

Заяць О.І.

*доктор економічних наук, доцент,
професор кафедри міжнародних економічних відносин
Державного вищого навчального закладу
«Ужгородський національний університет»*

Якоб Є.Й.

*доктор філософії
Державного вищого навчального закладу
«Ужгородський національний університет»*

Zayats Olena

*Doctor of Economic Sciences, Associate Professor,
Professor of International Economic Relations Department
State University “Uzhhorod National University”*

Yakob Evgeniy

*Ph.D. in Economics
State University “Uzhhorod National University”*

ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЙ ІНДУСТРІЇ 4.0 НА СТРУКТУРУ ТА ДИНАМІКУ МІЖНАРОДНОЇ ЕЛЕКТРОННОЇ ТОРГІВЛІ

Анотація. У статті досліджено вплив технологій Індустрії 4.0 на структуру та динаміку міжнародної електронної торгівлі. Проаналізовано ключові технології, такі як інтернет речей, штучний інтелект, блокчейн, 3D-друк та CRM-системи, і визначено їхній прямий вплив на глобальні торгові процеси, ланцюги поставок та конкурентні переваги. Доведено, що цифрова трансформація сприяє зростанню обсягів торгівлі послугами, зменшенню трансакційних витрат і географічних бар'єрів, а також формуванню нових бізнес-моделей (наприклад, C2B). Окреслено виклики, пов'язані з кібербезпекою, регуляторними бар'єрами та нерівномірним технологічним розвитком. На основі даних McKinsey запропоновано ієрархію впливу технологій на міжнародну торгівлю, зокрема оцінено зміни у товарних потоках. Підкреслено роль малих і середніх підприємств у глобальній електронній торгівлі завдяки цифровій інфраструктурі та модульним системам. Висновки свідчать, що технології Індустрії 4.0 кардинально змінюють традиційні торгові парадигми, але для повної реалізації їхнього потенціалу необхідні інвестиції в інфраструктуру, підвищення кваліфікації та міжнародна координація.

Ключові слова: Індустрія 4.0, міжнародна електронна торгівля, цифрова трансформація, інтернет речей, штучний інтелект, блокчейн, ланцюги поставок, трансакційні витрати, CRM; кібербезпека.

Вступ та постановка проблеми. У сучасних умовах стрімкого технологічного прогресу, глибокої цифровізації та формування глобальних ланцюгів доданої вартості, міжнародна електронна торгівля зазнає радикальних змін під впливом технологій Індустрії 4.0. Ці технології – інтернет речей, штучний інтелект, блокчейн, 3D-друк, CRM-системи – не лише зменшують трансакційні витрати та усувають географічні бар'єри, але й трансформують традиційні моделі ведення бізнесу, створюючи нові форми міжнародної торгівлі, такі як платформи C2B та сервісно-орієнтовані мережі. Однак їхнє впровадження викликає низку проблем: зростання кіберризиків, нерівномірний доступ до технологій між країнами та регіонами, недостатню адаптацію національних регуляторних рамок до швидкої диджиталізації, а також загрозу цифрового розриву між великими корпораціями та малими та середніми підприємствами. Існуюча наукова дискусія потребує

глибшого аналізу того, яким чином технології Індустрії 4.0 впливають на структуру та динаміку міжнародної електронної торгівлі, які механізми формують нові конкурентні переваги та як можна подолати виклики, пов'язані з їхнім впровадженням. У цьому контексті виникає необхідність у комплексному дослідженні взаємозв'язку між технологічними інноваціями, інституційними умовами та економічними результатами в міжнародній електронній торгівлі, а також у розробці стратегій, спрямованих на забезпечення інклюзивного та безпечного розвитку глобальної цифрової економіки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасний розвиток міжнародної електронної торгівлі все більше пов'язується з впровадженням технологій Індустрії 4.0, таких як інтернет речей, штучний інтелект, блокчейн, 3D-друк та кіберфізичні системи. Дослідження показують, що ці технології не лише зменшують трансакційні витрати,



але й радикально змінюють структуру глобальних ланцюгів доданої вартості.

С. Чузовіч та Б. Лабович [1] доводять, що електронна комерція в умовах Четвертої промислової революції перетворюється на основну форму міжнародних продажів, де споживач стає рушійною силою бізнесу. Їхній аналіз показує, що технології Індустрії 4.0 сприяють масовій кастомізації продукції та глобалізації навіть для малого бізнесу. Дж. Римарчик [2] акцентує увагу на структурних змінах у міжнародній торгівлі, спричинених цифровізацією. Він доводить, що такі технології, як штучний інтелект та інтернет речей, створюють нові джерела порівняльних переваг, де нематеріальні активи та доступ до капіталу, заснованого на знаннях, відіграють ключову роль.

