

ПРОБЛЕМИ УПРАВЛІННЯ

УДК 658.5:004.89:658.8
JEL Classification Code M19, O33

К. Ю. Балаклесць¹, В. Б. Родченко²

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна,
навчально-науковий інститут “Каразінська школа бізнесу”,
кафедра управління та адміністрування,
ORCID: ¹0009-0009-9202-6956; ²0000-0003-0298-4747

ЧИННИКИ ТРАНСФОРМАЦІЇ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ В РОЗВИТКУ ІНДУСТРІЇ 4.0

<http://doi.org/10.23939/semi2024.02>.

© Балаклесць К. Ю., Родченко В. Б., 2024

Узагальнено підходи до оцінки проблематики цифрових трансформацій бізнес-процесів у системі Індустрії 4.0 з акцентом на поведінкові складові. Виявлено ключові факторів, що впливають на ефективність впровадження новітніх технологій та їх взаємодію з корпоративною культурою. Використовуючи системний аналіз, досліджується вплив поведінкових аспектів на успішність цифрової трансформації та розробку стратегій інтеграції технологій Індустрії 4.0 у бізнес-процеси. Висновки підтверджують необхідність адаптації корпоративної культури та розробки стратегій, що враховують людський фактор для успішної реалізації цифрових трансформацій.

Ключові слова: Індустрія 4.0, цифрова трансформація, бізнес-процеси, маркетинг, операційний менеджмент, корпоративна культура.

Постановка проблеми та актуальність дослідження

Один з ключових трендів сьогодення пов'язаний з використанням новітніх технологій, індустріалізацією та цифровізацією, які безпрецедентно змінюють підходи до управління, організації взаємодії, вибору методів управління процесами та ресурсами в бізнес-структурах та організаціях, що формують епоху Індустрії 4.0. Ці тенденції та ключові зміни сприяють інноваціям і розширенню можливостей у стратегіях і тактичних діях управління маркетинговою діяльністю. Одною з ключових задач Індустрії 4.0 є не лише впровадження новітніх технологій, а й формування нових підходів до робочих процесів, що забезпечує посилення ефективного зв'язку між людьми, машинами та виробничими об'єктами, а також дає змогу компаніям швидко адаптуватися до швидкоплинного ринкового середовища. Водночас, коли йдеться про впровадження інструментів Індустрії 4.0, є досить цікавий та недооцінений чинник на шляху бізнесу до технологічного та організаційного розвитку – корпоративна культура. Ця тема дотепер викликає багато суперечок, тому розглянути це питання буде важливим для розуміння зв'язку між цінностями, “емоціями” та технологіями.

Актуальність статті полягає у тому, що Індустрія 4.0 формує нові правила та процедури для функціонування та виживання, розвитку та успіху технологічного бізнесу, стаючи одним з головних напрямів еволюції сучасного підприємництва. Можна стверджувати, що ці процеси створюють

виклики для компаній щодо адаптації стратегічного і тактичного управління, маркетингових стратегій і функцій, організаційних процедур і корпоративної культури, як частини операційного контролю за бізнесом в умовах стрімких технологічних змін. Підходи і механізми, які орієнтовані на впровадження передових технологічних рішень та їх поєднання або навіть злиття із компонентами поточного управління бізнесом, є основним фактором для успішної діяльності підприємств в умовах конкурентної боротьби та питанням виживання в майбутньому. Поступова цифрова трансформація вітчизняного бізнесу (не залежно від розміру, виду діяльності чи організаційно-правового створення) є невідворотною. Бажаною є ситуація, коли дедалі більша кількість підприємств свідомо використовують системи діджиталізації для підвищення ефективності власної діяльності. Водночас, варто зважати на наявність суттєвих розривів на шляху до розвитку Індустрії 4.0 в українських компаніях, зумовлених необхідністю трансформації культури та менеджменту, що потребує обґрунтування та вибору найефективіших аргументів та інструментів впливу, як з боку співробітників, так і з боку – партнерів, клієнтів, ринку та будь-яких зовнішніх стейкхолдерів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Вивченню трансформації виробничих процесів та загальної ефективності підприємств в умовах Індустрії 4.0 приділяється значна увага.

У працях таких авторів, як Х. Кагерманн, В. Вальстер, Д. Хельбіг, Л. Сюй, Е. Сюй та Л. Лі [9; 23] розглянуто цифрову трансформацію як ключовий фактор конкурентоспроможності. Вони зазначають, що цифрова трансформація створює нові можливості для інтеграції різних бізнес-функцій, проте їхні праці здебільшого зосереджені на технічних аспектах Індустрії 4.0.

Інший підхід демонструють К. Носальська, Г. Мазурек, С. Гаррідо, Д. Муніз і В. Рібейро [5; 17], що акцентують увагу на необхідності змін в управлінні підприємствами для адаптації до нових умов, що створюються Індустрією 4.0.

Також С. Мухопадхай, Р. Сінгх і Т. Джайн [15] звертають увагу на важливість зміни корпоративної культури в умовах цифрової трансформації. Вони стверджують, що успішне впровадження технологій Індустрії 4.0 можливе лише за умови адаптації організаційних підходів до управління людськими ресурсами та зміни корпоративних цінностей.

Незважаючи на значну кількість публікацій та наукового інтересу до цієї тематики, відсутність систематичних досліджень саме в сфері впровадження та роботи операційного й маркетингового управління в контексті Індустрії 4.0 підкреслює необхідність проведення подальших наукових досліджень.

Формулювання гіпотез і постановка цілей

Гіпотеза цього дослідження полягає у тому, що інтеграція маркетингових функцій в операційний менеджмент в умовах впровадження технологій Індустрії 4.0 сприяє підвищенню ефективності бізнес-процесів. Водночас, методи та засоби, безпосередні інструменти та шляхи цієї інтеграції суттєво залежать від поточного досягнутого рівня корпоративної культури. Мета дослідження – виявлення ключових чинників цієї інтеграції та оцінка їх впливу на продуктивність і конкурентоспроможність підприємств.

Методи дослідження

У межах цього дослідження було проведено критичний огляд наукових джерел, що містить якісний та кількісний аналіз наукових та аналітичних робіт. Застосовано системний аналіз для вивчення ключових концептуальних положень до розуміння Індустрії 4.0, узагальнення та систематизацію задля з'ясування переваг та недоліків впровадження сучасних технологій, інтеграції маркетингових функцій у структуру операційного менеджменту в контексті промислової революції тощо. Окрім того, проведено аналіз моделей прогнозування наслідків впровадження Індустрії 4.0 у бізнес-процеси з метою оцінки потенційних короткострокових та довгострокових ефектів.

Виклад основного матеріалу

Термін “Індустрія 4.0” був представлений на Ганноверському ярмарку в 2011 році. Він був офіційно прийнятий у 2013 році як німецька стратегічна ініціатива, спрямована на те, щоб взяти на себе провідну роль в обробній промисловості [9; 23]. Зараз цю ініціативу називають цифровою трансформацією або “четвертою промисловою революцією” [12]. Здебільшого під Індустрією 4.0 розуміють діджиталізацію або цифрову трансформацію підприємств [7]. Вона ґрунтується на інтеграції інформаційно-комунікаційних технологій та промислових технологій [1]. Ці технології об’єднуються у єдину систему, яка формує цілісний феномен Індустрії 4.0.

Як зазначають фахівці С. Мухопадхай, Р. Сінгх і Т. Джайн, четверта промислова революція, відома як Індустрія 4.0, є рушійною силою технологічних змін для бізнес-компаній, слугує мостом між інтелектуальними продуктами та адаптивними процесами і має значний вплив як на бізнес-моделі, так і на виробничі процеси [15]. Тобто ці процеси підкреслюють важливість адаптивності компаній у сучасному технологічному світі, що ми продемонструємо у цій статті.

Важливо виокремити наявну думку, що концепція 4.0 стосується глибокої цифрової трансформації ланцюжків створення вартості, бізнес-моделей, продуктів і послуг. Зміни, які формують цю трансформацію, відбуваються у двох невід’ємних сферах бізнесу, а саме: виробництві та управлінні бізнесом, і передбачають розвиток “розумних” виробництв, які взаємодіють у режимі реального часу через Інтернет речей в екосистемі, що складається з машин, мережі виробничих процесів та людей [17]. Ми виходимо з того, що ідея Індустрії 4.0 це стратегія, яка вбачає необхідність впровадження та розвитку інтелектуальних систем через новітні технології, такі як Інтернет речей, Робототехніка, Хмарні обчислення, Великі дані тощо. Інакше кажучи, ця ідея підкреслює важливість впровадження інновацій і особливо адаптивності до цих нових рішень в сучасному бізнес-середовищі. З цього приводу є влучна теза фахівців у праці “Операційний менеджмент, сталий розвиток та Індустрія 5.0: Критичний аналіз та порядок денний на майбутнє” [5] про те, що концепція Індустрії 4.0 передбачає цифрову та автоматизовану трансформацію всієї організації та виробничого процесу. Міжнародні компанії, які надають пріоритет постійному вдосконаленню та високим стандартам продукції, розглядають розвиток Індустрії 4.0 як вирішальний фактор підвищення конкурентоспроможності на ринку [5].

Автори Г. Кордейро, Р. Ордоньес та Р. Ферро наголошують, що для реалізації структури Індустрії 4.0 необхідно буде структурувати бізнес-модель, узгоджену з роботою кіберфізичних систем, які будуть з’єднувати та обмінюватися даними в режимі реального часу між усіма ланками ланцюга [4]. На рис. 1 показано основні трансформаційні напрями, що визначаються впровадженням технологій Індустрії 4.0.

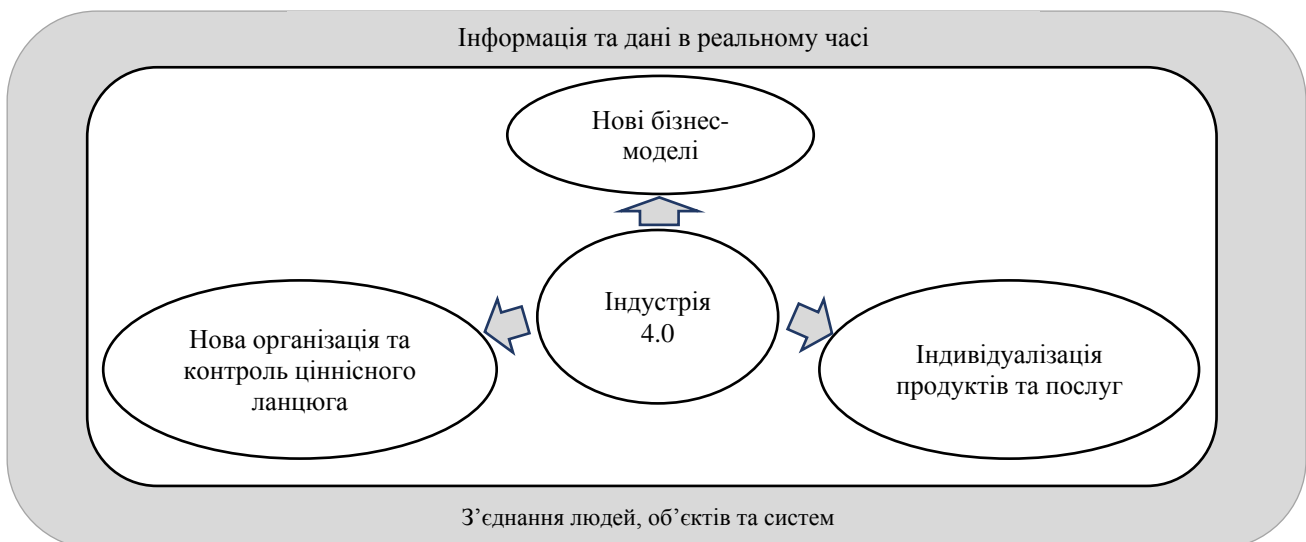


Рис. 1. Трансформаційні напрями впровадження технологій Індустрії 4.0

Джерело: побудовано згідно з [4].

У центрі показана “Індустрія 4.0”, технології якої визначають три напрями трансформацій: нові бізнес-моделі, індивідуалізація продуктів і послуг та нова організація та контроль ціннісного ланцюга. Над всіма елементами розташований елемент “інформація та дані в реальному часі”, що наголошує на важливості безперервного використання даних. В нижній частині рис. 1 розташовано “з’єднання людей, об’єктів та систем”, що відображає один з головних принципів Індустрії 4.0, а саме: інтеграцію між людськими ресурсами, фізичними об’єктами і цифровими системами через нові технології. Загалом рис. 1 ілюструє зв’язок між Індустрією 4.0 і різними аспектами бізнес-системи, які сприяють створенню вартості через технологічні інновації. На наш погляд, сформована концепція Індустрії 4.0 від Г. Кордейро, Р. Ордоньес та Р. Ферро [4] дає чітке розуміння – компаніям необхідно роботи вибір на користь тієї чи іншої бізнес-моделі, тобто чітко усвідомити, які вчинки, дії, процеси необхідно здійснювати задля формування операційного та стратегічного прибутку, розподіляти зони відповідальності та виокремлювати ті процеси, що будуть реалізовані не власними силами, а шляхом залучення третіх сторін, обирати свої найголовніші процеси та фокусуватись на їх покращенні, намагатись поєднувати різні процеси найбільш нестандартним та креативним шляхом, у такий спосіб забезпечуючи собі конкурентну перевагу. Сьогодні неефективно та недоцільно намагатись тримати всі бізнес-процеси під власним контролем, про що свідчить ключовий принцип цифрової трансформації – необхідність об’єднань людей, об’єктів та різних систем. Поява Індустрії 4.0 викликала широкі спекуляції щодо її потенційного впливу на діяльність компаній. Хмарні обчислення, Інтернет речей, інтернет-ослуг, бездротові сенсорні мережі, великі дані, робототехніка і штучний інтелект створили потужний технічний важіль для системної трансформації в промислових компаніях [20]. Цілком зрозуміло, що Індустрію 4.0 можна характеризувати як нову технологічну парадигму, де виробництво товарів і послуг засноване на використанні передових цифрових технологій. Ці технології стають фундаментом для зміни та трансформації операційних процесів.

У своєму дослідженні Т. Естеррайх та Ф. Тойтеберг детально розглянули ключові концепції та технології, які формують основу Індустрії 4.0. Автори представили 15 визначальних концепцій і технологій, структурованих у три основні категорії: Розумна фабрика, Симуляція та моделювання, Цифровізація та віртуалізація. Ця класифікація наводиться в табл. 1.

Таблиця 1

Основні технології та концепції в контексті Індустрії 4.0

Група	Технології та концепції
Розумна фабрика	Кіберфізичні системи
	Вбудовані системи
	Радіочастотна ідентифікація
	Інтернет речей
	Інтернет послуг
	Автоматизація
	Модуляризація
	Додаткове виробництво
Симуляція та моделювання	Управління життєвим циклом продуктів
	Робототехніка
	Взаємодія людини з комп’ютером
	Інструменти та моделі симуляції
	Доповнена реальність Віртуальна реальність Змішана реальність
Цифровізація та віртуалізація	Хмарні обчислення
	Великі дані
	Мобільні обчислення
	Соціальні мережі
	Цифровізація

Джерело: побудовано згідно з [18].

Дані табл. 1 показують, що кожна категорія охоплює спеціалізовані технології – від кіберфізичних систем і автоматизації до хмарних обчислень та соціальних медіа, які можуть доволі сильно впливати на трансформацію виробничих процесів та оптимізацію управлінських методик. Огляд цих технологій та концепцій демонструє комплексний характер технологічних інновацій, що втілюється у сучасне глобальне бізнес-середовище.

В основі впливу Індустрії 4.0 на операційні процеси на підприємствах лежать можливості кіберфізичних систем та технологій Інтернету речей. Ці системи забезпечують необхідний зв'язок та інтелект, які дають змогу технічним системам функціонувати як інтелектуальні об'єкти. Вони відіграють ключову роль у перетворенні традиційних операційних систем на високоадаптивні середовища, що реагують на дані і підтримують передові маркетингові функції. Ця трансформація має вирішальне значення для галузей, які прагнуть досягти високого рівня кастомізації та оперативності у своїх виробничих процесах, що відповідає ширшим цілям Індустрії 4.0 [4]. Іншим прикладом є теза фахівців Б. Плавго і А. Ертман – впровадження Інтернету речей та аналітики великих даних створює можливості для моніторингу і ухвалення рішень у режимі реального часу, що має вирішальне значення для оптимізації операційних процесів і вдосконалення маркетингових стратегій. Ці технології дають змогу більш детально зрозуміти поведінку та вподобання клієнтів, що забезпечує більш цілеспрямовані та ефективні маркетингові підходи. Зокрема, штучний інтелект відіграє ключову роль в аналізі величезних обсягів даних, надаючи інсайти, які допомагають вдосконалити маркетингові стратегії та покращити залучення клієнтів [19].

Хмарні технології та можливість здійснювати інтелектуальний аналіз великих обсягів даних також уможливають інтеграцію ланцюжків доданої вартості як вертикальних – всередині компаній, так і горизонтальних – із залученням інших учасників ринку [17]. Варто погодитися із тезою С. Рехман про те, що хмарні сховища є неймовірно ефективними, багатофункціональними, адаптивними, сучасними та надійними. Хмара також пропонує зручну платформу для зв'язку продуктів з бізнесом через міжнародні кордони, і вона добре обладнана для управління величезними обсягами даних, які генерує Інтернет речей [20].

Важливу роль у формування ціннісного базису відіграє штучний інтелект (ШІ). У праці “Штучний інтелект у ланцюжку поставок і управлінні операціями: дослідження багатьох прикладів”, де йдеться про те, що штучний інтелект довів свою величезну цінність для компаній і вважається ключовою технологією для Індустрії 4.0. Своєю популярністю він завдячує здатності робити процеси OSCM чутливими до різних викликів, характерних для сучасного світу, таких як непередбачувані збої, динамічні очікування клієнтів, інтенсивна глобальна конкуренція, дедалі сильніший і невідкладний тиск на діджиталізацію компаній та постійний розвиток технологічних інновацій. ШІ може застосовуватися в декількох процесах OSCM, таких як прийом замовлень, вибір постачальників, контроль якості, планування і контроль виробництва, інтелектуальні підключені продукти, послуги та обслуговування, транспортування, управління складом, процеси продажів і взаємодія з клієнтами [3].

На думку авторів Т. Сари, Х. Гюлеш і Б. Їгітол, у контексті Індустрії 4.0 значні технологічні інновації містять великі дані та аналітику, що належать до обробки масштабних, різноманітних даних, генерованих з багатьох джерел, таких як соціальні мережі та бізнес-процеси. Автономні роботи визначають організаційну структуру, яка сприяє інтеграції людей та машин у виробництві, здатні спілкуватися через інтернет. Завдяки симуляції можливе відтворення фізичних процесів у віртуальному середовищі. Горизонтальна та вертикальна системна інтеграція забезпечує більшу узгодженість між компаніями та відділами, перетворюючи інтеграцію даних в автономні ланцюжки створення вартості. Інтернет речей (IoT) описується як мережа об'єктів з електронними компонентами для взаємного зв'язку та обміну даними. Важливість кібербезпеки зростає у міру розширення цифрової інтеграції. Хмарні технології набувають значення для ефективного управління зростаючим обсягом даних. Адитивне виробництво та доповнена реальність (AR) відіграють ключові ролі в автоматизації дизайну та інтерактивності, забезпечуючи нові можливості для моделювання та взаємодії з виробничими процесами [21].

Розглядаючи наведений матеріал про компоненти Індустрії 4.0, вважаємо за необхідне констатувати, що застосування кіберфізичних систем та Інтернету речей відіграє ключову роль у трансформації традиційних операційних систем у високоадаптивні середовища. Це дає змогу компаніям ефективніше реагувати на змінні умови ринку, автоматизувати деякі маркетингові функції, а також забезпечувати вищий рівень автоматизації, обробки та оперативності виробничих процесів.

Для розуміння можливостей Індустрії 4.0 важливо врахувати категоризацію та розподіл інновацій. Згідно з думкою І. Хана [11], визнання інноваційних результатів є значущим для розуміння справжнього прояву Індустрії 4.0 та її відповідних переваг. У своєму дослідженні І. Хан зібрав результати обраних первинних досліджень, що виявили різні типи інновацій, як це показано на рис. 2.

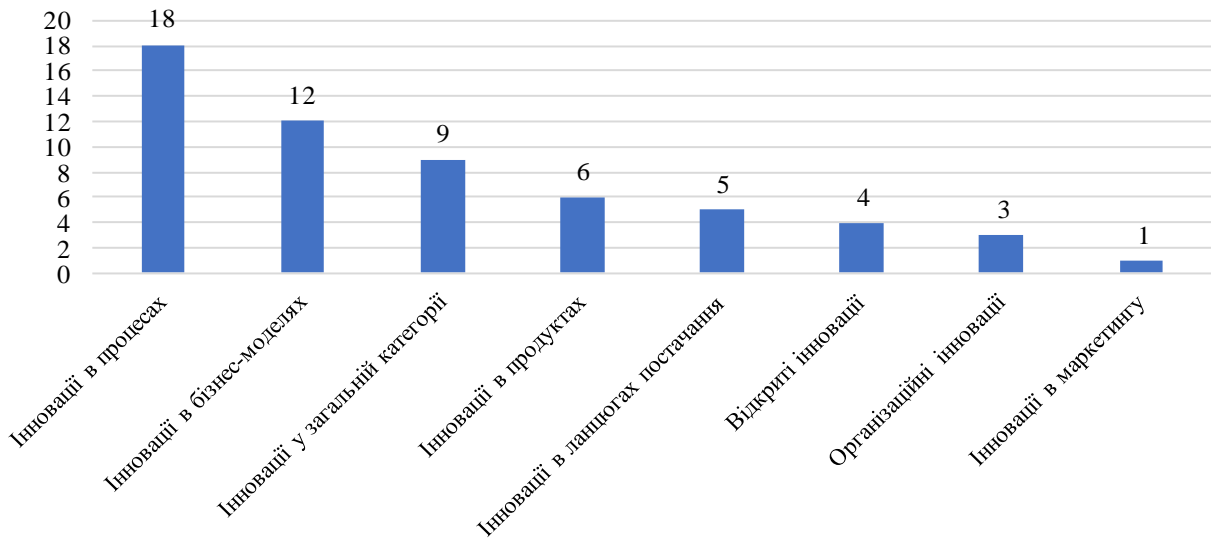


Рис. 2. Різні типи інновацій Індустрії 4.0

Джерело: побудовано згідно з [11].

Як зазначає автор, велика кількість первинних досліджень розглядає Індустрію 4.0 з перспективи інновації в процесах ($n = 18$), зосереджуючись головним чином на змінах у процесах, які сприяють зниженню витрат, підвищенню ефективності, прискоренню обробки часу для покращення виробничих систем та організаційних процесів. Результати також показують, що література досі добре відображала наслідки Індустрії 4.0 для інновацій у бізнес-моделях ($n = 12$), які загалом містили зміни в ланцюгу створення вартості, конфігурацію нових моделей доходів та зміни в розширених мережах підприємств. Інновації у загальній категорії ($n = 9$) переважно відображають прийняття та впровадження Індустрії 4.0 у багатогранних секторах, таких як енергетика, харчування та аграрний комплекс або економічний розвиток, що підсумовує – оцінка кожної технології та їх відповідних інновацій на перехресті окремих секторів та економік призведе до керівних практик щодо чистішого виробництва. Зв'язок між інноваціями у продуктах та процесах добре відомий, проте автор категоризує обидва типи по-різному, зараховуючи ефективність до зниження витрат для перших, тоді як розробка нових продуктів із додатковими ресурсами для змін у виробничих процесах для останніх. Важливими також є результати інновацій на основі Індустрії 4.0, а саме: інновації у ланцюгах постачань та технологічні інновації, кожна з яких містить по 5 статей у вибірці. З погляду інновацій у ланцюгах постачань, статті широко розглядали інновації, спричинені Індустрією 4.0 у мережах ланцюгів постачань, технологіях та процесах у межах галузі або компанії, тоді як статті про технологічні інновації на основі Індустрії 4.0 містили ідентифікацію нових технологічних можливостей для організації сталого використання людських та фінансових

ресурсів. Також було помічено ще два більш помітних типи інновацій, а саме: організаційні інновації ($n = 3$), в яких статті переважно розглядали зміни в управлінні, організаційній структурі та робочому середовищі, та маркетингові інновації ($n = 1$), в яких статті переважно зосереджувались на з'єднанні клієнтів з новими рекламними пропозиціями, усвідомленні бренду та його впізнанні [11]. Тож таке представлення допомагає зрозуміти, як розглянуті раніше технологічні прориви інтегруються в реальні бізнес-моделі та сприяють глибшій автоматизації та оптимізації виробничих та управлінських процесів.

Як відомо, впровадження інновацій це завжди зміни, і як слушно зазначають фахівці А. Гренчикова, М. Кордо і В. Навіцкас, зміни, пов'язані з впровадженням концепції Індустрії 4.0, повинні мати позитивний вплив на збільшення конкурентоспроможності компаній, підвищення гнучкості виробництва, тобто загалом поліпшення позицій компаній на ринку завдяки вищій ефективності процесів у компаніях. Очікувані позитивні зміни мають трансформуватися в більшу продуктивність, більшу гнучкість, вищу конкурентоспроможність та прибутковість, безпеку та екологічність. За вказаних причин було оцінено мотиви, які спонукають словацькі компанії до впровадження концепції Індустрії 4.0 за допомогою анкетного питання: Яка основна причина впровадження елементів інтелектуальної індустрії у вашій компанії? [6]. Результати дослідження продемонстровані на рис. 3.



Рис. 3. Причини впровадження елементів Індустрії 4.0 в компанії

Джерело: побудовано згідно з [6].

Як бачимо, рис. 3 візуалізує головні причини впровадження елементів Індустрії 4.0 в компаніях, зокрема значне зростання продуктивності та покращення якості продукції. Автори вбачають, що збільшення продуктивності праці, покращення якості продуктів або послуг, нестача робочої сили та заміщення людської праці технологіями є найпоширенішими причинами для впровадження концепції Індустрії 4.0. Спочатку експерти вважали, що головним буде заміщення людської праці технологіями, але надалі більш важливим виявилось зростання продуктивності праці. Варто зазначити, що роботодавці здебільшого не знають, що нові технології принесуть у майбутньому. Наразі під час кризи COVID-19 можна спостерігати значний прогрес, особливо у продажах продуктів онлайн. Ця тенденція триватиме, і очікувано отримає значну увагу на наступному етапі [6]. Аналізуючи причини впровадження елементів Індустрії 4.0 у словацьких компаніях хочемо наголосити на тому, як сформульовані причини з погляду ціннісних настанов. Зростання продуктивності, покращення якості, підвищення ефективності – це цінності компаній більш високого рівня розвитку (наприклад, на противагу зростанню кількості продукту, кількості клієнтів, обсягу продажів). Компанії, що функціонують та розвиваються на основі критеріїв ефективності, тривалого успіху або відкладеного ефекту, суттєво відрізняються від тих, які здійснюють свою діяльність на основі короткотривалих показників “захоплення” влади, ринку,

клієнтів. Наведені на рис. 3 головні причини впровадження елементів Індустрії 4.0 дають змогу опосередковано підтвердити нашу гіпотезу, що рівень корпоративної культури суттєво буде впливати на впровадження та використання чи то комплексного підходу до цифровізації, чи окремих інструментів.

Отже, ми маємо усвідомити, що Індустрія 4.0 означає не лише технології, а й нові підходи до праці та інші очікування від людей, які працюють у промисловості. Невідомо, чи призведе цифрова трансформація до скорочення зайнятості, але вона, без сумніву, збільшить ефективність людей, машин і процесів. Автоматизація та робототехніка на виробництві навряд чи усунуть людський фактор, але змінять його місце у виробничому процесі. Індустрія 4.0 стане реальністю лише з підтримкою нових технологій та людської креативності [19].

Надзвичайно важливим для формування та розвитку Індустрії 4.0 на підприємствах є питання операційного управління, ефективності, підходів а також визначення процесів та процедур. На думку вчених К. Носальська та Г. Мазурек, фундаментальним елементом розвитку цифрової трансформації є наявність цифрової екосистеми, де відбуваються спонтанні взаємодії між об'єктами, людьми та бізнес-одинацями, що забезпечуються процесами обміну даними [17]. У контексті Індустрії 4.0 операційне управління суттєво трансформується завдяки інтеграції передових технологій. Як ми вже виявили, ці технології роблять можливим миттєвий збір та аналіз даних, що є надважливим в контексті прийняття рішень на підприємстві. Вельми важливим є готовність менеджменту підприємств використовувати ці дані та ухвалювати рішення на їх основі.

Щоб досягти високої операційної ефективності, важливо не тільки впроваджувати передові технології, а й оптимізувати використання наявних ресурсів. І насамперед необхідно прагнути саме операційної ефективності (не ефекту, не копіювати інших, бо так правильно, а вимірювати та покращувати результативність, продуктивність тощо). Автори С. Мохамад, А. Пантамі, О. Кеонг, В. Хіеу, П. Мутіра, К. Чонг дійшли висновку, що виробництво товарів і послуг, їхня якість, збут і прибутковість залежать від ефективності бізнес-операцій. Якщо бізнес-операції здійснюються ефективно, гроші, ресурси та час витрачаються менш марнотратно. Аналогічно оптимальне використання будівель, інвентарю та обладнання підвищує їхню виробничу потужність, знижує собівартість одиниці продукції, розширює виробництво та збут. Використання інноваційних цифрових, штучних інтелектуальних та автоматичних технологій приваблює ефективну робочу силу, утримує та розвиває її завдяки підвищенню кваліфікації та перекваліфікації [14].

Додаткову увагу варто звернути на тезу щодо управління процесами в Індустрії 4.0, а саме: автоматизація та самостійне керування виробничими системами. Автори О. Унгерман, Я. Дєдкова і К. Гурінова переконані, що машини в Індустрії 4.0 керуються самі собою, використовуючи датчики, зчитувальні пристрої та камери. Роботи автоматично звітують перед персоналом, який обслуговує, для перевірки. Виробничий процес прискорюється і вдосконалюється, а продуктивність виробництва зростає загалом [22]. На нашу думку, така нова система керування значно зменшує ймовірність людських помилок, що є критично важливим для підтримання високих стандартів якості продукції. Крім того, виростання інноваційних технологій з робототехніки, Інтернет речей та Великих даних, за допомогою яких можна реалізувати цей задум, дає змогу швидше реагувати на зміни в попиті, адаптуючи виробничі лінії до нових умов, політик, регламентів майже миттєво. Водночас автоматизація потребує змін у менеджерських компетенція, наприклад, контроль та зростання рівня довіри.

Як вважає І. Хан, роль операційного менеджменту в Індустрії 4.0 полягає в забезпеченні відповідності впровадження технологій стратегічним бізнес-цілям. Це передбачає управління переходом від традиційних методів виробництва до більш гнучких, технологічних процесів, які потребують нового набору навичок і підходів в управлінні трудовим потенціалом. Операційний менеджмент має впоратися зі складністю взаємопов'язаних систем, які приносить із собою Індустрія 4.0. Це передбачає не лише технічні можливості, а й стратегічне передбачення для

використання цих технологій для сталого зростання. Акцент робиться на створенні безперервного потоку інформації між різними відділами і процесами, що підвищує загальну ефективність виробництва і гнучкість реагування на потреби ринку [11]. Тобто важливо не тільки іти за покликом інноваційності та технологічності, насамперед критично важливо забезпечити відповідність бізнес-цілям всіх процесів, які мають вдосконалюватися. Знов-таки наголосимо на доцільності врахування рівня розвитку культури та менеджменту підприємств, бо бізнес-цілі в різних культурах формуються по-різному і з доволі різним горизонтом планування.

На нашу думку, особливої уваги потребує розгляд питання впливу Індустрії 4.0 на управління операційною ефективністю підприємств. Від ефективності бізнес-операцій залежить виробництво товарів і послуг, їхня якість, маркетинг і прибутковість. Крім того, ставка на операційну ефективність здебільшого асоціюється з революцією Індустрії 4.0 та підтримкою лідерства [5]. Досвід показує, що інколи підприємства відкладають на потім завдання підвищення операційної ефективності, а на перше місце ставлять завдання створення і виведення на ринок унікального продукту чи формування унікальних стосунків із клієнтами (йдеться про вибір ключових фокусів бізнес-моделі). Деякі вітчизняні бізнес-суб'єкти взагалі не роблять вибір і не визначають ключового елемента, що потребує першочергового удосконалення, не формують причинно-наслідкового ланцюга від удосконалення аспектів цифровізації та досягнення кращих результатів діяльності підприємства. І ми маємо це врахувати у процесах впровадження Індустрії 4.0 на теренах українського бізнесу.

Автор праці “Вплив революції Індустрії 4.0 та підтримки лідерства на управління операційною ефективністю обробної промисловості в країнах АСЕАН” [14] зробили досить цікаве та показове дослідження, яке демонструє, як ключові аспекти Індустрії 4.0 та управлінські практики можуть підвищити ефективність бізнес-процесів у текстильній промисловості країн АСЕАН (асоціації держав Південно-Східної Азії). Дослідники застосували модель для аналізу короткострокових і довгострокових взаємозв'язків між змінними за допомогою методу панельного авторегресивного розподіленого лагу (ARDL). Рівняння дослідження, яке враховує як короткострокові, так і довгострокові ефекти змінних на операційну ефективність управління, наведено нижче.

$$\begin{aligned} \Delta OEM_{it} = a_0 + & \delta_1 \Delta OEM_{it-1} + \delta_2 \Delta IR_{it-1} + \delta_3 \Delta LS_{it-1} + \delta_4 \Delta LQ_{it-1} + \delta_5 \Delta CS_{it-1} + \\ & + \varphi_1 OEM_{it-1} + \varphi_2 IR_{it-1} + \varphi_3 LS_{it-1} + \varphi_4 LQ_{it-1} + \varphi_5 CS_{it-1} + \varepsilon_{it}, \end{aligned} \quad (1)$$

де ΔOEM_{it} – зміна операційної ефективності управління (OEM) для країни i у час t ; a_0 – константа (постійний член); $\delta_1 \Delta OEM_{it-1}$ – сума лагових змін OEM; $\delta_2 \Delta IR_{it-1}$ – сума лагових змін Індустрії 4.0 IR; $\delta_3 \Delta LS_{it-1}$ – сума лагових змін підтримки лідерства LS; $\delta_4 \Delta LQ_{it-1}$ – сума лагових змін ліквідності LQ; $\delta_5 \Delta CS_{it-1}$ – сума лагових змін структури капіталу CS; $\varphi_1 OEM_{it-1}$ – значення операційної ефективності управління на попередній період; $\varphi_2 IR_{it-1}$ – значення Індустрії 4.0 на попередній період; $\varphi_3 LS_{it-1}$ – значення підтримки лідерства на попередній період; $\varphi_4 LQ_{it-1}$ – значення ліквідності на попередній період; $\varphi_5 CS_{it-1}$ – значення структури капіталу на попередній період; ε_{it} – похибка (стохастичний термін).

Джерело: систематизовано згідно з [14].

Це рівняння описує як короткострокові (похідні по лагових значеннях змінних Δ), так і довгострокові (φ) взаємозв'язки між операційною ефективністю управління та іншими факторами: Індустрією 4.0, підтримкою лідерства, ліквідністю та структурою капіталу. Воно дає змогу продемонструвати, як зміни в кожній незалежній змінній впливають на OEM з плином часу, зокрема лагові значення [14]. Автори вищенаведеної наукової праці використали це рівняння для оцінки короткострокових та довгострокових ефектів змінних Індустрії 4.0 на операційну ефективність управління (OEM) за допомогою панельного ARDL методу.

Короткострокові ефекти змінних Індустрії 4.0, підтримки лідерства, ліквідності та структури капіталу на операційну ефективність управління (ОЕМ)

Змінна	Коефіцієнт	Стандартна похибка	t-статистика	Імовірність
D(IR)	3.763	1.382	2.723	0.033
D(LS)	4.292	1.437	2.987	0.025
D(LQ)	2.878	1.320	2.180	0.046
D(CS)	3.495	1.092	3.201	0.012
CointEq(-1)*	-1.739	0.431	-4.035	0.000
R-квадрат	0.567	Середній показник залежної змінної		-0.063
Скоригований R-квадрат	0.545	Стандартне відхилення залежної змінної		2.101

Джерело: побудовано згідно з [14].

З вищенаведеної табл. 2 бачимо, що коефіцієнт показує величину впливу, стандартна похибка означає точність оцінки, t-статистика та імовірність – категорії, які демонструють статистичну значущість. Щодо отриманих результатів, то вони вказують на позитивний вплив змінних на операційну ефективність управління. Варто зазначити, що через швидку реакцію системи на зміни категорія D(IR), що має коефіцієнт 3.763, може відображати дуже швидке підвищення ефективності завдяки технологічним інноваціям. Тож ми можемо інтерпретувати отримані дані короткострокових ефектів як те, що може дати можливість управлінцям бачити вплив своїх рішень в досить короткий термін.

Довгострокові ефекти змінних Індустрії 4.0, підтримки лідерства, ліквідності та структури капіталу на операційну ефективність управління (ОЕМ)

Змінна	Коефіцієнт	Стандартна похибка	t-статистика	Імовірність
IR	4.192	1.763	2.378	0.023
LS	2.985	1.321	2.260	0.027
LQ	3.805	1.096	3.472	0.003
CS	2.209	1.011	2.185	0.035
C	1.903	0.439	4.335	0.000

Джерело: побудовано згідно з [14].

Табл. 3 також демонструє що Індустрія 4.0 (IR), підтримка лідерства (LS), ліквідність (LQ) та структура капіталу (CS) позитивно впливають на операційну ефективність управління як у короткостроковій, так і у довгостроковій перспективі. Результати показують досить тривалий і стабільний ефект цих факторів, наприклад коефіцієнт IR, що становить 4.192, вказує на стійкий вплив. Загалом можна стверджувати, що змінні, навіть у довготривалій перспективі, показують стійкий розвиток, продовжуючи впливати на операційну ефективність управління.

Використання емпіричних даних цієї наукової праці дає змогу наочно побачити, що вплив Індустрії 4.0 на операційну ефективність є значним, тобто керівництву варто приймати рішення про інвестування, запровадження інноваційних технологій. Також таблиці з короткостроковими і довгостроковими зв'язками стають дуже корисними під час вивчення питань розуміння стійкості та адаптивності організацій, стратегічного планування та обґрунтування довгострокових інвестицій.

Отже, дослідження “Вплив революції Індустрії 4.0 та підтримки лідерства на управління операційною ефективністю обробної промисловості в країнах АСЕАН” показує підхід до аналізу

впливу управлінських факторів на ефективність у контексті індустрії 4.0, у такий спосіб даючи підґрунтя для практичного застосування в умовах реального бізнес-середовища.

Значущою є теза дослідників, які аналізували продукти, що швидко продаються та мають відносно низьку вартість (FMCG) в Індії, про те, що завдяки технологічному прогресу, галузі тепер використовують інноваційні технології, які посилюють низку корпоративних видів діяльності та процедур, глибоко впливаючи на внутрішні операції цих фірм. Великі дані дають змогу оцінити настрої споживачів, де компанії можуть отримати значну комерційну інформацію для розвитку свого бізнесу. Наприклад, в межах дослідження було виявлено, що індійські компанії FMCG використовують аналіз великих даних для ретроспективного та реального аналізу настроїв споживачів через соціальні медіа, що дає змогу швидко реагувати на зміни у споживчих настроях і вподобаннях. Зібрані дані з мобільних та інших цифрових джерел допомагають у прогнозуванні майбутніх ринкових тенденцій та підвищенні ефективності маркетингових кампаній. Отже, великі дані не тільки підтримують персоналізоване таргетування, а й сприяють створенню ефективних маркетингових стратегій, що підвищують конкурентоспроможність компаній у динамічному ринковому середовищі [15].

Надзвичайно важливим для нас є питання функціонування та управління маркетингом в Індустрії 4.0. У дослідженні К. Носальська та Г. Мазурек [17] підкреслено важливість нових принципів маркетингу в епоху Четвертої промислової революції. Вони представили світу п'ять принципів маркетингу для Індустрії 4.0. Як висловлюються автори, ці п'ять принципів можна поєднати в контексті використання підходу до маркетингового міксу, що пропонує інноваційну концепцію. У новій пропозиції маркетингового міксу створення продукту базується на спільному створенні, а його просування передбачає взаємну комунікацію з учасниками ринку, тоді як розподіл заснований на співпраці в повній бізнес-екосистемі, своєю чергою ціна визначається динамічно на основі даних, зібраних з когнітивних процесів, що аналізують поведінку клієнтів у реальному часі. Усі чотири елементи зливаються, використовуючи основний принцип зв'язку. Ці компоненти визначають новий підхід до формування маркетингових стратегій та управління маркетинговим міксом. Ці принципи передбачають: зв'язок, співпрацю, когнітивність, спільне створення та розмову [17].

Ці ж автори підкреслюють, що недостатньо просто впровадити одну технологію в компанії, не враховуючи всі процеси в ланцюжку створення вартості та стейкхолдерів, які його створюють. Лише стратегічні організаційні зміни, ефективне управління процесами, переосмислення парадигм виробництва, зміна бізнес-моделей, відкритість до співпраці та готовність брати участь у цифровій екосистемі надають унікальні можливості для організацій, що прагнуть досягти довгострокових переваг. Без застосування нової стратегії неможливо повною мірою скористатися введеними організаційними змінами. З цієї причини ефективна стратегія створює синергетичний ефект, що утворюється між використанням нових технологій та інноваційних бізнес-рішень [17]. У табл. 4 наведено приклади впливу різних технологій на маркетинг.

Варто зазначити, що компоненти табл. 4 також є інструментами в межах теорії п'яти принципів маркетингу Індустрії 4.0, що були наведені раніше. Загалом табл. 4 показує, як впровадження сучасних цифрових технологій значно покращує можливості компаній у створенні цінності для клієнтів.

Наступна схема, яку розробили науковці С. Мухопадхай, Р. Сінгх і Т. Джайн [15], ілюструє, як технології Великих Даних можуть бути впроваджені для підтримки маркетингових стратегій. На рис. 4 показано, як великі дані дають змогу компаніям покращити свою маркетингову діяльність, використовуючи різні можливості, такі як персоналізоване таргетування, отримання реальних інсайтів від споживачів, ефективні маркетингові кампанії та стратегічне використання даних.

Рис. 4 демонструє, як більш глибоко розуміти потреби та поведінку своїх споживачів, що сприяє підвищенню їхньої лояльності та задоволеності. Це сприяє покращенню фінансових показників компаній і підвищенню їхньої конкурентоспроможності.

Приклади технологій, що підтримують маркетингові принципи в Індустрії 4.0

Маркетингові принципи	Підтримуюча технологія	Зміни, які принесли підтримуючі технології
Зв'язок Співпраця Комунікація Спільне створення	Інтернет речей та 5G	Отримання даних про використання продуктів безпосередньо від споживача в режимі реального часу. Такі технології з'єднують безліч пристроїв та продуктів у мережу незалежних об'єктів
Зв'язок Співпраця Комунікація Спільне створення	Хмарні обчислення	Формування мережі для обміну прозорими даними, доступними кожному учаснику мережі. Сприяють створенню цифрової екосистеми та нових бізнес-моделей
Когнітивність	Великі дані	Виявлення закономірностей та ринкових тенденцій, що забезпечує когнітивні висновки щодо використання продуктів та поведінки споживачів, раніше недоступні для маркетингового планування
Когнітивність	Штучний інтелект	Ідентифікування поведінки споживачів та передбачення їхніх вподобань та потреб, щоб пропонувати персоналізовану додаткову цінність
Спільне створення	3D-друк	Швидке прототипування та тестування продуктів вже на стадії досліджень і розробок, розширюючи спектр персоналізації продуктів
Спільне створення Співпраця	Віртуальна / Доповнена реальність	Візуалізування пропозиції компанії через використання індивідуального відчуття простору кожного споживача. Це сприяє проєктуванню продуктів у тривимірному віртуальному просторі
Спільне створення Співпраця	Симуляція	Створення цифрового двійника, що надає можливість протестувати функціональність продукту перед його купівлею

Джерело: систематизовано згідно з [17].



Рис. 4. Можливості маркетингу 4.0 з підтримкою великих даних

Джерело: побудовано згідно з [15].

Варто звернути увагу на проблематику впливу маркетингових інновацій на конкурентоспроможність підприємств. Дослідники О. Унгерман, Я. Дедкова і К. Гурінова зробили опитування, де залучили 50 респондентів, які мали оцінити рівень важливості запропонованих впливів маркетингових інновацій за шкалою від 1 до 6, де 1 дорівнює незначущість, 6 дорівнює максимальна важливість. З відповідей було обчислено середнє арифметичне, стандартне відхилення та коефіцієнт варіації. Впливи були ранжовані за середнім значенням від найважливішого до найменш важливого [22]. Результати подані в табл. 5.

Таблиця 5

Оцінка впливу впровадження маркетингових інновацій

Впливи	Середнє	Медіана	Стандартне відхилення	Коефіцієнт варіації
Підвищення конкурентоспроможності	5.1	6	1.15	0.23
Підвищення продуктивності праці	5.07	5	0.88	0.17
Зміна корпоративної культури	5	5	1.05	0.21
Формування PR, зростання вартості бізнесу	4.91	5	1.21	0.25
Вищі вимоги до працівників	4.9	5	0.97	0.2
Покращення комунікації з клієнтами	4.76	5	1.38	0.29
Вихід на нові ринки	4.67	5	1.45	0.31
Зміна у кількості витрат	4.4	5	1.31	0.3
Покращення якості продукції	4.4	4	0.92	0.21
Зміни у стратегічному плануванні	4.2	4	1.4	0.33
Зміна каналів дистрибуції	4	3	1.53	0.38

Джерело: побудовано згідно з [22].

Табл. 5 показує, що найбільший вплив має підвищення конкурентоспроможності, що підтверджується найвищими середніми та медіанними значеннями. Інші значні впливи включають підвищення продуктивності праці, зміну корпоративної культури та формування PR, зростання вартості бізнесу. Середнє арифметичне оцінки важливості окремих впливів варіюється від 4.0 до 5.1, що є дуже високим у всіх випадках. Медіана оцінок коливається від 3 до 6, причому найпоширенішим значенням медіани є 5, що є другим за величиною. Лише в трьох випадках, медіана становить 3 або 4, що можна охарактеризувати як середньо-високу важливість. Це ті впливи, які водночас показують низькі значення, а також середнє арифметичне оцінки, що підвищує пояснювальну силу обох характеристик [22]. Отже, стає очевидним, що підприємства, які активно впроваджують маркетингові інновації, отримують значні переваги, що дають змогу їм залишатися конкурентоспроможними та адаптивними до швидкозмінних умов ринку.

Однією з ключових проблем, яку ми ставили на меті дослідити – формування нових підходів до робочих процесів, посилення зв'язку між людьми, машинами та виробничими об'єктами. Ми вже показали, що Індустрія 4.0 дає колосальні переваги для підприємств, які спромоглися впровадити і адаптувати новітні технології в щоденні операційні процеси. Але завжди є зворотна сторона, коли компаніям не вдається реалізувати технології Індустрії 4.0 в бізнесі. Це питання вивчали науковці А. Каргас, А. Цорцакі, Е. Гкіка, І. Захаракі [10], які провели опитування серед 147 малих та середніх підприємств у Греції, дослідивши основні бар'єри для цифрової трансформації. Результат опитування показано в табл. 6.

Дані таблиці свідчать про те, що більшість респондентів на основі середнього значення вважають фактор "Відсутність волі до змін", що дорівнює 4.40 важливою перешкодою для цифрової

трансформації. Це найвищий показник серед інших причин. Але ще також є вагомими бар'єри "Брак знань" зі значенням 4.18 та "Недостатнє управління" зі значенням 4.10, які також стоять на шляху цифрової трансформації. Можемо помітити, що саме ці причини є складовими корпоративної культури. Брак волі до змін є найбільшим бар'єром, оскільки управлінці та їх підлеглі можуть не розуміти та боятися невизначеностей, що дотичні до Індустрії 4.0, які також відмінні від звичних методів роботи. Брак знань може свідчити про недостатність компетенцій і розуміння нових цифрових технологій, що викликає недовіру, невпевненість, а також сильно обмежує здатність до стратегічного планування бізнесу. Недостатнє управління говорить саме за себе. Це може проглядатись в недостатній залученості у процесі змін.

Таблиця 6

Основні бар'єри для цифрової трансформації

Які основні бар'єри на шляху цифрової трансформації?	Середнє	Стандартне відхилення	Рішуче не згодні	Не згодні	Нейтрально	Згодні	Рішуче згодні
Низькі інвестиції	4.06	1.04	4.1%	1.1 %	14.3 %	36.7 %	40.8 %
Брак знань	4.18	0.96	–	9.2 %	14.3 %	28.6 %	49.0 %
Відсутність інфраструктури	4.02	1.12	4.1%	8.2 %	12.2 %	32.7 %	42.9 %
Регуляції	3.45	0.97	4.1%	8.2 %	40.8 %	32.7 %	14.3 %
Недостатнє управління	4.10	0.86	–	8.2 %	8.2 %	49.0 %	34.7 %
Відсутність волі до змін	4.40	0.88	2.0%	2.0 %	8.2 %	28.6 %	59.2 %

Джерело: побудовано згідно з [10].

Аналіз наукових досліджень щодо взаємозалежностей між цінностями та технологіями дає змогу зробити низку висновків про те, як корпоративна культура впливає на Індустрію 4.0.

Концепцію цифрової трансформації описано і представлено з 2013 року. Інтернет речей, великі дані, хмарні технології, штучний інтелект тощо вже більше 10 років існують як інструменти для бізнесу. Зазвичай більшість топменеджерів, власників чули про Індустрію 4.0, знають та розуміють можливий вплив, який може змінити організацію та процеси на краще. Але чому не у всіх працює? Чому не впроваджується? Як було вже зазначено вище, основними бар'єрами для впровадження є люди, персонал, менеджери та власники, їхні відчуття та небажання вивчати нове та щось змінювати.

Як зазначають дослідники Я. Мічулек і А. Кризанова, культура організації визначається, зокрема, такими характеристиками, як звичаї, норми, правила, символи, ідеології, переконання, ритуали та міфи. Аналіз ідентичностей членів як важливого історичного та соціального явища, що відображає історію фірми, також враховує колективне ментальне програмування членів фірми, демонструючи, як організаційна культура формує ідентичність членів фірми. Організаційна культура слугує моделлю для повсякденної поведінки, яка впливатиме на прийняття рішень і дасть управлінцям та співробітникам керувати процесом досягнення цілей організації [13].

Ми вважаємо, що впровадження Індустрії 4.0 має кореляцію з рівнем розвитку компаній, наприклад, з концепцією Грейвса [16]. Водночас наші дослідження різних типологій культур численних авторів показали, що вони не суперечать, а суттєво посилюють одна одну. Найголовніше в питаннях різноманіття різних типів культур те, що кожна культура описує певний рівень розвитку менеджменту – їх ціннісні настанови, найголовніші причини вчинків, рішень та засобів, що використовуються. Будь-яка модель культур пропонує низку рівнів, які описують, як люди думають і поведуться. Вона описує, як люди змінюються, організовуються, ухвалюють рішення, створюють стратегії та комунікують. Спираючись на модель культур за Грейвсом, ми хочемо наголосити, що

кожен вищий за спіраллю розвитку рівень культури містить ціннісні настанови попередніх рівнів, не відкидає їх, а “переживає” та трансформує ~~невним чинном~~, що говорить про більшу складність цінностей, якими керуються люди у своїх діях та рішеннях.

Якщо казати більш предметно, то наша теза полягає у тому, що на ранніх етапах рівня культури компанії комплексне впровадження Індустрії 4.0 має мало шансів для успіху. Йдеться про культуру влади або червоний рівень, що описується як орієнтація на силу, примус і жорсткий контроль, та культуру правил або синій рівень, характеристикою якого є авторитет, дотримання правил і порядку. Тобто йдеться не про повне заперечення цифрової трансформації, а про точкове впровадження окремих інструментів, через те що в таких підприємствах може не вистачити необхідних компетенцій. Інновації, активне використання технологій, продуктивність йде з помаранчевого рівня. Цей рівень – це основа для комплексного впровадження інструментів Індустрії 4.0, що може містити автоматизацію, аналіз даних, інтеграцію систем на високому рівні. Помаранчевий це про “балансувати між особистими цілями та соціальною відповідальністю”, як описував Грейвс [16].

Цю думку частково підтверджують науковці, які досліджували малі та середні підприємства у виробничій галузі за допомогою ґрунтовного огляду літератури щодо критичних факторів успіху для трансформації Індустрії 4.0, а також на “Delphi-Régnier” опитуванні з групою експертів Індустрії 4.0. Вони зазначають, що впровадження Індустрії 4.0 впливає на структури організації через її інтеграцію на кожному рівні організації. Ці зміни можуть стати радикальними і потребують належного управління, щоб забезпечити участь співробітників та зменшити опір змінам [2]. Такі зміни можна трактувати як перевід від синього рівня організації, з чіткими ієрархіями і традиційними підходами до помаранчевого з амбіціями, етичними компромісами, прагненням до успіху, тобто компаніям вкрай необхідно адаптувати свою корпоративну культуру для гнучкої підтримки інноваційності та технологічності.

Також багато досліджень показали, що для досягнення бажаної цифрової трансформації необхідно виконати декілька менших проєктів. Це здійснюється шляхом впровадження нових технологій, використання наявних технологій по-іншому, впровадження нових процесів або зміни структури і бізнес-моделі компанії, а не через традиційну масштабну трансформацію [2]. Це також є ключовими елементами помаранчевого рівня за Грейвсом [16], з жагою до експериментів і поступовою адаптацією.

Концепція Індустрії 4.0, на перший погляд, стосується тільки технологій, інструментів та їх керування. Однак результати здійсненого дослідження показали, що впровадження комплексу інструментів цифрової трансформації є неможливим через спротив персоналу підприємств. Цей спротив можна накласти на концепцію Грейвса з кольоровим позначенням різного рівня розвитку підприємств, і цей зв'язок підтверджується оглянутими дослідженнями. Серед перспективних напрямів аналізу можна зазначити деталізацію такого підходу для різних за розмірами компаній, культурних цінностей, а також вікових груп персоналу. Отже, успішний розвиток Індустрії 4.0 потребує інтегрального підходу до врахування специфічних особливостей кожного підприємства та глибокого розуміння людей, їх цінностей та емоційних особливостей. Це дасть змогу подолати найвагоміші бар'єри на шляху до цифрової трансформації.

Висновки

На основі проведеного дослідження встановлено, що серед чинників, що обмежують впровадження Індустрії 4.0, дослідники найчастіше зазначаються не тільки технологічні, а й поведінково-координаційні, які не лише лімітують ефективність бізнес-процесів, а й формують довгострокові рамки забезпечення стійкої конкурентоспроможності. Застосування передових технологій, таких як Інтернет речей, штучний інтелект, великі дані тощо, сприяє не лише оптимізації виробничих процесів, а й дає змогу глибше розуміти потреби споживачів і миттєво реагувати на зміни ринку. Корпоративна культура відіграє вирішальну роль у цьому процесі, оскільки вона може не тільки сприяти впровадженню інновацій, але й стати бар'єром на шляху до їх реалізації.

Перспективи подальших досліджень

Подальші дослідження потрібно зосередити на вивченні соціокультурних бар'єрів, що заважають впровадженню Індустрії 4.0, з особливим акцентом на вплив цифрових трансформацій на корпоративну культуру. Аналіз різних рівнів розвитку підприємств, культурних цінностей і вікових груп персоналу допоможе розробити методики для подолання опору персоналу, що є ключовим для успішної цифрової трансформації.

1. Alcacer V., Cruz-Machado V. Scanning the Industry 4.0: A literature review on technologies for manufacturing systems. *Engineering Science and Technology, an International Journal*. 2019. Vol. 22. № 3. Pp. 899-919. DOI 10.1016/j.jestch.2019.01.006
2. Brodeur J., Pellerin R., Deschamps I. Operationalization of critical success factors to manage the Industry 4.0 transformation of manufacturing SMEs. *Sustainability*. 2022. Vol. 14. Pp. 8954. DOI 10.3390/su141489.
3. Cannas V. G., Ciano M. P., Saltamacchia M., Secchi R. Artificial intelligence in supply chain and operations management: A multiple case study research. *International Journal of Production Research*. 2024. Vol. 62, № 9. Pp. 3333-3360. DOI 10.1080/00207543.2023.2232050.
4. Cordeiro G. A., Ordóñez R. E. C., Ferro R. Theoretical proposal of steps for the implementation of the Industry 4.0 concept. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*. 2019. Vol. 16. № 2. Pp. 166-179. DOI 10.14488/BJOPM.2019.v16.n2.a1.
5. Garrido S., Muniz Jr. J., Ribeiro V.B. Operations management, sustainability & Industry 5.0: A critical analysis and future agenda. *Cleaner Logistics and Supply Chain*. 2024. Vol. 10. Pp. 100141. DOI 10.1016/j.clscn.2024.100141.
6. Grenčíková A., Kordoš M., Navickas V. The impact of Industry 4.0 on education contents. *Business: Theory and Practice*. 2021. Vol. 22. № 1. Pp. 29-38. DOI 10.3846/btp.2021.13166.
7. Horvath D., Szabo R. Z. Driving forces and barriers of Industry 4.0: Do multinational and small and medium-sized companies have equal opportunities? *Technological Forecasting and Social Change*. 2019. Vol. 146. Pp. 119-132. DOI 10.1016/j.techfore.2019.05.021.
8. Intalar N., Chumnumporn K., Jeenanunta Ch., Tunpan A. Towards Industry 4.0: Digital transformation of traditional safety shoes manufacturer in Thailand with a development of production tracking system. *Engineering Management in Production and Services*. 2021. Vol. 13. № 4. Pp. 79-94. DOI 10.2478/emj-2021-0033.
9. Kagermann H., Wahlster W., Helbig J. Securing the Future of German Manufacturing Industry: Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0. Final Report of the Industrie 4.0 Working Group. *Acatech— National Academy of Science and Engineering*. 2013. Pp. 678.
10. Kargas A. D., Tzortzaki A. M., Gkika E. C., Zaharaki I. G. Digital transformation and its impact on Greek SMEs: An Industry 4.0 perspective. *Administrative Sciences*. 2023. Vol. 13. № 2. Pp. 236. DOI 10.3390/admsci13020236.
11. Khan I. S. Industry 4.0 innovations and their implications: An evaluation from sustainable development perspective. *Journal of Cleaner Production*. 2023. Vol. 405. Pp. 137006. DOI 10.1016/j.jclepro.2023.137006.
12. Klingenberg C. O., Borges M. A. V., Antunes J. A. V. Industry 4.0: What makes it a revolution? A historical framework to understand the phenomenon. *Technology in Society*. 2022. Vol. 70. