Yu. Safonov,
Doctor of Economic Sciences, Professor, Deputy Director for Scientific and Methodological Work,
State Scientific Institution "Institute of Education Content Modernization"
A. Stangret,
Doctor of Economic Sciences, Professor, Ukrainian Academy of Printing
T. Olyanyshen,
PhD in Technical Sciences, Associate Professor,
National Forestry University of Ukraine
D. Bahinskyi,
Leading Specialist of the Department of Competitive Bidding and Procurement,
State Scientific Institution "Institute of Education Content Modernization"

INDUSTRY 4.0: HUMAN CAPITAL DEVELOPMENT AND SOCIAL CHALLENGES

Індустрія 4.0 аналізується не лише в контексті здійснення четвертої промислової революції, а як дієвий інструмент посилення конкурентних позицій економічно розвинутих країн за рахунок широкого використання цифрових технологій у промисловому виробництві та сфері послуг. Впровадження кіберфізичних систем, як основної технології Індустрії 4.0, що уможливорює суттєво ширшу автоматизацію й роботизацію, провокує дисбаланс ринку праці, зокрема в частині зміни попиту на фізичну та висококваліфіковану працю. Людський капітал є драйвером Індустрії 4.0, що потребує належної уваги питанням розвитку з позиції працівника, підприємства та держави.

Метою дослідження є ретельний аналіз параметрів застосування Індустрії 4.0 у взаємозв'язку із процесом розвитку людського капіталу для визначення викликів, що мають місце в економічно розвинутих країнах, потребують адекватного й своєчасного внесення змін на державному й корпоративному рівні для підтримки високих темпів технологічного поступу та уникнення соціальних збурень.

Ретельний розгляд засад застосування Індустрії 4.0 в економічно розвинутих країнах із осучасненням розуміння категорії "людський капітал" було здійснено на основі застосування таких методів: історико-логічний; індукції та дедукції, порівняння і систематизації; синтезу і аналізу; морфологічного аналізу; абстрактно-логічний.

Обґрунтовано, що застосування Індустрії 4.0 як стратегії посилення конкурентних позицій національної економіки потребує перегляду засад розвитку людського капіталу, враховуючи зростаючу потребу у інтелектуально-креативних виконавцях, що здатні генерувати нові ідеї та застосовувати інноваційні підходи. Доведено, що зміни потреб якісних й кількісних характеристик найманих працівників провокують виникнення викликів, які потребують належної уваги зі сторони економічно розвинутих країн, а також їх наслідувачів, зокрема України, враховуючи мобільність робочої сили на світовому ринку праці.

Industry 4.0 is analyzed not only in the context of the implementation of the fourth industrial revolution, but as an effective tool for strengthening the competitive positions of economically developed countries due to the widespread use of digital technologies in industrial production and the service sector. The introduction of cyber-physical systems as the main technology of Industry 4.0, which enables significantly wider automation and robotics, provokes an imbalance in the labor market, in particular in terms of changes in demand for physical and highly skilled labor. Human capital is the driver of Industry 4.0, which requires due attention to development issues from the standpoint of the employee, the enterprise, and the state.

The purpose of the study is a thorough analysis of the parameters of the application of Industry 4.0 in relation to the process of human capital development in order to determine the challenges that occur in economically developed countries, which require adequate and timely changes at the state and corporate level in order to maintain high rates of technological progress and avoid social disturbances

A thorough review of the principles of Industry 4.0 application in economically developed countries with the modernization of the understanding of the "human capital" category was carried out on the basis of the following methods: historical and logical; induction and deduction, comparison and systematization; synthesis and analysis; morphological analysis; abstract and logical.

It is substantiated that the application of Industry 4.0 as a strategy for strengthening the competitive positions of the national economy requires a review of the principles of human capital development, taking into account the growing need for intellectual and creative performers who are able to generate new ideas and apply innovative approaches. It has been proven that changes in the needs of qualitative and quantitative characteristics of employees provoke the emergence of challenges that require due attention from the side of economically developed countries, as well as their imitators, in particular Ukraine, taking into account the mobility of the workforce in the global labor market.

Ключові слова: Індустрія 4.0, людський капітал, виклик, робоча сила, безробіття, цифрові технології, автоматизація, роботизація, кіберфізична система.

Key words: Industry 4.0, human capital, challenge, workforce, unemployment, digital technologies, automation, robotics, cyber-physical system.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Початок нового тисячоліття ознаменувався наявністю нових викликів для людства, реалізація яких відбувається стрімкими темпами, але без попередньо встановленого і важко прогнозованого результату. Технологічний поступ сприяє все більш активному застосуванню цифрових новацій у всіх сферах діяльності людини, створюючи передумови не лише

для задоволення інформаційних потреб, але й більш раціонального використання природних ресурсів для підтримання існування людства на планеті. У матеріалах World Economic Forum за назвою "The Future of Job Report 2020" [1] констатується факт пришвидшення темпів впровадження цифрових технологій. COVID-19, через обмеження підприємницької діяльності та загалом усіх процесів, що створювали заг-

розу для поширення смертельно небезпечного вірусу, надав новий поштовх для застосування цифрових технологій в межах кожного суб'єкта господарювання. Бізнес, за відсутності практики підтримки контакту із споживачами та контрагентами без особистого фізичного контакту, був приречений не лише на втрату конкурентних позицій, а загалом на ліквідацію. Поруч з цим, ті ж виклики стосуються й людини як найманої робочої сили та носія людського капіталу. Переваги, що формуються в частині економічно розвинутих країн за рахунок реалізації четвертої промислової революції, супроводжуються роботизацією й автоматизацією на більш глибокому рівні, де потреба у некваліфікованій фізичній праці зменшується. Технологічне безробіття стає реальністю й для кваліфікованих фахівців, завдання яких можна виконати із використанням штучного інтелекту. Водночас подальші високі темпи технологічного поступу потребують розвитку людського капіталу як основи генерування нових знань та спроможності використання результатів його застосування. Зважаючи на зростаючий розрив між країнами в частині їх поляризації на технологічно розвинуті, які реалізують в межах національних концепцій Індустрію 4.0, використовуючи цифровізацію як драйвер підвищення ефективності економіки й якості життя громадян, та ті, що поглиблюють сировинну орієнтацію за рахунок дешевої робочої сили й наявних природних ресурсів, то цифрова трансформація світової економіки та її складових потребує ретельного вивчення. Дослідження засад застосування Індустрії 4.0 із виявленням змін у формуванні людського капіталу покликано окреслити соціальні виклики, що потребують відповідного реагування на рівні держави, підприємства та кожної особистості.