Л. Жао та М. Фенг [3] досліджують трансформацію електронної комерції у виробничому секторі, доводячи, що інтелектуальне виробництво стає основою для реалізації зв'язку між машинами, матеріалами та людьми. Вони показують, що розумні машини здатні до самонавчання та пропонують вдосконалення на основі аналізу помилок, що принципово змінює ефективність виробничих процесів. Н. Олівейра та М. Борба [4] аналізують вплив Індустрії 4.0 на роздрібну електронну торгівлю, зокрема роль CRM-систем у поєднанні з технологіями великих даних та віртуалізації. Їхні дослідження показують, що роздрібні компанії отримують змогу в реальному часі відстежувати попит, аналізувати конкурентів та приймати стратегічні рішення.

Отже, сучасні дослідження [1–4] підтверджують, що технології Індустрії 4.0 є ключовим чинником трансформації міжнародної електронної торгівлі, змінюючи не лише операційні процеси, але й стратегічні моделі ведення бізнесу. Водночас залишаються недостатньо дослідженими питання інституційних бар'єрів, кібербезпеки та нерівномірного розповсюдження технологічних переваг, що визначає перспективність подальших досліджень у цій галузі.

Мета статті полягає у дослідженні впливу технологій Індустрії 4.0 на структуру, динаміку та конкурентні умови міжнародної електронної торгівлі, а також у визначенні ключових механізмів трансформації глобальних торговельних потоків під впливом цифровізації. На основі цього аналізу пропонуються практичні рекомендації щодо адаптації бізнесу та

державної політики для максимізації переваг технологічної трансформації.

Основні завдання дослідження: визначити ключові технології Індустрії 4.0 (інтернет речей, штучний інтелект, блокчейн, 3D-друк, CRM-системи) та проаналізувати їхній прямий і опосередкований вплив на операційну ефективність, структуру витрат і конкурентні переваги в міжнародній електронній торгівлі; дослідити механізми зміни традиційних бізнес-моделей та виникнення нових форматів торгівлі (C2B, сервісно-орієнтовані платформи) під впливом цифрової трансформації, з акцентом на роль малих і середніх підприємств; проаналізувати інституційні та регуляторні виклики, пов'язані з впровадженням технологій Індустрії 4.0 (кібербезпека, захист даних, стандартизація, цифровий розрив), та оцінити їхній вплив на глобальну торгівлю; оцінити ефективність технологічних рішень Індустрії 4.0 для оптимізації ланцюгів поставок, зменшення транзакційних витрат та подолання географічних бар'єрів у міжнародній торгівлі.

Результати дослідження. ІКТ-технології можуть як напряму впливати на розвиток міжнародної електронної торгівлі, так і опосередковано, через розвиток інтернету і комп'ютерних технологій у формі електронного обміну даними (*Electronic Data Interchange*) (табл. 1). Розвиток нових технологій впливає на виробництво та надання послуг, сприяючи інноваційним процесам транскордонної співпраці в галузі послуг через цифрові платформи та фізичні пристрої. Цифрова трансформація також приводить до збільшення обсягів міжнародної торгівлі послугами, включаючи невеликі цифрові послуги, такі як потокова музика, електронні книги та онлайн-ігри.

Це також створює нові виклики для міжнародної торгівлі та формування інвестиційної політики, а також вимагає нових методів вимірювання міжнародної торгівлі, зокрема послугами. Нові технології, такі як розподілені реєстри або блокчейн, можуть значно змінити способи торгівлі в майбутньому, зробляючи міжнародні контракти більш прозорими та доступними для виконання, а також сприяючи швидкій передачі цінностей через глобальні ланцюжки створення вартості. Також адитивне виробництво, або 3D-друк, може змінити способи

Таблиця 1

ІКТ-технології в міжнародній торгівлі

Інтернет	Електронна комерція	Електронний обмін даними
Доступ до інформації та її пошук Спілкування Дистанційна робота Транзакційний бізнес	Конкурентна перевага завдяки інноваційному маркетингу Масове налаштування через онлайн-взаємодію з клієнтами Глобальне охоплення навіть для малого бізнесу Зменшення витрат на бізнес-операції завдяки ефективним зв'язкам з постачальниками та стратегічними альянсами Мультимедійна презентація продукту, компанії та маркетингу інформації	Розроблено загальні погоджені стандарти для обміну даними, пов'язаними з бізнес-операціями, такі як різні стандарти ЕОД, щоб відповідати галузевим і національним вимогам для ефективної та успішної трансакції, наприклад UN/EDIFACT (ЕОД для адміністрації, торгівлі та транспорту).

Джерело: складено авторами на основі [5]

доставки товарів, а також структуру та роботу ланцюгів постачання деталей і компонентів. Впровадження нових технологій може привести до переходу до більш наукомістких процесів виробництва, що створить нові джерела порівняльних переваг. Роботизація також може зменшити роль робочої сили або навичок у визначенні порівняльних переваг у торгівлі товарами, включаючи сферу сільськогосподарства, виробництва та послуг. Нематеріальні активи та доступ до капіталу, заснованого на знаннях (*knowledge-based capital*), можуть стати все більш важливими, що потенційно змінить способи розподілу факторів виробництва як усередині фірми, так і за кордоном через глобальні ланцюжки створення вартості [6].

Четверта промислова революція являє собою цифрову трансформацію, яка має потенціал підвищити глобальний дохід та покращити якість життя у всьому світі. Цей процес суттєво впливає на бізнес, урядові структури та індивідуальних громадян. У сфері підприємництва впровадження новітніх технологій створює абсолютно нові методи задоволення потреб споживачів і значно змінює існуючі ланцюжки створення вартості в окремих галузях. Ключовим напрямом розвитку Індустрії 4.0 є формування технологічних платформ, які об'єднують попит та пропозицію для створення різноманітних нових послуг. Вагомим фактором, який сприяє розвитку Індустрії 4.0, є зацікавленість в її розвитку з боку провідних міжнародних корпорацій. Типовим прикладом є послуга передплати програмного забезпечення ОТА від компанії Tesla (*Tesla's over-the-air*), яка забезпечує періодичні дистанційні покращення продуктивності програмного забезпечення на основі даних про водіння клієнтів після продажу автономних транспортних засобів [7].

Згідно з даними Промислового інтернет консорціуму (*Industrial Internet Consortium*) [8], цифрова трансформація використовує інтернет речей для перетворення процесів і операцій з метою досягнення кращих результатів. Це бізнес-ціль, яка передбачає інноваційне та стратегічне використання цифрових технологій для покращення існуючих бізнес-моделей, промислових процесів та створення нових. Одним з ключових аспектів промислової цифрової трансформації є злиття інформаційних технологій та операційних технологій у виробництві. Інноваційне використання даних, що збираються датчиками, та їх аналіз сприяє досягненню кращих бізнес-результатів. Наявність нових технологій стимулює підприємства до перегляду свого бізнесу та використання способів, які раніше були недоступними. Ключовими сценаріями зовнішньої експансії передових виробничих галузей у період промислової цифрової трансформації виступають гіперзв'язок, інтелектуальне виробництво та виробництво, орієнтоване на послугу. Поточні проблеми та інтереси промислової цифрової трансформації визначаються з точки зору парадигм торгівлі (електронна комерція), цілей (конвергентні послуги, штучний інтелект) та

інфраструктури (мережі, дані, національне законодавство) [7].

Еволюція інтернету зі збільшенням мобільних мереж і використанням таких пристроїв, як смартфони та планшети, змінила те, як люди шукають і купують їхні продукти, оскільки такі пристрої полегшують здійснення покупок у часі і просторі. Наприклад, за допомогою додатків для онлайн-покупок, таких як Wish, Geek або AliExpress, китайські компанії продають свою продукцію в кількох країнах, тоді як у таких додатках, як Mercado Livre, Enjoei або eBay, будь-який користувач, як фізична, так і юридична особа, може зареєструватися, щоб здійснювати операції купівлі-продажу нових чи вживаних товарів. Таким чином, компанії, які хочуть продавати більше, повинні інвестувати в електронну комерцію, що полегшує управління компанією за принципами Індустрії 4.0. Л. Жао та М. Фенг [3] відзначають, що із запровадженням Індустрії 4.0 модель С2В стає основною формою продажів електронної комерції для галузей, а споживачі стануть рушійною силою всього їхнього бізнесу. Електронна комерція полегшує прогнозування продажів для виробничих компаній, оскільки виробництво можна планувати на основі замовлень на порталі компанії.

