

КОНЦЕПЦІЯ ІНДУСТРІЯ 4.0: ЗМІСТ, МОЖЛИВОСТІ ТА РИЗИКИ

©2018 МАТВІЙЧЕНКО О. С.

УДК 338.2:65.01:658.5

Матвійченко О. С. Концепція Індустрія 4.0: зміст, можливості та ризики

Метою даної статті є визначення основних ризиків, супутніх процесу підготовки та впровадження технологічної концепції Індустрія 4.0. У роботі розглянуто концепцію Індустрія 4.0, розкрито зміст її ключових технологічних компонентів і складових. Визначено зміни, які відбудуться під впливом поширення Індустрії 4.0 у виробничих і бізнес-процесах, у процесах організації виробництва, маркетингу, розробки та реалізації продукції, у формах конкуренції та формуванні споживчої цінності. Наведено бізнес-модель «довгого хвоста», що дозволила розкрити переваги, які надає Індустрія 4.0. Визначено ключові можливості та перспективи, що надає концепція Індустрія 4.0. Сформульовано три основні групи ризиків, які супроводжують Індустрію 4.0: ризики входження до концепції, ризики невходження до неї та ризики її реалізації. Розкрито особливості кожної групи; виділено ризики, що до них належать; визначено їх зміст і характер прояву. Окремо розглянуто ризик втрати ділових зв'язків та обґрунтовано причини його виникнення. Доведено, що Індустрія 4.0 відкриває перед підприємствами і національними економіками нові горизонти і створює передумови для якісних змін у світових економічних відносинах. Втім, окрім нових можливостей, вона несе в собі низку вагомих ризиків, що загострює необхідність формування зважених і своєчасних рішень на рівні держав, бізнесу та науки, які б не тільки урахували позитивний вплив нових технологій та технологічних концепцій, але й попереджали імовірні негативні наслідки як впровадження Індустрії 4.0, так і відмови від неї.

Ключові слова: Індустрія 4.0, кіберфізичні системи, Інтернет речей, штучний інтелект, ризики, загрози, можливості.

Табл.: 3. **Формул.:** 6. **Бібл.:** 23.

Матвійченко Олександр Сергійович – аспірант, Науково-дослідний центр індустріальних проблем розвитку НАН України (пров. Інженерний, 1а, 2 пов., Харків, 61166, Україна)

E-mail: alex.matveychenko@gmail.com

УДК 338.2:65.01:658.5

Матвейченко А. С. Концепция Индустрия 4.0: содержание, возможности и риски

Целью данной статьи является определение основных рисков, сопутствующих процессу подготовки и внедрения технологической концепции Индустрия 4.0. В работе рассмотрена концепция Индустрия 4.0, раскрыто содержание её ключевых технологических компонент и составляющих. Определены изменения, которые произойдут под влиянием распространения Индустрии 4.0 в производственных и бизнес-процессах, в процессах организации производства, маркетинга, разработки и реализации продукции, в формах конкуренции и формировании потребительской ценности. Приведена бизнес-модель «длинного хвоста», которая позволяет раскрыть преимущества, предоставляемые Индустрией 4.0. Определены ключевые возможности и перспективы, которые предоставляет концепция Индустрия 4.0. Сформулированы три основные группы рисков, сопровождающих Индустрию 4.0: риски входения в концепцию, риски невхождения в неё и риски её реализации. Раскрыты особенности каждой группы; выделены относящиеся к ним риски; определены их содержание и характер проявления. Отдельно рассмотрен риск потери деловых связей и обоснованы причины его возникновения. Доказано, что Индустрия 4.0 открывает перед предприятиями и национальными экономикой новые горизонты и создает предпосылки для качественных изменений в мировых экономических отношениях. В то же время, кроме новых возможностей, она несет в себе ряд весомых рисков, обостряет необходимость формирования взвешенных и своевременных решений на уровне государств, бизнеса и науки, которые бы не только учитывали положительное влияние новых технологий и технологических концепций, но и предупреждали вероятные негативные последствия как внедрения Индустрии 4.0, так и отказа от неё.

Ключевые слова: Индустрия 4.0, риски, киберфизические системы, Интернет вещей, искусственный интеллект, возможности.

Табл.: 3. **Формул.:** 6. **Библ.:** 23.

Матвейченко Александр Сергеевич – аспирант, Научно-исследовательский центр индустриальных проблем развития НАН Украины (пер. Инженерный, 1-а, 2 эт., Харьков, 61166, Украина)

E-mail: alex.matveychenko@gmail.com

UDC 338.2:65.01:658.5

Matviichenko O. S. The Conception of Industry 4.0: Content, Opportunities, and Risks

The article is aimed at defining the main risks associated with the process of preparing and implementing the technology conception of Industry 4.0. The publication considers the conception of Industry 4.0, discloses the content of its key technological components and constituents. The author defines the changes that will occur under the influence of spreading the Industry 4.0 in both the production and the business processes, in the processes of organization of production, marketing, development and sale of products, in the forms of competition and formation of consumer value. The long tail business model is presented, allowing to disclose the advantages provided by the Industry 4.0. The key opportunities and perspectives provided by the conception of Industry 4.0 are determined. The three main groups of risks accompanying the Industry 4.0 are formulated as follows: risks of entering into the conception, risks of non-entering, and risks of its implementation. Features of each group are covered; the risks related thereto are allocated; their content and character of manifestation are determined. The risk of loss of business relations is considered separately and the reasons for its occurrence are substantiated. It is proved that the Industry 4.0 opens new horizons for enterprises and national economies and creates preconditions for qualitative changes in the global economic relations. At the same time, aside from new opportunities, it brings along a number of significant risks, exacerbates the need for balanced and timely decisions at the level of States, business and science, which would not only take attention of the positive impact of new technologies and technological concepts, but also prevent the probable negative consequences of both the introduction of the Industry 4.0 and the refusal from it.

Keywords: Industry 4.0, risks, cyber-physical systems, Internet of things, artificial intelligence, opportunities.

Tbl.: 3. **Formulae:** 6. **Bibl.:** 23.

Matviichenko Oleksandr S. – Postgraduate Student, Research Centre of Industrial Problems of Development of NAS of Ukraine (2 floor 1-a Inzhenerny Ln., Kharkiv, 61166, Ukraine)

E-mail: alex.matveychenko@gmail.com

Останнім часом Індустрія 4.0, як концепція реалізації четвертої промислової революції, стає об'єктом уваги все більшого числа науковців. Прийняття державних програм підтримки та стимулювання розвитку промисловості, поява приватних ініціатив і проектів, розробка дорожніх карт і їх реалізації, створення і розвиток профільних міжнародних організацій, стрімке зростання ринків компонентів Індустрії 4.0 та низка інших факторів вказують на орієнтацію світової економіки до реалізації цієї концепції, виправдовуючи поширення зацікавленості до неї.

Аналізу різних аспектів впровадження та розвитку Індустрії 4.0 присвячено дослідження ряду українських і зарубіжних науковців, а саме: Скіцька В. І., Тарасова І. В., Шевцової Т. З., Вишневського В. П., Князева С. І. [1–4], Опанасюка В. В., Войтка С. В., Гавриша О. А. [6; 7], а також Stock T., Seliger G., Trstenjak M., Cosic P. [11; 12] та ін. При цьому увага дослідників сконцентрована, переважно, на перспективах і можливостях, що має її впровадження; інституціональних, ринкових і проектних аспектах процесу імплементації концепції; оцінці обсягів ринку і трендів розвитку світової економіки. Однак виявлення і опис ризиків, які невідворотно супроводжують будь-які зміни і процеси, у тому числі й процес впровадження і поширення Індустрії 4.0, охоплені увагою науковців недостатньо.

Тому метою даної роботи є визначення основних супутніх ризиків впровадження концепції Індустрія 4.0 у промислове виробництво шляхом розкриття змісту цього поняття, виявлення змін, які будуть спонукувані, що невідворотно зачеплять складові економічних відносин і створять загрози для всіх економічних суб'єктів.

Індустрія 4.0 як інноваційна концепція підвищення конкуренції виробництва з'явилася у 2011 р. в Німеччині. У загальному сенсі під цим визначенням мається на увазі глибока інтеграція інформаційних технологій у виробничий процес, що реалізується через побудову виробництва на основі кіберфізичних систем (*cyber-physical system*). Як визначено в роботах [1; 2], більшість науковців сходяться саме на такому тлумаченні концепції Індустрія 4.0, або їх дефініції базуються на понятті кіберфізичної системи як її основи. Такої ж думки дотримується і більшість українських дослідників, таких як Скіцько В. І., Шевцова Г. З., Вишневський В. П., Князев С. І. [1; 3; 4]. Але, як показав проведений аналіз, існують й інші погляди. Так, Шатілова О. В. робить акцент на автоматизації та діджиталізації усіх бізнес-процесів та етапів виробництва [5]. Опанасюк В. В. стверджує, що Інтернет речей являє собою найбільш узагальнену ознаку Індустрії 4.0 [6]. Войтко С. В., Гавриш О. А. та Зугровський О. М. вважають, що Індустрія 4.0 базується, насамперед, на інформаційно-комунікаційних технологіях [7].

Усі зазначені альтернативні точки зору мають пряме відношення до концепції Індустрії 4.0 і, безза-

перечно, являють собою обов'язкові та невід'ємні компоненти, що є запорукою повноти її реалізації. Втім, на думку автора, розкриття головної риси даної концепції, а саме – перехід до принципово нового підходу в організації виробничого процесу та бізнесу в цілому, можливе за умови центральної ролі кіберфізичних систем. За визначенням National Science Foundation, кіберфізичні системи представляють собою інтеграцію елементів сприйняття, обчислювання, керування та мережевої взаємодії у фізичні об'єкти та інфраструктуру, підключаючи їх до Інтернету та один до одного [8]. Як пояснюється у [9], «...кіберфізичні системи – це автоматизовані системи, у яких співіснують два типи моделей. З одного боку, це традиційні інженерні системи, а з іншого – комп'ютерні моделі. Це пояснюється тим, що обчислювальні засоби реалізуються як складова фізичних систем та пристроїв». Тобто поняття кіберфізичної системи вже містить у собі необхідність зв'язку елементів між собою, що по суті і являє змістовний базис технології Інтернету речей. Автоматизація, діджиталізація виробничого процесу, залучення інформаційно-комунікаційних технологій без зміни парадигми управління цим процесом представляє набутки попередньої, третьої промислової революції, які й полягали в автоматизації та комп'ютеризації виробничого та супутніх процесів [10, с. 25].

Отже, кіберфізичні системи є головною, визначальною технологічною складовою концепції Індустрія 4.0. Окрім центральної ролі, ця складова є й найбільш місткою, поєднуючи або зосереджуючи на собі майже всі інші технологічні складові. Так, точкою інтеграції кіберфізичних систем є обладнання – *виробничий робот* або *3D-принтер* (фізичний блок) і система операційного управління цим обладнаннями – *штучний інтелект* (цифровий блок). При цьому цифровий блок може бути як інтегрованим у обладнання, так і взаємодіяти з машиною віддалено, як загальнопромислова система управління. Збір вхідних даних на фізичному блоці реалізується за рахунок *сенсорів* і *датчиків*, установлених на ньому. Передача даних здійснюється за рахунок *промислового Інтернету речей*, що відповідає усім вимогам *кібербезпеки*. Зворотний зв'язок і управління забезпечується тим самим каналом, шляхом подачі сигналів на обчислювальний блок устаткування. На основі сформованих замовлень, їх особливостей та конфігурації програмним забезпеченням на основі штучного інтелекту обчислюється оптимальний виробничий план і формуються потреби в сировині та напівфабрикатах. На основі сукупних потреб і побудованого виробничого плану автоматизовано надсилаються заявки постачальникам зі встановленими об'ємами і термінами надходжень. Їх статус та розташування відслідковуються в режимі реального часу, з можливістю оперативного коригування виробничого плану в разі перебоїв.

Використання бездротових технологій зв'язку надає можливість використання міток, приєднаних до загальної мережі, на готовій продукції, напівфабрикатах і сировині в логістиці та управлінні виробничим процесом. Згенеровані в процесі виробництва *великі дані*, як і не виробничі, будь то статистика замовлень, або ціни на енергію, задля *вертикальної та горизонтальної інтеграції* зберігатимуться у *хмарах*, стаючи предметною основою для прийняття рішень і визначення оптимальної операційної моделі штучним інтелектом. Використання *доповненої та віртуальної реальності, 3D-сканерів* на етапі *моделювання нових зразків продукції* дозволяють вивести на новий рівень якість і результативність процесу. Також при розробці нових продуктів доцільними стають автоматичні звіти щодо особливостей споживацьких вподобань. Так виглядатиме узагальнена система взаємодії технологічних компонентів і виробничий процес підприємства.

У цілому, сприйняття четвертої промислової революції та її ефекту як суми ефектів технологій вірно лише за умови повної реалізації всіх її складових. Саме обчислювальна перевага штучного інтелекту над людським мозком дає можливість розкриття потенціалу сенсорів і великих даних, електронних міток і бездротової комунікації, та лише Інтернет речей робить можливим машинне управління та всебічну інтеграцію. Так, операційна ефективність досягається шляхом контролю й оптимізації виробничих процесів, виробничого плану, собівартості продукції, за рахунок безперервної обробки великих обсягів даних про надходження замовлень, залишків сировини на складах, технічного стану обладнання, термінів поставок сировини, відповідності технологічним нормам продукції та напівфабрикатів, що було б недосяжно в поточній моделі управління та стримувало б виробничий потенціал кожної окремої технології.

Хоча в історичному контексті результатом вибуху продуктивності кожної промислової революції була адаптація виробничої моделі (у розумінні поєднання факторів виробництва – праці, землі, капіталу) та імплементація технічних рішень у виробничий процес, функції управління, контролю та планування залишалися прерогативою людини. Четверта промислова революція має головну відмінність, що полягає в делегуванні цих функцій штучному інтелекту. Це обумовлено стрімким зростанням продуктивності устаткування, потенціал якого стримується лише обмеженнями людського розуму та швидкості його операцій, як і самих алгоритмів прийняття рішень.

Однак центральна роль операційного управління робить можливим реалізацію переваг Індустрії 4.0 лише за умови її впровадження на всіх ланках технологічного процесу. Це ставить перед виробником необхідність пошуку нових постачальників, що відповідають новим критеріям і є технологічно сумісними,

або треба розглядати можливість реалізації повного циклу виробництва в межах одного підприємства. Дана особливість створює передумови для подальшого укрупнення виробничих компаній і концентрації капіталу.

Основною можливістю, що відкриває реалізація концепції Індустрії 4.0, задля чого вона і була розроблена, є підвищення конкурентоспроможності, охоплення та утримання цільових ринків збуту виробниками продукції та послуг. Одним із шляхів максимізації переваг є перехід до нової бізнес-моделі – «довгого хвоста», що була вперше запропонована Олександром. Остервальдером та Івом Пінье як «продаж багато чого помалу» [13, с. 73–81]. Суттю даної моделі є реалізація великих обсягів товарів малими партіями, а її ефективність криється у фундаментальній різноманітності та неповторності персональних вподобань споживачів. Вона полягає в охопленні найбільш можливого їх кола за рахунок задоволення персональних потреб, що досягається шляхом кастомізації кінцевого продукту. Збереження потужності виробництва та забезпечення рентабельності підприємства досягається інтенсифікацією виробництва (3D-друк, роботизація) та операційної ефективності (штучний інтелект, хмари, вертикальна і горизонтальна інтеграція), а утримання зростаючих операційних витрат – усуненням людської праці із процесу обслуговування устаткування.

Масове виробництво та його обмеження за кількістю найменувань продукції, що виробляється, разом із фундаментальною різноманітністю споживацьких вподобань обумовлює доцільність штучного обмежування потенційного кола споживачів ще на етапах сегментування та вибору цільових сегментів ринку, виявляючи спільні вподобання для великих споживчих груп [14, с. 203–223]. Необхідність споживачам йти на певні компроміси щодо особливостей своїх потреб та уподобань обмежує номінальну кількість споживачів. Модель довгого хвоста знімає це обмеження, розповсюджуючи їх коло в значно ширших межах, а сучасні технічні досягнення роблять це можливим і економічно обґрунтованим.

Прикладом успішної реалізації такої бізнес-моделі є компанія LEGO, яка ще у 2005 р. у пошуку нових можливостей розвитку створила проект «LEGO Factory», що дозволяв клієнтам самостійно створювати дизайн, комплектацію наборів конструктору та навіть оформлення коробки. Це реалізовувалось завдяки клієнтській програмі «LEGO Digital Designer», в якій клієнт і розробляв індивідуальний продукт, виходячи із ролі пасивного споживача, долучаючись до дизайнерського проекту [13, с. 78].

Ще одним важливим макроекономічним наслідком широкого впровадження цієї концепції є зменшення рівня монополізації ринків, коли виробники не зосереджуються на певному сегменті, а конкуру-

ють за кожного споживача. При цьому з позиції ціни конкуренція відбувається за рахунок ефективності архітектур моделей управління, а з позицій характеристик товарів у пошуку ключових для споживача опцій і можливостей їх кастомізації.

Очевидно, що впровадження Індустрії 4.0 несе в собі не тільки можливість економії за рахунок оптимізації виробничого процесу, але й суттєве скорочення складських і логістичних витрат як наслідок моделі «довгого хвоста». Підвищення якості готової продукції, зменшення втрат від браку, зменшення кількості позапланових зупинок, поламок і втрат виробничого часу матимуть великий вплив на зменшення собівартості кінцевої продукції.

У цьому сенсі перебудова світових взаємозв'язків і системи міжнародного розділення праці створить безпрецедентні умови для виходу інноваційних виробництв на нові ринки, надасть можливості для зростання і розвитку.

Втім, четверта промислова революція у формі Індустрії 4.0 несе в собі й низку ризиків, що поділяються на дві категорії:

- ✦ ризики, пов'язані із впровадженням, або входженням до концепції;
- ✦ ризики її реалізації та розвитку [15, с. 57].

Перша категорія походить із широкого загалу своєчасних і комплексних умов, необхідних для повної та всебічної реалізації концепції. Вона включає в себе ризики, пов'язані із успішним запуском реалізації концепції Індустрія 4.0 та наслідків невдачі або відмови від її реалізації, що виходять із передумови набуття нею поширення у світі.

Ризики входження в концепцію походять із необхідності існування надійної технологічної інфраструктури, наявності кваліфікованих кадрів для проектування і розробки нових виробничих систем, систем безпеки, механізмів взаємодії економічних суб'єктів та наявності фахівців, що компетентні втілити концепцію на підприємствах. На зміст даної групи ризиків вказує дослідження [16], де окремо виділені дві необхідні умови реалізації Індустрії 4.0, а саме: модернізації технологічної інфраструктури та реформування системи освіти на всіх її рівнях задля забезпечення економіки кваліфікованими кадрами. Разом з тим джерелом ризику стане і новий рівень потреб у інвестиціях та співпраці, виражених у потребі значного рівня фінансування в довгостроковій перспективі та потребі в нових точках консолідації зусиль бізнесу, науки та держави задля реалізації супутніх технологічних рішень. Інакше кажучи, впровадження або запуск концепції Індустрія 4.0 вимагає певної низки умов, без реалізації яких це стає неможливим.

У *табл. 1* представлені ключові ризики входження до концепції Індустрія 4.0.

Іншу сторону даної групи ризиків розкриває можливість невходження у процес реалізації концеп-

ції Індустрія 4.0, що може бути як результатом відмови від її імплементації, так і наслідком прояву одного або декількох ризиків, що розглянуті вище. Джерелом ризиків у даній ситуації є зміни, що відбудуться у виробничих процесах інших країн та компаній і спричинять перегляд формату партнерських відносин та появу нових конкурентних переваг на ринках, змінять моделі взаємодії зі споживачем та підвищать вимоги до якості, різноманіття, властивостей і цін на продукцію, комплектуючі та напівфабрикати. Це, своєю чергою, може зробити складнодосяжним або неможливим підтримання партнерських відносин у певних існуючих технологічних ланцюгах, задоволення нових вимог споживачів та втримання позицій на ринку.

У цих умовах існує об'єктивна ймовірність релокації виробничих потужностей іноземних компаній як наслідку втрати зацікавленості в більш дешевій робочій силі та збільшення підприємницьких ризиків зі зростання капіталоемності та зменшення ліквідності виробництв [17]. Це призведе до відтоку капіталу з окремих країн, втрати їх інвестиційної привабливості, падіння обсягів виробництва і збуту.

Іншим очікуваним результатом буде трансформація споживачьких вподобань у результаті пропозиції індивідуалізованих товарів. Окремого тиску можуть зазнати виробники сектора нішових товарів, в якому сконцентровані переважно малі та середні підприємства, які будуть витіснені великими компаніями, при опануванні ними можливостей пропонувати аналогічні специфікованим виробництвам товари. З точки зору попиту це спричинить фактичну трансформацію моделі формування споживчої цінності, змінивши сприйняття й оцінку вартості продукції, яка сприймалася споживачем як ексклюзивна та індивідуальна [18, с. 40], створивши тиск і на сегмент виробництва розкоші. Це потребуватиме теоретичного переосмислення процесу формування споживачької цінності та формування ціни товарів і створить простір можливостей для розширення великих компаній та монополізації ринків. Значний вплив дана трансформація матиме і на поточну модель організації виробництва, концепцію розробки і реалізацію товарів, моделі конкурування.

Скорочення обсягів виробництва внаслідок втрати ринків збуту призведе до вивільнення робочої сили та зростання безробіття в країні. Це створить додатковий тиск на соціальну складову бюджету, зменшить рівень достатку громадян, а падіння прибутку звужить інвестиційні ресурси, ще більше унеможливаючи реалізацію концепції Індустрія 4.0 або інших альтернатив, тим самим прискорюючи стагнацію виробництва.

У *табл. 2* наведено головні ризики даної групи.

Друга категорія ризиків передбачає умову, що процес реалізації та впровадження концепції Індустрія 4.0 розпочався і пов'язаний із появою нових

Основні ризики входження до концепції Індустрія 4.0

Ризик	Характер прояву
Кадровий	Ризик, що походить від спроможності системи відповідати сучасним потребам, а саме – у можливості вчасно надати ринку праці фахівців необхідних компетенцій та в необхідній кількості
Технологічний	Ризик, що криється в можливості створення діючої технологічної інфраструктури, яка б задовольняла потреби безпеки, пропускну здатності, обчислювальної можливості, враховувала попит і його зростання на її використання, відповідала міжнародним стандартам, будучи потенційно поєднуваною, та була б доступною для використання в контексті вартості
Інвестиційний	Витікає із необхідності довгострокового та значного за обсягом фінансування проєктів і полягає в доступності джерел фінансування, вартості інвестицій, рівні інвестиційних ризиків, рентабельності інвестиційних проєктів
Ризик законодавчої відповідності та державного регулювання	Проявляється у відповідності державної політики та законодавства новим формам економічних відносин, міжнародної інтеграції та співпраці, рівні захищеності приватної та інтелектуальної власності, протидії новим формам злочинів
Ризик взаємодії	Полягає в наявності та достатності ступеня інтеграції бізнесу, науки, інвесторів і держави у процес, існуванні платформ і взаємовигідних умов взаємодії

Джерело: авторська розробка.

Таблиця 2

Основні ризики невходження до концепції Індустрія 4.0

Ризик	Характер прояву
Втрата ринків збуту	Полягає у втраті можливості задовольняти споживацькі вподобання на тлі зміни моделі взаємодії зі споживачем у конкурентній боротьбі з більш інноваційними компаніями, що пропонують більш якісну, дешеву та індивідуалізовану продукцію
Втрата ділових зв'язків	Потреба нового ступеня інтеграції на всіх етапах технологічного ланцюга задля ефективності процесу виробництва та нові вимоги до характеристик складових і напівфабрикатів зробляють неможливою подальшу співпрацю для інноваційних компаній, а також можуть призвести до втрати рентабельності постачальником
Відтік капіталу	Зникнення доцільності розташування виробництв транснаціональних компаній у країнах з більш дешевою робочою силою при зростанні капіталоємності виробництва і збільшенні його чутливості до підприємницьких ризиків
Зростання безробіття	Внаслідок втрати ринків збуту, падіння обсягів виробництва та відтоку виробничого капіталу слід очікувати вивільнення незадіяної робочої сили
Реалізації концепції	Результатом скорочення обсягів виробництва буде зменшення прибутку підприємств, підвищення ризиків прибутковості їх діяльності та, як наслідок, втрата можливості залучення внутрішніх джерел фінансування інноваційної діяльності та привабливості для інвестора

Джерело: авторська розробка.

елементів виробничого процесу, нових видів взаємодій у виробництві, з постачальниками та споживачами та зміною в існуючих виробничих і ділових процесах. Всеохоплююче поширення роботизованих систем створює низку загроз, що криються як у нових формах взаємодії між людиною і машиною, що може стати причиною збільшення травматизму, так і у вразливості автоматизованих систем до втручання ззовні, ставлячи під загрозу виробничий процес, його безпеку і якість кінцевого результату. Так, виробничі роботи, системи комунікації між ними як-от виробничий Інтернет речей, різноманітні сенсори і датчики, хмарні бази даних та інші складові кіберфізичних

систем потенційно вразливі до дій зловмисників, а безпосередньо виробничий процес, як цілісна система, чутливий до роботи кожної його складової.

Іншим джерелом ризику стає цифрова складова нової виробничої системи. Дотепер об'єкти цифрових загроз на виробництвах обмежувалися цілісністю та захищеністю даних, роботоспроможністю процесів, переважно супутніх виробничим. Впровадження Індустрії 4.0 розширює об'єкти ризику на всі виробничі та невиробничі процеси, роблячи саму операційну діяльність більш вразливою.

Делегування функцій операційного керування штучному інтелекту також провокує низку ризиків,

цілком залежних від функціонування операційного забезпечення. Так, від ритмічності та послідовності виробничих процесів, обґрунтованості прийнятих рішень, якості обробки вхідних даних, коректності роботи усіх вузлів та елементів виробничої системи залежить кінцевий економічний результат діяльності підприємства. Неефективність управління може призвести до перевиробництва [17], у той час як вихід із ладу сенсорів або датчиків, разом із порушенням технологічного процесу, може стати причиною виробництва великої кількості браку або призвести до поламки обладнання та значних збитків.

Також джерелом ризику є поширеність практики непомірного використання новітніх технологій задля автоматизації та диджиталізації процесів, без урахування їх впливу на додану вартість або вирішення таким чином певних перепон для збільшення ефективності [17]. Це пов'язано із розумінням бізнес-процесів підприємства, коректною ідентифікацією їх «вузьких місць» і об'єктивною оцінкою можливостей їх усунення шляхом залучення нових технологій, результатом непоміркованості в чому буде неефективність інвестиційних рішень.

Незважаючи на оптимістичні очікування збільшення робочих місць, появу нових спеціальностей і структурних змін у виробничих і допоміжних професіях, не слід ігнорувати загрозу часткового заміщення або навіть повного зникнення ряду професій. Так, вірогідність повної автоматизації складає для таких професій, як водій, – 98%, бухгалтери та економісти – 43–94%, вантажники – 72% [20]. Це може

спричинити певні диспропорції на ринку праці, створивши дефіцит одних професій і незатребуваність інших з перспективою зростання рівня безробіття.

Загалом ключові ризики даної категорії представлено в *табл. 3*.

Окремої уваги потребує ризик втрати ділових зв'язків, причини якого наочні та очевидні. Окрім зростання вимог до параметрів продукції, цілком імовірною перепоною може стати принципова несумісність двох моделей виробництва – поточного і кастомізованого. Орієнтованість поточного виробництва на великі обсяги однотипних товарів обумовили як конфігурацію устаткування, так і особливості організації виробничого процесу й умови забезпечення його рентабельності. Зміна формату запитів на велику кількість невеликих серій різних за параметрами продуктів може призвести до втрати рентабельності виробництва замовлення. Передумовою цього є суттєва частка постійних витрат виробничого підприємства, що робить його чутливим до обсягів виробництва, а також технологічні особливості поточного виробництва.

Беззбитковість підприємства досягається рівнем випуску і реалізації продукції, що визначається розрахунком точки беззбитковості (порогу рентабельності). При цьому обсяг виробництва, необхідний для його досягнення, можна розрахувати за формулою [21, с. 335]:

$$P_{тб} = \frac{B_{ном}}{P_{чд} - P_{зв}} \cdot 100, \quad (1)$$

Таблиця 3

Основні ризики реалізації концепції Індустрія 4.0

Ризик	Характер прояву
Кібернетичний	Порушення цілісності, працездатності або несправності роботи електронних складових виробничої системи, елементів та ліній системи комунікації та зв'язку виробничих вузлів, серверів та центрів обробки інформації
Цифровий	Порушення цілісності, захищеності та достовірності інформації, що генерується в процесі господарської діяльності, втрата даних щодо статистики роботи підприємства, технології виробництва, даних клієнтської бази та бази постачальників та партнерів
Операційний	Збої в роботі підприємства, послідовності технологічних процесів, контролю якості, ефективності виробничого і допоміжних процесів, діагностиці стану обладнання, недоліки у взаємодії із клієнтами та постачальниками та втрата рентабельності кінцевої продукції
Проектування	Неефективність впровадження елементів концепції Індустрія 4.0 внаслідок хибності висновків на етапі аналізу та формалізації виробничих процесів
Безпечності роботи персоналу	Травми та нещасні випадки на виробництві, що спровоковані взаємодією людини та кіберфізичної системи, які сталися як за вини робітника, так і внаслідок виходу із ладу або порушення в алгоритмі роботи устаткування
Кадрової диспропорції	Однчасне збільшення дефіциту кадрів певних спеціальностей зі збільшенням рівня безробіття та вивільненням робочої сили в автоматизованих видах праці

Джерело: авторська розробка.

де $P_{тб}$ – обсяг реалізації продукції, що забезпечує досягнення точки беззбитковості;

$B_{пост}$ – сукупність постійних витрат;
 $P_{чд}$ – рівень чистого доходу від реалізації;
 $P_{зв}$ – рівень змінних витрат до обсягу реалізації.

Своєю чергою, виробнича потужність масового і багатосерійного виробництва обчислюється за формулою [22, с. 212]:

$$ВП = \frac{T_{пл}}{t}, \quad (2)$$

де $ВП$ – виробнича потужність;
 $T_{пл}$ – плановий (ефективний) фонд часу роботи конвеєра;

t – такт сходу готових виробів з конвеєра.

Плановий (ефективний) фонд часу роботи конвеєра, як устаткування перервної дії, розраховується за формулою [22, с. 229]:

$$T_{пл} = [(365 - t_в - t_{кр}) \cdot K_{зм} t_{зм}] \cdot \left(\frac{100 - П_{пр}}{100} \right), \quad (3)$$

де $T_{пл}$ – плановий (ефективний) фонд часу;
 $t_в$ – кількість вихідних і святкових днів у році;
 $t_{кр}$ – кількість днів капітального і планово-запобіжного ремонту;

$K_{зм}$ – кількість змін роботи устаткування за добу;

$t_{зм}$ – тривалість зміни;

$П_{пр}$ – відсоток планових поточних простій.

У формулі (3) показник $П_{пр}$ включає в себе, окрім капітального, середнього та поточного ремонту, ще й планові зупинки обладнання, необхідні для підготовки устаткування до виробництва іншого продукту, відомі як «перехід», відповідно до плану виробництва. Кількість необхідних зупинок такого роду пов'язана з кількістю найменувань продуктів. І хоча такі переходи, зазвичай, плануються на міжзмінні зупинки, перекриваючи втрати часу, при великій номенклатурі та малому об'єму партій уникнути їх впродовж змін неможливо. При цьому їх кількість буде варіюватися, залишаючись в межах $(n - 1)$, де n – кількість найменувань продуктів.

Задля оцінки впливу цього показника представимо вираз (3) – плановий фонд часу – як функцію від показника відсотка планових зупинок, вважаючи інші складові незмінними:

$$T_{пл} = f(П_{пр}), \quad П_{пр} \in [0; 100]. \quad (4)$$

Очевидно, що функція (3) лінійна і монотонна, а характер її залежності від змінної визначається її похідною:

$$\frac{dT_{пл}}{dП_{пр}} = \frac{-1}{100} [(365 - t_в - t_{кр}) K_{зм} t_{зм}]. \quad (5)$$

Тобто значення показника ефективного фонду часу зворотнопропорційне значенню відсотка пла-

нових зупинок. Таким чином, зростання їх відсотка призведе до зменшення планового фонду часу, а це, своєю чергою, скоротить виробничу потужність підприємства, оскільки $T_{пл}$ знаходиться в чисельнику в правій стороні рівності (2) і зменшить значення дробу.

Водночас збільшення планових переходів тягне збільшення загальновиробничих витрат, що, залежно від прийнятої на підприємстві класифікації витрат, призведе до збільшення постійних або змінних витрат (для українських підприємств відповідно до ПСБУ 16 [23]). Це, своєю чергою, або збільшить значення постійних витрат ($B_{пост}$) у чисельнику (1), або зменшить значення знаменника внаслідок зменшення різниці ($P_{чд} - P_{зв}$) у знаменнику (1). Наслідком цього буде підвищення рентабельного обсягу виробництва $P_{тб}$. Сукупний вплив вказаних ефектів може призвести до ситуації, коли потужність виробництва, у межах певного виробничого плану, може стати задалегідь нерентабельною:

$$P_{тб} > ВП. \quad (6)$$

Це створить умови неможливості продовження економічно обґрунтованої діяльності в межах співпраці з конкретним замовником.

ВИСНОВКИ

Четверта промислова революція, втілена в концепції Індустрія 4.0, відкриває перед підприємствами і національними економіками нові горизонти та створює передумови для якісних змін у світових економічних відносинах. Втім, окрім можливостей стрімкого зростання, перерозподілу існуючих ринків та створення нових, ці зміни несуть у собі низку вагомих ризиків, які будуть супроводжувати економічних суб'єктів упродовж усього періоду змін та після його закінчення незалежно від обраної стратегії розвитку, прийнятих рішень та зовнішніх обставин. Основні ризики четвертої промислової революції підрозділяються на три основні групи: входження до концепції Індустрія 4.0, ризики невходження до неї та ризики реалізації зазначеної концепції. Їх існування загострює необхідність зважених і своєчасних рішень на рівні держав, бізнесу та науки, які б ураховували не тільки позитивний вплив нових технологій та технологічних концепцій, але й попереджали ймовірні негативні наслідки як упровадження концепції Індустрія 4.0, так і відмови від неї, що втілюються в конкретних ризиках і несуть у собі потенційні втрати та загрози. ■

ЛІТЕРАТУРА

1. Скіцько В. І. Індустрія 4.0 як промислове виробництво майбутнього. *Інвестиції: практика та досвід*. 2016. № 5. С. 33–40.
2. Тарасов И. В. Технологии индустрии 4.0: Влияние на повышение производительности промышленных компаний. *Стратегические решения и риск-менеджмент*. 2018. № 2. С. 62–69.

- 3. Шевцова Г. З.** Хімічна індустрія 4.0 як галузева концепція реалізації основ четвертої промислової революції. *Економічний вісник Донбасу*. 2017. № 2. С. 35–41.
- 4. Вишневецький В. П., Князев С. І.** Як підвищити готовність промисловості України до смарт-трансформацій. *Наука та інновації*. 2018. Т. 14. № 4. С. 55–69.
- 5. Шатілова О. В.** Розвиток теорії організації в епоху цифрової трансформації // Стратегічні імперативи сучасного менеджменту : зб. матеріалів IV Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Київ, 19–20 квітня 2018 р.). Київ : КНЕУ, 2018. С. 486–491.
- 6. Опанасюк В. В.** Індустрія 4.0: Місце України в міждержавній кооперації і спеціалізація. *Наукові записки Національного університету «Острозька академія». Серія «Економіка»*. 2017. № 4. С. 67–71.
- 7. Войтко С. В., Гавриш О. А., Зугровський О. М.** Якість державного регулювання, ефективність роботи уряду чи план Маршалла на шляху країни до Індустрії-4.0. Економічний вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». 2018. № 15. URL: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:deWPT0AcBkJM:ev.fmm.kpi.ua/article/view/131530+&cd=1&hl=ru&ct=clnk&gl=ua>
- 8. Cyber-Physical System: Enebling a Smart and Connected World / National Science Foundation.** URL: https://www.nsf.gov/news/special_reports/cyber-physical/ (дата звернення 24.10.2018).
- 9. Казакова Н. Ф., Щербіна Ю. В., Фразе-Фразенко О. О.** Проблеми безпеки сучасних кіберфізичних систем // Кібербезпека в Україні: правові та організаційні питання : матеріали Всеукраїнської наук.-практ. конф. Одеса : Одеський державний університет внутрішніх справ, 2017. С. 77–78.
- 10. Борисов Е. Ф.** Экономическая теория : учебник. 3-е изд., перераб. и доп. М. : Юрайт-Издат, 2005. 399 с.
- 11. Stock T., Seliger G.** Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0. *Procedia CIRP*. 2016. Vol. 40. P. 536-541.
- 12. Trstenjak M., Cosic P.** Process Planning in Industry 4.0 Environment. *Procedia Manufacturing*. 2017. Vol. 11. P. 1744–1750.
- 13. Остервальдер А., Пинье Ив.** Построение бизнес-моделей: Настольная книга стратега и новатора / пер. с англ. 3-е изд. М. : Альпина Паблшер, 2012. 288 с.
- 14. Котлер Ф.** Основы маркетинга: краткий курс / пер. с англ. М. : Издательский дом «Вильямс», 2007. 656 с.
- 15. Smith J., Kreutzer S. Moeller C., Carlberg M.** Industry 4.0: Study for the ITRE Committee / Policy Department A: Economic and Scientific Policy, European Parliament, EU, 2016, 94 p. URL: [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL_STU\(2016\)570007_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL_STU(2016)570007_EN.pdf) (дата звернення: 20.11.2018).
- 16.** Индустрия 4.0: будущее производительности и роста в промышленности / М. Рюсман, М. Лоренц, Ф. Г и др. The Boston Consulting Group, 2015. 22 с.
- 17. Colotla I., Bland D., Knizek C., and Spindeldreier D.** Avoiding the Hidden Hazards of Industry 4.0. Boston Consulting Group. 2018. URL: <https://www.bcg.com/publications/2018/avoiding-hidden-hazards-industry-4.0.aspx> (дата звернення: 12.11.2018).
- 18. Райцле В.** Роскошь – источник благополучия: Будущее глобальной экономики / пер. с нем. М. : Альпина Бизнес Букс, 2005. 197 с.
- 19. Tupa J., Simota J., Steine F.** Aspects of Risk Management Implementation for Industry 4.0. *Procedia Manufacturing*. 2017. Vol. 11. P. 1223–1230.
- 20. Земцов С. П.** Смогут ли роботы заменить людей? Оценка рисков автоматизации в регионах России. *Инновации*. 2018. № 4. С. 2–8.
- 21. Бланк И. А.** Словарь-справочник финансового менеджера. Киев : «Ника-Центр», 1998. 480 с.
- 22. Гринчуцкий В. І., Карапетян Е. Т., Погріщук Б. В.** Економіка підприємства : навч. посіб. Київ : Центр учбової літератури, 2010. 304 с.
- 23.** Положення (стандарт) бухгалтерського обліку 16 «Витрати» : затв. наказом Міністерства фінансів України від 31.12.1999 р. № 318. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0027-00> (дата звернення: 07.11.2018).

Науковий керівник – Хаустова В. Є., доктор економічних наук, доцент, завідувачка сектора промислової політики та інноваційного розвитку ННЦ ІПР НАНУ (Харків)

REFERENCES

- Blank, I. A. *Slovar-spravochnik finansovogo menedzhera* [Dictionary-reference financial manager]. Kyiv: Nika-Tsentr, 1998.
- Borisov, Ye. F. *Ekonomicheskaya teoriya* [Economic theory]. Moscow: Yurayt-Izdat, 2005.
- “Cyber-Physical System: Enebling a Smart and Connected World”. National Science Foundation. https://www.nsf.gov/news/special_reports/cyber-physical/
- Colotla, I. et al. “Avoiding the Hidden Hazards of Industry 4.0”. Boston Consulting Group. 2018. <https://www.bcg.com/publications/2018/avoiding-hidden-hazards-industry-4.0.aspx>
- Hrynychutskyi, V. I., Karapetian, E. T., and Pohrishchuk, B. V. *Ekonomika pidpriemstva* [Business Economics]. Kyiv: Tsentr uchbovoi literatury, 2010.
- Kazakova, N. F., Shcherbina, Yu. V., and Frazе-Frazenko, O. O. “Problemy bezpeky suchasnykh kiberfizychnykh system” [Problems of security of modern cyber-physics systems]. *Kiberbezpeka v Ukraini: pravovi ta orhanizatsiini pytannia*. Odesa: Odeskyi derzhavnyi universytet vnutrishnikh sprav, 2017. 77-78.
- Kotler, F. *Osnovy marketinga: kratkiy kurs* [Basics of marketing: a short course]. Moscow: ID «Vilyams», 2007.
- [Legal Act of Ukraine] (1999). <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0027-00>
- Opanasiuk, V. V. “Industriia 4.0: Mistse Ukrainy v mizhderzhavnii kooperatsii i spetsializatsiia” [Industry 4.0: Ukraine's place in inter-state cooperation and specialization]. *Naukovi zapysky Natsionalnoho universytetu «Ostrozka akademii»*. Serii «Ekonomika», no. 4 (2017): 67-71.
- Ostervalder, A., and Pine, I. *Postroyeniye biznes-modeley: Nastolnaya kniga stratega i novatora* [Building a business model: Handbook strategist and innovator]. Moscow: Alpina Pablisher, 2012.
- Raysle, V. *Roskosh – istochnik blagopoluchiya: Budushcheye globalnoy ekonomiki* [Luxury is the source of prosperity: The future of the global economy]. Moscow: Alpina Biznes Buks, 2005.
- Riusman, M. et al. *Industriia 4.0: budushcheye proizvoditelnosti i rosta v promyshlennosti* [Industry 4.0: the future of productivity and growth in industry]. The Boston Consulting Group, 2015.
- Stock, T., and Seliger, G. “Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0”. *Procedia CIRP*, vol. 40 (2016): 536-541.

Shatilova, O. V. "Rozvytok teorii orhanizatsii v epokhu tsyfrovoy transformatsii" [Development of the theory of organization in the era of digital transformation]. *Stratehichni imperatyvy suchasnoho menedzhmentu*. Kyiv: KNEU, 2018. 486-491.

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.

Smith, J. et al. "Industry 4.0: Study for the ITRE Committee". Policy Department A: Economic and Scientific Policy, European Parliament, EU, 2016. [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL_STU\(2016\)570007_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL_STU(2016)570007_EN.pdf)

Shevtsova, H. Z. "Khimichna industriia 4.0 yak haluzeva kontseptsiiia realizatsii osnov chetvertoi promyslovoi revoliutsii" [Chemical Industry 4.0 as a branch concept for implementing the foundations of the Fourth Industrial Revolution]. *Ekonomichnyi visnyk Donbasu*, no. 2 (2017): 35-41.

Tarasov, I. V. "Tekhnologii industrii 4.0: Vliyaniye na povysheniye proizvoditelnosti promyshlennykh kompaniy" [Industry 4.0: Impacts on increasing the productivity of industrial companies]. *Strategicheskiye resheniya i risk-menedzhment*, no. 2 (2018): 62-69.

Trstenjak, M., and Cosic, P. "Process Planning in Industry 4.0 Environment". *Procedia Manufacturing*, vol. 11 (2017): 1744-1750.

Tupa, J., Simota, J., and Steine, F. "Aspects of Risk Management Implementation for Industry 4.0". *Procedia Manufacturing*, vol. 11 (2017): 1223-1230.

Voitko, S. V., Havrysh, O. A., and Zuhrovskiy, O. M. "Yakist derzhavnogo rehuliuвання, efektyvnist roboty uriadu chy plan Marshalla na shliakhu krainy do Industrii-4.0" [The quality of government regulation, the effectiveness of the government or Marshall Plan on the country's path to Industry-4.0]. *Ekonomichnyi visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu Ukrainy «Kyivskiy politekhnichnyi instytut»*. 2018. <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:deWPT0AcBkJ:ev.fmm.kpi.ua/article/view/131530+&cd=1&hl=ru&ct=clnk&gl=ua>

Vyshnevskiy, V. P., and Kniaziev, S. I. "Yak pidvyshchyty hotovnist promyslovosti Ukrainy do smart-transformatsii" [How to increase the readiness of Ukraine's industry for smart transformations]. *Nauka ta innovatsii*, vol. 14, no. 4 (2018): 55-69.

Zemtsov, S. P. "Smogut li roboty zamenit lyudey? Otsenka riskov avtomatizatsii v regionakh Rossii" [Will robots be able to replace people? Automation risk assessment in the regions of Russia]. *Innovatsii*, no. 4 (2018): 2-8.