МЕТА СТАТТІ

Мета дослідження полягає у визначенні сучасних параметрів Індустрії 4.0 як концепції, яка покладена в основу формування нових суспільно-економічних цінностей в економічно розвинутих країнах, із конкретизацією умов формування людського капіталу для виявлення викликів, що потребують своєчасної реакції задля уникнення соціальних збурень та підтримання поточних темпів технологічного поступу.

МЕТОДОЛОГІЯ

Ретельний розгляд засад застосування Індустрії 4.0 в економічно розвинутих країнах із осучасненням розуміння категорії "людський капітал" було здійснено на основі застосування таких методів: історико-логічний — для моніторингу змін у сприйнятті термінів "Індустрія 4.0" та "людський капітал"; індукції та дедукції, порівняння і систематизації — при дослідженні сутнісних характеристик термінів "Індустрія 4.0" та "людський капітал"; синтезу і аналізу — для визначення основних проблем розвитку людського капіталу в Україні; морфологічного аналізу — для уточнення змісту основних викликів, що виникають стосовно розвитку людського капіталу в процесі реалізації Індустрії 4.0; абстрактно-логічний — для теоретичних узагальнень і висновків дослідження.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ ДОСЛІДЖЕННЯ

Термін "Індустрія 4.0" вперше був застосований Н. Kagermann, W.-D. Lukas та W. Wahlster у 2011 р. під час Hannover Messe. Йшлося про проект трансформації німецької промисловості шляхом: 1) уможливлення роботи із великими даними та аналітикою на основі недорогих сенсорів та хмарних обчислень; 2) роботизації й автоматизації із новими взаємозв'язками між людиною й машиною; 3) посилення цифрового зв'язку на основі розумних сенсорів (Інтернет речей) [2]. В межах наступних двох років проект проходив апробацію в німецьких промислових групах, після чого його було взято за основу для створення концепції Індустрія 4.0. Уже у 2016 р. зазначена концепція стала основною темою World Economic Forum, що дало старт розробленню аналогічних стратегічних планів економічно розвинутих країнами (Італія — "La Fabbrica del Futuro", Великобританія — "High Value Manufacturing Catapult", США — "Industrial Internet Consortium", Франція — "Usine du Futur" тощо) задля більш ширшого застосування інформаційно-комунікаційних технологій у промисловому виробництві. Індустрія 4.0 доволі часто ототожнюється із четвертою промисловою революцією, зокрема в частині доведення її відмінностей від третьої промислової революції, у межах якої мав місце початок роботизації й автоматизації. Ця відмінність полягає не лише в масштабах застосування цифрових технологій, а й в об'єднанні машин в одну мережу, яка дозволяє їм обмінюватися даними для виконання поставлених завдань із мінімальною участю людини. Загалом кожен етап промислової революції перший: механізація із створенням фабрик та застосування пари як рушійної сили, другий: електрифікація, телеграф, радіо, виплавка сталі, третій: застосування інформаційно-комунікаційних технологій, роботизація й автоматизація, четвертий: зникнення меж між фізичними, цифровими й біологічними системами, що дозволяє створювати й використовувати нові технології, розвиток цифрової інфраструктури для об'єднання машин, що характеризується зміною сфери застосування найманої праці та зростанням кваліфікаційних вимог до виконавців, що провокує соціальні збурення через тимчасове зростання безробіття й необхідність здобуття нових знань.

Проведене узагальнення дозволило виявити факт постійного розвитку поглядів у розумінні Індустрії 4.0, що проілюструємо наявністю відмінних підходів. М. Rußmann, M. Lorenz, P. Gerbert, M. Waldner та ін. розглядають Індустрію 4.0 як певну модель, яка послугує світовим компаніям для створення вертикальних систем, що об'єднують машини на основі застосування таких технологій як Big Data and Analytics, Autonomous Robots, Simulation, Horizontal and Vertical System Integration, The Industrial Internet of Things, Cybersecurity, The Cloud, Additive Manufacturing, Augmented Reality [3, с. 20]. Фактично такий підхід є розвитком базового розуміння, що було закладено Н. Kagermann, W.-D. Lukas та W. Wahlster, але із вищим рівнем деталізації технологічної складової. R. Geissbauer, S. Schrauf, V. Koch та S. Kuge у своїх міркуваннях відштовхуються не від засобів, а способів їх застосування, тому в їх розумінні Індустрія 4.0 виступає як "...новий рівень орга-

нізації та контролю над ланцюгом життєвого циклу товарів, який орієнтований на задоволення індивідуальних потреб споживачів... цей цикл починається з ідеї товару, охоплює розміщення замовлення, розробку товару та його комерційне виробництво, а також постачання товару кінцевим споживачем і завершується утилізацією" [4, с. 52]. у окреслених концепціях, окрім цілісності бачення життєвого циклу товару, підкреслюється спроможність задоволення індивідуальних потреб споживача за рахунок цифрових технологій та високого рівня інтеграції усіх машин у межах єдиного циклу. L. Dalenogare, G. Benitez, N. Ayala та A. Frank [5, с. 383—384] відходять від технологічного аспекту, чи погляду окремої компанії щодо ефективності застосування переваг Індустрії 4.0, а концентруються на макрорівні, тобто визначають національні особливості впровадження цієї концепції та ті ризики, що можуть мати місце в економіці та суспільства. Схожі позиції містяться і в публікації M. Ghobakhloo [6], який розглядає проблематику збереження стійкості національної економіки за різних сценаріїв застосування Індустрії 4.0. Загалом вказані визначення доповнюються і створюють уявлення про Індустрію 4.0 як складний процес, реалізація якого можлива за наявності відповідного підґрунтя, зокрема успішного досвіду третьої промислової революції, а також об'єднання зусиль держави та бізнесу не лише для досягнення економічних цілей, але й уникнення викликів щодо суспільства, оскільки йдеться про чергову трансформацію, яка пов'язана із зміною в попиті на робочу силу, що є носієм людського капіталу. Все складніші технології створення суспільного продукту потребують залучення виконавців із відповідним людським капіталом, формування якого можливе завдяки узгодженості в діях держави, бізнесу й особи, тобто значних інвестицій кожної із сторін, коли потреба в кількості таких найманих працівників обмежується вищим рівнем роботизації й автоматизації.

Існуюча обмеженість у застосуванні Індустрії 4.0 в межах певної національної економіки обумовлена змістом основних характеристик, якими згідно [7, с. 6] виступають: 1) вертикальна мережа інтелектуальних виробничих систем; 2) горизонтальна інтеграція через нове покоління мереж ланцюга створення вартості; 3) інженерна підтримка всього ланцюга створення вартості; 4) прискорення, завдяки застосуванню експоненціальних технологій. На створення й постійне покращення цих параметрів із подальшим досягненням очікуваних результатів здатні лише 25 країн світу [8]. Європейським парламентом [9] були окреслені переваги від переходу до Індустрії 4.0, які можна уточнити та доповнити наступним чином:

- новий рівень взаємодії між людиною й машиною на основі кіберфізичних систем;
- віртуалізація процесу функціонування автономних підприємств;
- покращення системи управління ланцюгами, створення вартості на основі швидкого обміну даними;
- децентралізація, прийняття рішення на основі технології штучного інтелекту;
- можливість у реальному часі отримувати і опрацьовувати значні об'єми інформації;

— сервісна орієнтація, що сприяє розширенню масштабів застосування цифрових технологій на існуючій базі;

— модульність, що забезпечує швидку адаптацію кіберфізичних систем;

— новітні цифрові бізнес-моделі, застосування яких сприяє створенню більшої доданої вартості при задоволенні індивідуальних потреб споживачів.

Загалом усі перелічені переваги сприяють подальшому посиленню окремих груп країн їх конкурентних позицій у світовому економічному просторі із збільшенням розриву від інших, що провокує посилення міграційних процесів через різницю у рівні життя.

Базовою технологією для Індустрії 4.0 виступають кіберфізичні системи (Cyber-Physical System — CPS), які являють собою поєднання smart systems із апаратним й програмним забезпеченням, що у сукупності створює можливість обміну даних між машинами в межах однієї системи задля їх опрацювання й використання у фізичних процесах, зокрема створенні суспільного продукту. Edward A. Lee [10, с. 363—369] доводить, що рівень кіберфізичних систем сьогодні фактично визначає ступінь присутності людини у промисловому виробництві, тобто чим більш автономні такі системи, тим менша кількість працівників певного підприємства. Водночас здатність роботи фахівців з такими системами визначається переліком критеріїв, в основі яких лежить особистий людський капітал та спроможність підприємства й держави його розвивати. Типові операції щодо обробки сировини й матеріалів за заздалегідь створеними технологічними картами із подальшим комплектуванням готових виробів виконуються машинами, але розроблення нових інноваційних продуктів у відповідності до потреб споживачів потребує креативного підходу, що вимагає інтелектуальної праці людини.

Кіберфізичні системи є базовою технологією, на основі якої формуються інші, перелік яких нами наводився в процесі цитування міркувань M. Rußmann, M. Lorenz, P. Gerbert, M. Waldner та ін. стосовно суті Індустрії 4.0. Поруч з цим, вважаємо за доцільне підкреслити той важливий момент, що початкова орієнтація на виведення промислового виробництва на новий етап розвитку за рахунок широкого застосування цифрових технологій поступово трансформується у більш широку сферу застосування Індустрії 4.0. В дослідженні H. Kagermann, R. Anderl, J. Gausemeier, G. Schuh, W. Wahlster та ін. [11, с. 74], проведеному у 2016 р., відзначалося, що серед 150 опитаних експертів 26% складали ті, що були прихильниками розуміння Індустрії 4.0 як розроблення мереж та застосування цифрових технологій, 20% — орієнтувалися на оптимізацію виробництва, 20% — вбачали можливість виробництва смарт-товарів, 18% — передбачали автоматизацію промислового виробництва. Сьогодні відзначається посилення орієнтації уже не на промислове виробництво, а на сферу послуг, зокрема завдяки поступу у розвитку таких технологій як електронна торгівля, кібербезпека, технології опрацювання тексту, голосу і зображення тощо. Для прикладу, у США і в Китаї більше уваги приділяється розробленню й виробництву смарт-товарів, створення й розширення досту-

пу споживачів до Інтернет-платформ, зокрема для електронної торгівлі. Цей момент є також важливий, оскільки має місце розширення зони тиску на найманих працівників через їх відповідність вимогам щодо роботи із такими технологіями.

Уже існуючий досвід застосуванням Індустрії 4.0 в економічно розвинутих країнах засвідчує, що окреслені вище переваги поєднуються із загрозами, які виникають через трансформацію не лише у промисловому виробництві й сфері послуг, але й на ринку праці, у питаннях взаємодії працівника й підприємства та формуванні й розвитку людського капіталу. Поєднання результатів кількох аналітичних досліджень [12] дозволило виділити перелік загроз у такій сукупності:

- зростання обсягів інформації в геометричній прогресії, що ускладнює їх опрацювання й ефективність використання в процесі прийняття рішень;

- втрата даних;

- дефіцит кваліфікованих фахівців, які здатні взаємодіяти із кіберфізичними системами на необхідному рівні;

- відсутність у найманих працівників потрібних навичок й здібностей, прагнення до саморозвитку та зацікавленості в інвестуванні, покращення інтелектуальних здібностей.

Сформований перелік доводить важливість приділення уваги питанням формування й розвитку людського капіталу, рівень якого визначає темпи впровадження Індустрії 4.0.

Україна розпочала свій шлях до індустрії 4.0 у 2018 р. із схвалення Концепції розвитку цифрової економіки та суспільства України на 2018-2020 рр., але суттєвими перепонами, що ускладнюють цей процес залишаються як дисбаланс в економіці через поточну сировинну орієнтацію у виробництві сільськогосподарської продукції та видобування корисних копалин, так і військова агресія російської федерації. Окрім цього потрібно також відзначити вагомий вплив загроз, що пов'язані із: неготовністю необхідної інфраструктури, що унеможливує застосування уже існуючих технологій й налагодження вітчизняного виробництва; низька інноваційна активність українських товаровиробників через відсутність необхідних інвестиційних ресурсів та обмежений внутрішній попит на розумні продукти внаслідок низької купівельної спроможності населення; недостатній рівень взаємодії між державою, бізнесом і суспільством; трудова міграція висококваліфікованих фахівців через суттєво відмінні умови праці та рівень оплати праці; існуюча неузгодженість між державою, підприємством та найманим працівником щодо розвитку людського капіталу через існування ризиків у кожній із сторін, що гальмує загальний процес.

Підводячи проміжні підсумки, доцільно акцентувати увагу на тому факті, що нами попередньо неодноразово підкреслювався факт існуючої залежності між Індустрією 4.0 та людським фактором як то в питання необхідної кількості виконавців й можливого зростання безробіття та/або дефіциту кваліфікованих фахівців, що здатні взаємодіяти із кіберфізичними системами, так і важливості розвитку людського капіталу, що надає поштовх технологічному поступу. Загалом зазначене створює

необхідне підґрунтя для подальшого розгляду людського капіталу.

Авторство терміну "людський капітал" належить Т. Shultz, але у своїх дослідженнях він опирався на доробок науковців старшого покоління, до числа яких належать W. Petty, A. Smith, A. Marshall, K. Marx та інші. Фактично йдеться про те, що необхідність виокремлення людського капіталу існувала давно, але втілення відбулося лише у 60-х роках минулого століття. Т. Shultz пропонував розуміти під людським капіталом "...продуктивний чинник, головний двигун і фундамент індустріальної, постіндустріальної економіки та інноваційної інформаційної економіки. Основні результати інвестицій у людину — накопичення здібностей людей до праці, їх ефективна творча діяльність у суспільстві, підтримка здоров'я" [13, с. 384]. Така позиція як підкреслює визначальну роль людського капіталу у розвитку економіки, так і конкретизує процес його формування шляхом здобуття нових знань та підтримка фізичного й психологічного стану кожної особистості. G. Becker [14, с. 539], як послідовник Т. Shultz та автор теоретичної моделі людського капіталу, доводив необхідність розуміти під цим поняттям "...сукупність навичок, знань й умінь людини", а як інвестиції вчений розглядав переважно витрати на освіту та навчання, що є вужчим, але підкреслює необхідність інвестицій, які як процес є постійними та потребують подальшого застосування для отримання очікуваного результату. Серед інших відомих позицій нами виділено твердження академіка А. Чухно, який розглядає людський капітал як "...одну зі складових інтелектуального капіталу, що втілений у працівників компанії через досвід, знання, навички, здібності до нововведень, а також у загальній культурі, філософії установи, її внутрішніх цінностей, прикладених до виконання поточних завдань" [15]. Важливою відмінністю такої позиції є констатація зв'язку між особою як носієм людського капіталу та компанією, яка створює належні умови для його ефективного застосування.

Від моменту початку активного застосування терміну "людський капітал" відбулося поглиблення його розуміння, враховуючи сприйняття природних здібностей, таланту, рівня освіти й кваліфікації певної особи, які потрібно розвивати шляхом особистого інвестування й створення відповідних сприятливих умов зі сторони роботодавця й держави задля використання у виробничому процесі й отриманні доходу для найманого працівника, прибутку для підприємства та соціально важливого продукту для суспільства.

Людський капітал, будучи специфічною формою капіталу, характеризується рядом відмінних характеристик, серед яких у контексті поставленого дослідження доцільно окреслити наступні:

- невіддільність від носія, тобто людини;

- існування в реальному часі із можливою безпозовотною повною або частковою втратою через невикористання;

- розвиток спирається на спадкові та набуті здібності;

- формування пов'язано із витратами людини, підприємства та держави;

- потребує певного періоду часу для здобуття необхідних навичок і здібностей;

— характеризується можливістю подвійного використання для носія, тобто в межах виконання виробничих завдань і за межами підприємства для вирішення інших життєво важливих питань;

— придатний для створення інновацій, а відтак конкурентних переваг для підприємства та покращення конкурентної позиції держави;

— зменшується через втрату фізичної й розумової активності носія;

— виступає визначальним чинником для соціально-економічного зростання суспільства;

— за рівнями може бути структурований як "особистий" (формується на основі спадкових здібностей, здобутої освіти, сформований знань та на основі практичного досвіду), "мікроекономічний" (об'єднання особистого людського капіталу усіх працівників підприємства на основі організації їх взаємодії та застосування заходів щодо розвитку), "макроекономічний" (стосується усіх громадян і потребує дієвої системи освіти, охорони здоров'я та сприятливого середовища для підприємницької діяльності).

Розглянута класифікація вказує на складність людського капіталу як категорії, а також встановлює тісний зв'язок між особою, підприємством та державою в аспектах формування, розвитку і ефективного використання задля узгодженого досягнення кожної із сторін. Ці ж фактори проявляються в аспектах формування й розвитку людського капіталу, виходячи з того, що його зміна потребує часу та відповідного соціально-культурного середовища, яке формується сім'єю, традиціями громади, корпоративною культурою та орієнтирами у розвитку держави. Розвиток неможливий без інвестицій, які умовно класифікуються за рівнями ("особистий", "мікроекономічний" та "макроекономічний") та сферами застосування (освіта, здоров'я та мобільність). Інвестиції в освіту передбачають здобуття знань у процесі загального й спеціального, формального й неформального навчання упродовж життя, що можливе за наявності розгалуженої системи навчальних закладів та підвищення кваліфікації на виробництві. Відповідно формування висококваліфікованих фахівців є результатом цілеспрямованості особи щодо самовдосконалення, зацікавленості підприємства у розвитку професійних здібностей працівників та спроможності держави підтримувати дієвість відповідної інфраструктури. Темпи розвитку й тривалість реалізації особистого людського капіталу в значній мірі визначаються фізичним й психологічним станом, що, окрім спадковості, залежить від ефективності функціонування системи медичних закладів та політики підприємства стосовно профілактики професійних захворювань. Загалом розглянуті чинники доводять, що результат використання людського потенціалу, зокрема і стосовно Індустрії 4.0, потребує попередньо створеної системи освіти й охорони здоров'я, які змінюються у відповідності до потреб населення. Тривалість процесу розвитку людського капіталу потребує не лише значного ресурсного забезпечення, але й супроводжується ризиками, зокрема зі сторони підприємства та держави. Інвестування в найманого працівника стосовно підвищення його кваліфікаційного рівня пов'я-

зано як мінімум із недоборочесністю останнього, що проявляється у зміні місця роботи. Трудова міграція є ризиком для держави, коли кваліфіковані працівники сприяють формуванню доданої вартості на підприємствах інших країн. Такі контекстні узагальнення підтверджують потребу комплексного підходу у вирішенні проблеми формування, розвитку й використання людського капіталу як основи впровадження Індустрії 4.0.

Кількісний вимір рівня людського капіталу дозволяє отримати Human Development Index, складовими якого виступають: очікувана тривалість життя, очікувана тривалість навчання, середня тривалість навчання та валовий внутрішній продукт на душу населення. У відповідності до даних, що представлені у Report 2021/2022 [16] лідируючі позиції посідають: Швейцарія, Норвегія та Ісландія, коли Україна лише 77 місце. Ці дані дозволяють хоча б коротко зупинитися на основних проблемах розвитку людського капіталу в Україні, до яких можна віднести:

— катастрофічні темпи скорочення населення (за даним державної служби статистики України [17] на 1 січня 2021 р., тобто до початку широкомасштабної агресії російської федерації, в Україні нараховувалося 41 588 тис. осіб, коли у 1990 р. — 51 838,5 тис. осіб);

— погіршення демографічної структури населення через зростання частки осіб у віці 60 років і старше (на 1 січня 2021 р. — 24,44%, коли на аналогічну дату 1990 р. — 18,33%);

— високий рівень коефіцієнта смертності (кількість померлих на 1000 наявного населення), який у 2021 р. склав 18,5%, є наслідком недостатньо високого рівня розвитку системи охорони здоров'я та низької купівельної спроможності, що обмежує доступ до збалансованого та здорового харчування, що проявляється у домінуванні в структурі причин смертності хвороб пов'язаних із кровообігом (62%);

— зниження освітнього потенціалу через відставання системи освіти від реальних потреб ринку та відсутності умов навчання й покращення кваліфікаційного рівня упродовж життя;

— незадовільний рівень оплати праці, що провокує масштабну трудову міграцію через яку Україна входить до десятки країн-донорів робочої сили;

Нами загалом окреслено проблеми розвитку людського капіталу в Україні, але їх зміст, в доповнення до раніше розглянутих проблемних моментів, вказує на факт існування суттєвих перепон для активного впровадження Індустрії 4.0. Поруч із національними особливостями доцільно також враховувати й іноземний досвід, зокрема у частині існування та посилення соціальних викликів.

Обговорення. Попередньо нами з'ясовано параметри Індустрії 4.0 та сутність такої категорії як "людський капітал", у процесі дослідження неодноразово підкреслювався існуючий зв'язок та різноаспектний вплив. В подальшому увага буде зосереджена на окремих моментах, які переважно пов'язані із соціальними викликами, що наявні в економічно розвинутих країнах та можуть мати місце і в Україні. Зазначене дозволяє визначити наступні фактори впливу розвитку Індустрії 4.0 на людський капітал:

— впровадження кіберфізичних систем, що забезпечує роботизацію й автоматизацію у більших масштабах та не лише зменшує потребу в робочій силі, але й провокує виникнення технологічного безробіття;

— комп'ютеризація робочих місць із можливістю віддаленого виконання завдань, що набуло особливої актуальності під час COVID-19;

— збільшення попиту на творчих працівників, що здатні креативно підходити до вирішення раніше неіснуючих проблем;

— мобільність працівників за рахунок використання цифрових технологій без будь-яких географічних обмежень із гнучким графіком виконання завдань;

— швидка зміна вимог до робочої сили через високі темпи технологічного поступу, що провокує зникнення або трансформацію існуючих професій;

— зростання величини інвестицій для розвитку людського капіталу;

— динамічні та відмінні зміни на ринку праці в країнах із різним рівнем економічного розвитку.

Враховуючи, що окремі концепти нами частково оприлюднилися, а в інших простежується певний об'єктивно-суб'єктивний зв'язок, то розпочнемо із суттєвості впливу автоматизації й роботизації, який досліджувався Європейським фондом, а результати були оприлюднені у звіті "Game-changing technologies: Transforming production and employment in Europe" [18]. Експерти, на основі дослідження восьми чинників (передова робота, адитивне виробництво, Інтернет, електромобілі, автономні транспортні засоби, промислові біотехнології, блокчейн, віртуальна і доповнена реальність) виявили й обґрунтували вплив Індустрії 4.0 на людський капітал через необхідність зміни професії шляхом набуття нових цифрових навичок працівниками, які раніше були залучені до виконання низько кваліфікованої і фізичної праці. Зроблені висновки стосовно збільшення інвестицій в людський капітал підтверджуються і в матеріалах Всесвітнього економічного форуму 2019 р. [19], де було заявлено про необхідність підвищення кваліфікації 1,37 млн найманих працівників у США, що потребує додаткового фінансування у розмірі 34 млрд дол. США. Раніше зроблені узагальнення дозволяють стверджувати, що збільшення інвестиційної активності стане необхідністю для працівника, підприємства й держави, що є новим соціальним викликом, який не може залишитися поза увагою.

Інший фактор впливу Індустрії 4.0 через збільшення рівня автоматизації науковцями розглядається у поєднанні із проблематикою безробіття. G. Leonhard [20, с. 208] доводить існування прямо пропорційного зв'язку між рівнем автоматизації виробництва й безробіття. Водночас щодо можливого рівня автоматизації, а відтак й змін на ринку праці, у наукових колах відбуваються дискусії щодо цієї тези. Для прикладу, у звіті PWC [21] прогнозується, що до 2030 р. автоматизація може сягнути рівня 45% і в найбільшій мірі буде стосуватися працівників із низькою освітою та напівкваліфікованих робочих місць. Водночас M. Arntz, T. Gregory, U. Zierahn [22], на основі відстеження тенденцій в темпах автоматизації та змін на ринку праці в 21 країні, доводять хибність існуючих на сьогодні очікувань, адже, для при-

кладу в Австрії автоматизованими можуть бути не більше 12% робочих місць, а середній рівень по усіх країнах близький до 9%. Зазначене ґрунтується на впливі таких факторів як необхідність значних інвестицій в автоматизацію при наявності дешевої робочої сили, чутливість суспільства до зростання безробіття та існуюча потреба творчого підходу до виконання завдань, що можливо за участю людини, але не машини. Зроблені висновки в повній мірі узгоджуються із висновками McKinsey Global Institute [23, с. 135], експерти якого проаналізувавши більше 2000 видів робіт, що виконувалися працівниками 800 професій, стверджують про можливість повної автоматизації лише 5%. Водночас стосовно інших можливим є автоматизація до 60% операцій, що створює підґрунтя розуміння подальших змін на ринку праці не в ракурсі ліквідації професій, а скоріше коригування вимог до робочої сили, що безпосередньо пов'язано із розвитком людського капіталу, адже буде полягати у більш глибокому оволодінні цифровими компетентностями. Наступний виклик нами також пов'язується із автоматизацією, але через посилення тиску на психологічний стан найманого працівника через постійно існуючу необхідність підвищення кваліфікації та існування ризику втрати робочого місця за відсутності прогресу в цьому питанні. Для роботодавця цей момент є складним, адже потребує постійного удосконалення мотиваційного механізму для підтримки працівника до самоудосконалення, виходячи із неможливості повної автоматизації усіх виробничих процесів, зокрема в частині інноваційної діяльності. В публікації K. Roose [24] підводиться необхідне підґрунтя для розгляду ще одного виклику, який спричинений автоматизацією та більш активним застосуванням штучного інтелекту, коли найманий працівник попри всі зусилля не зможе перевершити машину у застосуванні *hard skills*. Така ситуація вимагає більш активного розвитку *soft skills* для формування гнучкості й посилення своїх конкурентних переваг на ринку праці за рахунок вищого рівня комунікабельності, здатності креативно підходити до вирішення проблем, проявляти інноваційну активність, підтримувати темп фізичного й розумового розвитку на усіх етапах трудової діяльності. Ці міркування також створюють основу для розгляду наступного виклику, який пов'язаний уже не лише з особою найманого працівника, але стосується підприємства та держави. Йдеться про необхідність постійного удосконалення системи формальної й неформальної освіти задля підтримання необхідних темпів розвитку людського капіталу. Складність здійснення своєчасних змін у наповненні освітньої складової закладів освіти через бюрократизацію та бажання уникнути роботодавцем ризиків втрати інвестицій через звільнення кваліфікованого фахівця безпосередньо впливає на людський капітал і не лише на темпи його розвитку, але й поточний стан.

Більш активне застосування цифрових технологій у межах Індустрії 4.0 провокує виникнення також виклику, що пов'язаний із поглибленням розшарування груп найманих працівників за володінням різною кваліфікацією і вміннями. Та категорія робочої сили, що буде здатна до взаємодій із кіберфізичними системами, зокрема їх обслуговувати та продукувати інноваційні оріє-

нтири у функціонуванні — буде претендувати на вищу заробітну плату. Робота другої групи, яка буде спроможна підтримувати контакт із споживачами та задовольняти потреби, які недосяжні машинами, — оплачуватиметься на середньому рівні, а низько кваліфікована робота може бути мало затребованою, а відтак й низько оплачуваною. Загалом такий розподіл посилить соціальне напруження як в межах окремої країни, так й на міжнародному рівні. Цей виклик пов'язаний із посиленням дисбалансу на ринку праці, коли буде мати місце переважання попиту над пропозицією стосовно креативно-інтелектуальної робочої сили та зворотні тенденції щодо типової фізичної праці з мінімальними цифровими компетентностями. В більших масштабах Індустрія 4.0 спричинить зменшення конкурентних переваг менш економічно розвинутих країн за рахунок дешевої робочої сили. Автоматизація сприяє заміні значної частини фізичної праці, а відтак промислове виробництво буде повертатися до країн-лідерів економічного розвитку, тобто США та ЄС, тим самим створюючи кризу на ринку праці Китаю. В умовах Індустрії 4.0 має місце індивідуалізація задоволення потреб споживачів, що потребує тісного контакту виробника з клієнтом та більш ретельного контролю за якістю виконання замовлення, коли економія витрат на робочій силі втрачає важливість.

В Україні темпи економічного розвитку поступають країнам-лідерам, а відтак й виклики, спричинені Індустрією 4.0 мають дещо інший зміст, що можна пояснити наступними обставинами:

- у межах останніх 10-15 років відбувається деіндустріалізація національної економіки, що створює додаткові перешкоди для запровадження високих технологій у промисловості;

- більш активне застосування має місце в сфері послуг, зокрема за рахунок цифровізації банківських послуг та державного регулювання, прикладом чого є вдале впровадження системи "Дія";

- значна частина національної економіки перебуває в тіні, що не забезпечує інноваційної активності товаровиробникам;

- COVID-19 та масштабна військова агресія зі сторони російської федерації з 24 лютого 2022 р. спричинили гальмування економічної процесів у країні, одним із результатів чого стала значна кількість біженців та внутрішньо переміщених осіб із критично високим рівнем внутрішнього безробіття.

Представлені факти дозволяють стверджувати, що соціальні виклики спричинені Індустрією 4.0 для України пов'язані із: відсутністю робочих місць для інтелектуально-креативної робочої сили, що провокує трудову міграцію; спроможність висококваліфікованих фахівців виконувати роботи для іноземних замовників без перетину кордону спричиняє вагому різницю в оплаті праці, а відтак посилює розшарування населення за рівнем доходів; нездатність українських роботодавців конкурувати за кваліфікованих фахівців із іноземними конкурентами; втрати людського капіталу України в наслідок витрат на підготовку робочої сили із подальшим створенням нею додатної вартості на виробництві в інших країнах шляхом трудової міграції.

ВИСНОВКИ

Індустрія 4.0 сьогодні виступає не лише концепцією та стратегією у розвитку, але й певним критерієм, що визначає розподіл країн на високотехнологічні та сировинно орієнтовані. Перешкодою для приєднання до групи країн-лідерів стають результати реалізації перших трьох етапів промислової революції та готовності широкого застосування цифрових технологій зі сторони бізнесу та населення. Особливістю Індустрії 4.0 виступає створення й широке застосування кіберфізичних систем, що уможлиблює роботизацію й автоматизацію на більш глибокому рівні. Поруч з цим спільною із попередніми етапами промислової революції є проблематика у змінах на ринку праці, коли перед загрозою безробіття значній кількості найманих працівників потрібно пройти адаптацію як у зміні професій, так й покращенні своїх навичок й здібностей, тобто розвинути особистий людський капітал.

Існуючий на сьогодні досвід вказує, що масштабність застосування кіберфізичних систем визначає ступінь і характер присутності найманих працівників у промисловому виробництві. Поруч із зменшенням потреби у фізичній праці, зростає потреба і в креативно-інтелектуальному підході до вирішення нетипових завдань, що провокує зростання потреби в кваліфікованих та інноваційно орієнтованих працівниках.

Початкова орієнтація Індустрії 4.0 на промислове виробництво зазнала змін, і сьогодні поширюється й на сферу послуг, що актуалізує проблематику розвитку людського капіталу на суттєво ширше коло найманих працівників та підприємств. Відтак має місце збільшення попиту на творчих працівників, що володіють цифровими компетентностями, проявляють гнучкість в організації взаємодії із підприємством за рахунок віддаленої роботи, здатні самоудосконалюватися та підтримувати високі темпи продуктивної роботи в межах усіх етапів трудової діяльності. Водночас попит на висококваліфікованих фахівців потребує удосконалення системи мотивації праці та розвитку людського капіталу і зі сторони бізнесу, виходячи з того, що така робоча сила виступає основним драйвером підтримки й покращення конкурентної позиції.

Вивчення існуючого на сьогодні досвіду країн-лідерів у реалізації Індустрії 4.0 дозволило виділити ряд викликів, що безпосередньо пов'язано із розвитком людського капіталу. До таких викликів було віднесено: зростання величини інвестицій в розвиток людського капіталу через збільшення актуальності цифрових компетентностей для найманих працівників та підприємств; зменшення попиту на робочу силу із низьким рівнем освіти; посилення психологічного тиску на працівників через зростання масштабів автоматизації; важливість для робочої сили розвитку soft skills для збереження своїх конкурентних переваг; необхідність покращення формальної й неформальної освіти для підвищення кваліфікаційного рівня працівників; удосконалення системи оплати праці із орієнтацією на стимулювання працівників до саморозвитку; дисбаланс на ринку праці через зменшення попиту на фізичну працю та зацікавленість роботодавців в інтелектуально-креативних виконавцях; втрата окремих країн конкурентної переваги в дешевій робочій силі через мож-

ливість автоматизувати більшість процесів. Попри те, що Україна робить перші кроки до впровадження Індустрії 4.0, які гальмується поточною деіндустріалізацією, сировинною орієнтацією та військовими діями на території країни, виділені виклики є актуальними, адже уже сьогодні, поруч із поглибленням демографічної кризи, відбувається нераціональне використання людського капіталу через витрачання значних ресурсів для розвитку при подальшому посиленні трудової міграції. Застосування програм реагування на ці виклики на державному та корпоративному рівнях має сприяти зменшенню негативних тенденцій у національній економіці.

Література:

1. The Future of Job Report 2020. World Economic Forum: website. URL: <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2020> (Last accessed: 10.03.2023).
2. Kagermann H., Lukas W.-D., Wahlster W. Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution. Wolfgang Wahlster. URL: http://www.wolfgangwahlster.de/wordpress/wpcontent/uploads/Industrie_4_0_Mit_dem_Internet_der_Dinge_auf_dem_Weg_zur_vierten_industriellen_Revolution_2.pdf (Last accessed: 10.03.2023).
3. Industry 4.0. The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries / M. Rußmann, M. Lorenz, P. Gerbert, M. Waldner et. al. Boston Consulting Group. April 2015. 20 p.
4. Industry 4.0 — Opportunities and Challenges of the Industrial Internet / R. Geissbauer, S. Schrauf, V. Koch, S. Kuge. PricewaterhouseCoopers Aktiengesellschaft Wirtschaftsprüfungsgesellschaft, December 2014. 52 p.
5. Dalenogare L.S., Benitez G.B., Ayala N.F., Frank A.G. The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. International Journal of Production Economics. 2018. № 204. P. 383—394.
6. Ghobakhloo M. Industry 4.0, digitization, and opportunities for sustainability. Journal of Cleaner Production. 2020. № 252. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652619347390>. (Last accessed: 10.03.2023).
7. Industry 4.0: Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies. Deloitte: website. URL: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ch/Documents/manufacturing/ch-enmanufacturing-industry-4-0-24102014.pdf> (Last accessed: 10.03.2023).
8. Only 25 countries well-positioned to benefit from Industry 4.0 according to new World Economic Forum report. 13 Feb 2018. URL: <https://www.edb.gov.sg/en/business-insights/insights/only-25-countries-well-positioned-to-benefit-from-industry-4-0-according-to-new-world-economic-forum-report.html> (Last accessed: 10.03.2023).
9. European parliament. (2016). Directorate general for internal policies. Policy department A: economic and scientific policy. Industry 4.0. URL: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL_STU\(2016\)570007_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL_STU(2016)570007_EN.pdf) (Last accessed: 10.03.2023).
10. EA Lee, "Cyber Physical Systems: Design Challenges", 2008 11th IEEE International Symposium on Object and Component-Oriented Real-Time Distributed Computing (ISORC), Orlando, FL, USA, 2008, pp. 363—369, doi: 10.1109/ISORC.2008.25.
11. Industrie 4.0 in a Global Context Strategies for Cooperating with International Partners / H. Kagermann, R. Anderl, J. Gausemeier, G. Schuh, W. Wahlster (Eds.); acatech STUDY. Herbert Utz Verlag GmbH, 2016. 74 p.
12. Kagermann, H., Anderl, R., Gausemeier, J., Schuh, G., & Wahlster, W. (Eds.). (2016). Industrie 4.0 in a Global Context Strategies for Cooperating with International Partners. acatech STUDY. Herbert Utz Verlag GmbH.; The Future of Job Report 2020. World Economic Forum: website. URL: <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2020> (Last accessed: 10.03.2023).
13. Shultz T.W. Human Capital in the International Encyclopedia of the Social Sciences. N.Y., 1968. 384 p.
14. Becker G. Human Capital. N.Y.: Columbia University Press. 1964. 539 p.
15. Chukhno, A.A. (2003), Postindustrial'na ekonomika: teoriia, praktyka ta znachennia dlia Ukrainy [Postindustrial economy: theory, practice and value for Ukraine], Lotos, Kyiv, Ukraine.
16. Human Development Reports 2021.2022. Available at: <https://hdr.undp.org/content/human-development-report-2021-22> (Last accessed: 10.03.2023).
17. State Statistics of Ukraine. Statistical information. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/> (Last accessed: 10.03.2023).
18. Eurofound (2020). Game-changing technologies: Transforming production and employment in Europe, Publications Office of the European Union, Luxembourg. URL: <https://www.eurofound.europa.eu/de/publications/report/2020/game-changing-technologies-transforming-production-and-employment-in-europe#tab-01> (Accessed: 10.03.2023).
19. Centre for New Economy and Society Insight Report "Towards a Reskilling Revolution Industry-Led Action for the Future of Work" 2019. URL: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Towards_a_Reskilling_Revolution.pdf (Accessed: 10.03.2023).
20. Leonhard G. (2016). Technology vs. Humanity. The coming clash between man and machine. Fast Future Publishing: Tonbridge, UK. 208 p.
21. PwC (2017), UK Economic Outlook: Will robots steal out jobs? An international analysis of the potential long term impact of automation. URL: https://www.pwc.co.uk/services/economics-policy/insights/the-impact-of-automation-on-jobs.html?utm_campaign=sbpwc&utm_medium=site&utm_source=articletext (Accessed: 10.03.2023).
22. Arntz M., Gregory T., Zierahn U. (2016). The risk of automation for jobs in OECD countries: A comparative analysis. OECD Social, Employment and Migration Working Papers. № 189. 35 p. DOI: <https://dx.doi.org/10.1787/5jlz9h56dvq7-en> (Accessed: 10.03.2023).
23. McKinsey Global Institute (2017). A future that works: automation, employment, and productivity. McKinsey Global Institute. McKinsey & Company. January. 135 p.
24. Roose K. (2021, February) The value of your humanity in an automated future [Video]. TED Conferences.

URL: https://www.ted.com/talks/kevin_roose_the_value_of_your_humanity_in_an_automated_future (Accessed: 10.03.2023).

References:

1. World Economic Forum. (2020), "The Future of Jobs Report 2020", available at: <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2020> (Accessed 10 March 2023).
2. Kagermann, H., Lukas, W.-D., & Wahlster, W. (2011), "Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution", available at: http://www.wolfgangwahlster.de/wordpress/wp-content/uploads/Industrie_4_0_Mit_dem_Internet_der_Dinge_auf_dem_Weg_zur_vierten_industriellen_Revolution_2.pdf (Accessed 10 March 2023).
3. Rußmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., & Harnisch, M. (2015), "Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries. Boston Consulting Group", available at: https://www.bcg.com/publications/2015/industry40_future_productivity_growth_manufacturing_industries.aspx (Accessed 10 March 2023).
4. Geissbauer, R., Schrauf, S., Koch, V., & Kuge, S. (2014), "Industry 4.0 — Opportunities and Challenges of the Industrial Internet. PricewaterhouseCoopers Aktiengesellschaft Wirtschaftsprüfungsgesellschaft", available at: <https://www.pwc.de/de/maschinenbau-und-industrielle-produktion/industry-4.0/studie-industrie-4.0-pwc.pdf> (Accessed 10 March 2023).
5. Dalenogare, L. S., Benitez, G. B., Ayala, N. F., & Frank, A. G. (2018), "The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance", *International Journal of Production Economics*, vol. 204, pp. 383—394. doi: 10.1016/j.ijpe.2018.08.032.
6. Ghobakhloo, M. (2020), "Industry 4.0, digitization, and opportunities for sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 252", available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652619347390> (Accessed 10 March 2023).
7. Deloitte. (2014), "Industry 4.0: Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies", available at: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ch/Documents/manufacturing/ch-en-manufacturing-industry-4-0-24102014.pdf> (Accessed 10 March 2023).
8. Economic Development Board Singapore. (2018), "Only 25 countries well-positioned to benefit from Industry 4.0 according to new World Economic Forum report", available at: <https://www.edb.gov.sg/en/business-insights/insights/only-25-countries-well-positioned-to-benefit-from-industry-4-0-according-to-new-world-economic-forum-report.html> (Accessed 10 March 2023).
9. European Parliament. (2016), "Directorate general for internal policies. Policy department A: economic and scientific policy. Industry 4.0", available at: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL_STU\(2016\)570007_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL_STU(2016)570007_EN.pdf) (Accessed 10 March 2023)..
10. Lee, E. A. (2008), "Cyber Physical Systems: Design Challenges", 11th IEEE International Symposium on Object and Component-Oriented Real-Time Distributed Computing (ISORC), Orlando, FL, USA, pp. 363—369. doi: 10.1109/ISORC.2008.25.
11. Kagermann, H., Anderl, R., Gausemeier, J., Schuh, G., & Wahlster, W. (2016), *Industrie 4.0 in a Global Context Strategies for Cooperating with International Partners*, Acatech STUDY, Herbert Utz Verlag GmbH, Munich, Germany.
12. World Economic Forum (2021), "The Future of Job Report 2020", available at: <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2020> (Accessed 10 March 2023).
13. Shultz, T. W. (1968), "Human Capital", *International Encyclopedia of the Social Sciences*, Vol. 6, pp. 384—390, Macmillan, New York, USA.
14. Becker, G. S. (1964), *Human Capital*, Columbia University Press, New York, USA.
15. Chukhno, A. A. (2003), *Postindustrial'na ekonomika: teoriia, praktyka ta znachennia dlia Ukrainy* [Post-industrial economy: theory, practice and value for Ukraine], Lotos, Kyiv, Ukraine.
16. United Nations Development Programme (2023), "Human Development Reports 2021-2022", available at: <https://hdr.undp.org/content/human-development-report-2021-22> (Accessed 10 March 2023).
17. State Statistics of Ukraine. (2023), available at: <https://www.ukrstat.gov.ua> (Accessed 10 March 2023).
18. Eurofound (2020), *Game-changing technologies: Transforming production and employment in Europe*, Publications Office of the European Union, Luxembourg, available at: <https://www.eurofound.europa.eu/de/publications/report/2020/game-changing-technologies-transforming-production-and-employment-in-europe#tab-01> (Accessed 10 March 2023).
19. Centre for New Economy and Society Insight Report. (2019), "Towards a Reskilling Revolution Industry-Led Action for the Future of Work", available at: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Towards_a_Reskilling_Revolution.pdf (Accessed 10 March 2023).
20. Leonhard, G. (2016), *Technology vs. Humanity. The coming clash between man and machine*, Fast Future Publishing, Tonbridge, UK.
21. PwC. (2017), "UK Economic Outlook: Will robots steal out jobs? An international analysis of the potential long-term impact of automation", available at: https://www.pwc.co.uk/services/economics-policy/insights/the-impact-of-automation-on-jobs.html?utm_campaign=sbpw&utm_medium=site&utm_source=articletext (Accessed 10 March 2023).
22. Arntz, M., Gregory, T., & Zierahn, U. (2016), "The risk of automation for jobs in OECD countries: A comparative analysis, *OECD Social, Employment and Migration Working Papers*", vol. (189), 35. doi: 10.1787/5jlz9h56dvq7-en.
23. McKinsey Global Institute. (2017), *A future that works: automation, employment, and productivity*, McKinsey Global Institute. McKinsey & Company, USA.
24. Roose, K. (2021), "The value of your humanity in an automated future [Video]. TED Conferences", available at: https://www.ted.com/talks/kevin_roose_the_value_of_your_humanity_in_an_automated_future (Accessed 10 March 2023).

Стаття надійшла до редакції 21.04.2023 р.