Четверта промислова революція розділила реальний і цифровий світи. Нові динамічні технології впливають на всіх виробників завдяки використанню розумних машин для автоматизації та оптимізації бізнесу. Водночас довгостроковий успіх бізнесу визначається не технологіями як такими, а клієнтоорієнтованістю бізнесу, оскільки саме споживач у кінцевому підсумку визначає успіх чи невдачу бізнесу. Цифрова трансформація інтегрує технології в бізнес і спрямована на забезпечення більшої цінності для клієнтів. Промислова революція 4.0 оцифрувала виробничі процеси, які з'єднали машини з мережею і системами управління бізнесом, що допомогло покращити й автоматизувати все виробництво компанії.

Подальша технологічна еволюція, яка сприяла зростанню та впровадженню інструментів, які дозволяють отримати більше знань про споживачів і зберігати дані про транзакції компанії-клієнта, сформувала систему під назвою «Управління взаємовідносинами з клієнтами» (*Customer Relationship Management – CRM*). Концепція CRM також розглядається як бізнес-стратегія, спрямована на розуміння та передбачення потреб поточних і потенційних клієнтів компанії на основі дослідження ринку, яке підтримує CRM, з метою розробки стратегій, здатних підвищити як лояльність клієнтів, так і продажі в стійкий спосіб [9]. CRM – це також інтеграція функцій автоматизації продажів, обслуговування клієнтів, автоматизація маркетингу та інструменти управління інформацією, які можна інтегрувати в системи бек-офісу, пов'язані з обслуговуванням клієнтів у сфері кредитування, виставлення рахунків і доставки. Технології забезпечують ресурси для інтеграції функцій різних відділів у компаніях, впливаючи на управління з точки зору їх процесів і навчання співробітників [10].

Зі зростанням можливостей зберігання даних із віртуалізацією та обробкою великих даних, які є розробками Індустрії 4.0, і застосуванням таких розробок до систем CRM роздрібні компанії розширюють свої можливості пошуку ринку та покращують пропозиції продуктів, логістику та рекламні акції. Таким чином, компанії можуть у режимі реального часу відстежувати вебперегляд потенційних споживачів в інтернеті та визначати попит на певний продукт, вони можуть навіть відстежувати дані про конкуренцію за допомогою таких інструментів, як інтелектуальний аналіз даних, і за допомогою систем, які спілкуються одна з одною, вони можуть пропонувати цінну інформацію для прийняття стратегічних рішень роздрібною компанією. Все це дозволяє малому та середньому бізнесу більш ефективно виходити на глобальний ринок зі своєю продукцією, функціонуючи у форматі, найбільш наближеному до ринку ідеальної конкуренції.

Інтероперабельність означає здатність спілкуватися між людьми та машинами, а також між машинами та машинами на підприємствах, обладнаних кіберфізичними системами. Такі системи забезпечують зв'язок у реальному часі та зв'язок між усіма, хто бере участь у виробництві, через Інтернет речей та Інтернет послуг, який також з'єднує такі системи з електронною комерцією компанії. Взаємодія між об'єктами та людьми або об'єктами та системами з використанням Інтернету речей відкриває великі можливості для вдосконалення планування та стратегій здійснення електронних торгових операцій як на внутрішньому ринку, так і на міжнародному рівні. Електронні пристрої, встановлені в будинках чи офісах, зможуть спілкуватися, наприклад, з ланцюгами електронної комерції роздрібних торговельних мереж харчових продуктів, повідомляючи, коли запаси вдома закінчуються, і розміщуючи замовлення та купуючи необхідні товари без участі людини-споживача. Таким чином, роздрібна CRM у поєднанні з інтелектуальною електронікою стає союзником для планування та контролю виробництва або для прийняття рішень у сфері маркетингу, продажів і логістики.

Децентралізація відбувається через зростаючий попит споживачів на індивідуальні продукти

та ускладнює централізований контроль систем. Таким чином, децентралізація означає здатність кіберфізичних систем самостійно приймати рішення на підприємствах Індустрії 4.0.

Здатність збирати й аналізувати дані та передавати інформацію *в режимі реального часу* допомагає заводу-виробнику, який може швидко реагувати на збій машини та перенаправляти продукцію на іншу машину. Для випадку міжнародної торгівлі ця можливість допомагає контролювати питання стратегічного інтересу, такі як купівельні звички та переваги споживачів, зокрема, з урахуванням відмінностей споживачів у різних регіонах світу, або ідентифікувати, знаходити та відстежувати конкурентів або можливих нових учасників галузі, оскільки Індустрія 4.0, пов'язана з промисловою автоматизацією, використовує технології, орієнтовані на оптимізацію процесів.

Сервісна орієнтація пояснюється тим, що завдяки допомозі технологічному розвитку машин, зокрема, з активним залученням технології штучного інтелекту, надання послуг людям стає доступнішим, оскільки інтернет речей буде агрегувати та автоматизовувати сервісні операції, і більша кількість завдань більше не потребуватимуть безпосереднього втручання людей. Вагомим також у даному разі стає більш масштабне використання алгоритмів для надання послуг в усьому світі однакової якості за однаковою ціною.

Модульність означає, що фабрики Індустрії 4.0 стали реальністю, і їх можна гнучко адаптувати з точки зору заміни або розширення окремих модулів. Модульні системи легко налаштовуються в разі сезонних коливань попиту на волатильні товари або зміни характеристик товару. Інтеграція модульних систем у глобальні ланцюги створення вартості значно пришвидшує логістику міжнародної торгівлі.

Дослідження інституту МакКінзі [11] виявило ступінь впливу технологій на торговельні потоки в ланцюжках вартості. На його основі можна вибудувати ієрархію впливу новітніх технологій на розвиток міжнародної торгівлі (табл. 2).

Як видно з табл. 2, хоча технологічні зміни не завжди впливатимуть позитивно саме на абсолютні величини міжнародної торгівлі, вони матимуть

Таблиця 2

Зміна міжнародних торгових потоків під впливом технологічних змін

Напрямок впливу	Вид технології	Ефект на торгівлю
Зменшення трансакційних витрат	Інтернет речей Електронна комерція Блокчейн Автоматизація обробки документів	Зростання на понад 4,7 трлн дол. США в торгівлі товарами за рахунок зменшення трансакційних витрат до 2030 р.
Зміна виробничих процесів	Штучний інтелект Автоматизація 3D-друк	Зменшення на 4 трлн дол. США в торгівлі товарами за рахунок наближення товарів до споживачів
Нові товари	Електромобілі Відновлювані джерела енергії Цифрові товари	Зменшення на 310 млрд дол. США в торгівлі товарами за рахунок зміни в структурі і можливості продажу товарів

Джерело: складено авторами на основі [11; 12]

радикальний вплив на зміну структури торгівлі товарами, в якій значення міжнародної електронної торгівлі значно зростає.

За даними Всесвітнього економічного форуму, Четверта індустріальна революція, що виникла в результаті швидких технологічних змін та цифровізації, вже суттєво вплинула на торгівлю. Цифрова торгівля послугами є одним з найдинамічніших секторів світової економіки, і її можна використовувати для відновлення процесу, сприяючи збільшенню кількості цифрових платежів і транскордонних потоків даних, зокрема і в контексті боротьби з наслідками пандемії КОВІД-19, яка мала критичний вплив на глобальні економічні процеси в 2020–2021 рр. Однак, незважаючи на прогрес у сфері технологій, електронна торгівля все ще стикається з рядом перешкод. Серед них можна виділити застарілі правила та норми, нові форми захисту та порушення міжнародної співпраці у глобальному цифровому управлінні, а також інші чинники.

Витрати на транспорт і логістику залишаються суттєвим обмеженням для міжнародної торгівлі. Ці витрати складають значну частину загальних торговельних витрат, незважаючи на впроваджені інновації, такі як контейнерні перевезення, мульти-модальні перевезення, геолокація та сучасні види транспорту. Впровадження роботизації, штучного інтелекту, інтернету речей та 3D-друку може привести до суттєвої економії в цій галузі. Підприємства оптимізують маршрути вантажопотоків, поєднуючи інтелектуальних роботів з інтернетом речей, випробовуючи, виправляючи та вибираючи місця складування та перевалки вантажів. Автономні транспортні засоби можуть спричинити революцію в транспортній галузі, оскільки вони не лише будуть доступнішими, а й швидшими, безпечнішими та надійнішими. Транспортування швидкопсувних продуктів (наприклад, споживчих товарів) для ланцюгів постачання є важливим, особливо для тих, що використовують систему «точно-вчасно» (*just-in-time*) [13].

Глобальні потоки даних служать основою для глобальних ланцюжків створення вартості, відкриваючи нові можливості для участі в міжнародній торгівлі. Для багатьох економік участь у ТЛП є вирішальним чинником для міжнародної торгівлі – понад половина торгівлі товарами та понад 70% торгівлі послугами походять від проміжних ресурсів. Дані та цифрові технології впливають на участь у ТЛП кількома способами. Глобальні потоки даних також породжують концепцію «ланцюжка поставок 4.0», де інформаційні потоки інтегровані та всебічні, а не лінійні. Ця інтеграція інформаційних потоків, здійснена через ланцюжок поставок 4.0, утворює нові можливості для підвищення продуктивності та розширення можливостей зайнятості. Також спостерігається тенденція до використання імпортованих послуг в експорті промислових товарів, що свідчить про те, що цифрові послуги також торгуються в межах ТЛП. Це

включає можливість для малих і середніх підприємств пропонувати власні унікальні послуги в глобальних ланцюжках створення вартості або підтримувати більш традиційні пропозиції в електронній комерції. Глобальні потоки даних також дозволили цифровим платформам отримувати ключові цифрові послуги через кордони, створюючи повністю цифрові ланцюжки створення вартості [14].

Розгортання мереж та технологій 5G приведе до різних змін у зростанні цифрової економіки та цифрової торгівлі. Технологія 5G збільшить швидкість і обсяг передачі даних, сприяючи розширенню нових технологій, включаючи автономні транспортні засоби, віртуальну реальність та додатки для здоров'я. Це також сприятиме масштабному розвитку інтернету речей. За оцінками Cisco [15; 16], до 2030 року до Інтернету буде підключено 500 мільярдів пристроїв. Розвиток технологій 5G вимагатиме значних інвестицій у встановлення стільникових веж та нове обладнання, однак його найбільший трансформаційний вплив полягатиме у підвищенні швидкості обробки даних та розширенні функціональних можливостей мережі. Також передбачається використання «нарізки мережі» (*network slicing*), що означає розділення різних рівнів обслуговування в межах однієї мережі, що дозволить надавати різноманітні послуги в мережі з різним рівнем якості обслуговування.

Висновки. Індустрія 4.0 являє собою злиття переважно цифрових технологій розвитку, вона впливає на технологічні, соціальні та бізнес-парадигми, вносячи зміни у міжнародну торгівлю. Сучасні технологічні рішення Четвертої промислової революції значно підвищують ефективність міжнародної електронної торгівлі, роблять її більш вільною від регуляторних бар'єрів національного рівня і сприяють формуванню глобального вільного конкурентного ринку. Діджиталізація та нові технології змінюють парадигму торгівлі, проте не впливають на її фундаментальні принципи, оскільки міжнародна електронна торгівля, як і її традиційна форма, все ще ґрунтується на концепції порівняльних переваг, інформаційної асиметрії та існуючих бар'єрах для міжнародної торгівлі. Цифрові технології дозволяють перетворити застарілі практики на нові, відкриваючи широкий спектр можливостей для розвитку електронної торгівлі та зменшення торгових витрат. Однак для успішної реалізації цих можливостей країни повинні узгоджувати дії з питань, пов'язаних з транскордонним потоком даних, конфіденційністю та умовами конкуренції. Індустрія 4.0 та цифрова трансформація світової торгівлі створюють не лише можливості, але й виклики для міжнародного бізнесу. Надалі існують проблеми кібербезпеки, конфіденційності даних, взаємодії та цифрового розриву між розвиненими країнами. Наявною є необхідність інвестування у цифрову інфраструктуру, підвищення кваліфікації персоналу та забезпечення кібербезпеки, щоб повністю використовувати переваги міжнародної електронної торгівлі.

Список використаних джерел:

1. Ćuzović S., Labović B. E-commerce in the light of the fourth industrial revolution. *Novi Ekonomist*. 2019. Vol. 13, no. 1. DOI: <https://doi.org/10.7251/NOE1925030C>
2. Rymarczyk J. The impact of industrial revolution 4.0 on international trade. *Entrepreneurial Business and Economics Review*. 2021. Vol. 9, no. 1. P. 105–117. DOI: <https://doi.org/10.15678/EBER.2021.090107>
3. Zhao L., Feng M. Study on the Transformation and Upgrade of E-Commerce Application in Manufacturing Industry. *MATEC Web of Conferences*. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201710002042>
4. Oliveira N., Miriam B. Industry 4.0 impacts on the development of retail e-commerce. *Scientific Research Journal*. 2021. Vol. 9. DOI: <https://doi.org/10.31364/SCIRJ/v9.i09.2021.P0921876>
5. Singh V. Role of Information Technology in international business. 2021. URL: https://www.slideshare.net/vijyatasingh7/role-of-information-technology-in-international-trade?from_action=download&slideshow_id=249452161 (дата звернення: 06.09.2025).
6. Baldwin R. The Great Convergence: monograph. *Cambridge, MA: Harvard University Press*. 2016. 330 p. DOI: <https://doi.org/10.4159/9780674972667>
7. Ho-cheol K. Industrial Digital Transformation and A Proposal to Rebuild Digital Trade Agenda. *Journal of World Trade*. 2024. Vol. 58, no. 1. P. 87–114. DOI: <https://doi.org/10.54648/trad2024004>
8. Industry IoT Consortium Leveraging the Full Potential of Industrial DX Technologies. *Industrial Internet Consortium*. 2024. URL: <https://www.iiconsortium.org/wc-bse/> (дата звернення: 06.02.2025).
9. Bretzke M. Marketing de relacionamento e competição em tempo real. 2000. 224 p. URL: <https://www.wook.pt/livro/marketing-de-relacionamento-e-competicao-em-tempo-real-miriam-bretzke/55093> (дата звернення: 09.09.2025).
10. Demo G., Fogaça N., Ponte V., Fernandes T. Marketing de relacionamento (CRM): estado da arte, revisão bibliométrica da produção nacional de primeira linha, institucionalização da pesquisa no Brasil e agenda de pesquisa. *Revista de Administração Mackenzie, São Paulo*. 2015. Vol. 16. P. 127–160. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-69712015/administracao.v16n5p127-160>
11. Lund S., Manyika J., Woetzel J., Bughin J., Krishnan M., Seong J., Muir M. Globalization in transition: The future of trade and value chains. *McKinsey Global Institute*. 2019. 144 p. URL: <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/featured%20insights/innovation/globalization%20in%20transition%20the%20future%20of%20trade%20and%20value%20chains/mgi-globalization%20in%20transition-the-future-of-trade-and-value-chains-full-report.pdf>
12. Lund S., Bughin J. Next-generation technologies and the future of trade. *VoxEU*. 2019. URL: <https://cepr.org/voxeu/columns/next-generation-technologies-and-future-trade> (дата звернення: 16.09.2025).
13. Khan A. The Emergence of the Fourth Industrial Revolution and its Impact on International Trade. *Journal of Social Sciences and Humanities*. 2024. Vol. 11. DOI: <https://doi.org/10.12982/CMUJASR.2024.007>
14. Meltzer J. P. Cybersecurity, digital trade, and data flows. Re-thinking a role for international trade rules. *Global Economy & Development*. 2020. WP 132. 36 p. DOI: <https://doi.org/10.2139/ssrn.3595175>
15. Cisco Cisco Secure Equipment Access At-a-Glance. *Cisco*. 2024. URL: <https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/security/industrial-security/secure-equipment-access/secure-equipment-access-aag.pdf> (дата звернення: 09.09.2025).
16. Заяць О., Якоб Є. Найбільші ринки електронної торгівлі у глобальному господарстві. *Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія: Міжнародні економічні відносини та світове господарство*. 2023. Вип. 47. С. 30–35. DOI: <https://doi.org/10.32782/2413-9971/2023-47-6>

References:

1. Ćuzović, S. and Labović, B. (2019) E-commerce in the light of the fourth industrial revolution. *Novi Ekonomist*. Vol. 13, no. 1. DOI: <https://doi.org/10.7251/NOE1925030C>
2. Rymarczyk, J. (2021) The impact of industrial revolution 4.0 on international trade. *Entrepreneurial Business and Economics Review*. Vol. 9, no. 1. P. 105–117. DOI: <https://doi.org/10.15678/EBER.2021.090107>
3. Zhao, L. and Feng, M. (2017) Study on the Transformation and Upgrade of E-Commerce Application in Manufacturing Industry. *MATEC Web of Conferences*. DOI: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201710002042>
4. Oliveira, N. and Miriam, B. (2021) Industry 4.0 impacts on the development of retail e-commerce. *Scientific Research Journal*. Vol. 9. DOI: <https://doi.org/10.31364/SCIRJ/v9.i09.2021.P0921876>
5. Singh, V. (2021) Role of Information Technology in international business. URL: https://www.slideshare.net/vijyatasingh7/role-of-information-technology-in-international-trade?from_action=download&slideshow_id=249452161 (accessed 06.09.2025).
6. Baldwin, R. (2016) The Great Convergence: monograph. *Cambridge, MA: Harvard University Press*. 330 p. DOI: <https://doi.org/10.4159/9780674972667>
7. Ho-cheol, K. (2024) Industrial Digital Transformation and A Proposal to Rebuild Digital Trade Agenda. *Journal of World Trade*. Vol. 58, no. 1. P. 87–114. DOI: <https://doi.org/10.54648/trad2024004>
8. Industry IoT (2024) Consortium Leveraging the Full Potential of Industrial DX Technologies. *Industrial Internet Consortium*. URL: <https://www.iiconsortium.org/wc-bse/> (accessed 06.02.2025).
9. Bretzke, M. (2000) Marketing de relacionamento e competição em tempo real. 224 p. URL: <https://www.wook.pt/livro/marketing-de-relacionamento-e-competicao-em-tempo-real-miriam-bretzke/55093> (accessed 09.09.2025).
10. Demo, G., Fogaça, N., Ponte, V. and Fernandes T. (2015) Marketing de relacionamento (CRM): estado da arte, revisão bibliométrica da produção nacional de primeira linha, institucionalização da pesquisa no Brasil e agenda de pesquisa.

- Revista de Administração Mackenzie, São Paulo*. Vol. 16. P. 127–160. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-69712015/administracao.v16n5p127-160>
11. Lund, S., Manyika, J., Woetzel, J., Bughin, J., Krishnan, M., Seong, J. and Muir, M. (2019) Globalization in transition: The future of trade and value chains. *McKinsey Global Institute*. 144 p. URL: <https://www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/featured%20insights/innovation/globalization%20in%20transition%20the%20future%20of%20trade%20and%20value%20chains/mgi-globalization%20in%20transition-the-future-of-trade-and-value-chains-full-report.pdf>
 12. Lund, S. and Bughin J. (2019) Next-generation technologies and the future of trade. *VoxEU*. URL: <https://cepr.org/voxeu/columns/next-generation-technologies-and-future-trade> (accessed 16.09.2025).
 13. Khan, A. (2024) The Emergence of the Fourth Industrial Revolution and its Impact on International Trade. *Journal of Social Sciences and Humanities*. Vol. 11. DOI: <https://doi.org/10.12982/CMUJASR.2024.007>
 14. Meltzer, J. P. (2020) Cybersecurity, digital trade, and data flows. Re-thinking a role for international trade rules. *Global Economy & Development*. WP 132. 36 p. DOI: <https://doi.org/10.2139/ssrn.3595175>
 15. Cisco (2024) Cisco Secure Equipment Access At-a-Glance. *Cisco*. URL: <https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/security/industrial-security/secure-equipment-access/secure-equipment-access-aag.pdf> (accessed 09.09.2025)
 16. Zayats, O. and Yakob, Ye. (2023) Naibilshi rynky elektronnoi torhivli u hlobalnomu hospodarstvi. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho natsionalnoho universytetu. Seriya: Mizhnarodni ekonomichni vidnosyny ta svitove hospodarstvo*. Vyp. 47. S. 30–35. DOI: <https://doi.org/10.32782/2413-9971/2023-47-6>

INDUSTRY 4.0 TECHNOLOGIES IMPACT ON THE STRUCTURE AND DYNAMICS OF INTERNATIONAL E-TRADE

Summary. This article examines the impact of Industry 4.0 technologies on the structure and dynamics of international e-commerce, arguing that digitalization acts as a transformative force reshaping global trade patterns, value chains, and competitive advantages. It substantiates the thesis that technologies such as the Internet of Things (IoT), artificial intelligence (AI), blockchain, 3D printing, and advanced CRM systems not only reduce transaction costs and geographical barriers but also fundamentally alter traditional business models, creating new forms of cross-border trade. The study employs a multidisciplinary analysis framework integrating technological economics, international trade theory, and digital transformation studies to identify key mechanisms of change. It demonstrates how smart manufacturing, data-driven logistics, and platform-based services enhance operational efficiency and enable mass customization, particularly for small and medium-sized enterprises (SMEs). The analysis reveals significant shifts in trade flows: digital technologies are projected to generate over \$4.7 trillion in goods trade by 2030 through reduced transaction costs, while simultaneously displacing approximately \$4 trillion due to production process localization. Particular attention is given to institutional challenges including cybersecurity risks, regulatory fragmentation, and the digital divide between developed and developing economies. The article concludes that while Industry 4.0 technologies create unprecedented opportunities for global market integration, they also generate new dependencies and require coordinated international governance. By synthesizing empirical data and theoretical perspectives, the study offers a comprehensive understanding of how digital technologies are reshaping international e-commerce and provides policy recommendations for inclusive and sustainable digital trade development.

Keywords: Industry 4.0, international e-commerce, digital transformation, Internet of Things, artificial intelligence, blockchain, supply chains, transaction costs, CRM, cybersecurity.

Стаття надійшла: 05.08.2025

Стаття прийнята: 10.09.2025

Стаття опублікована: 30.09.2025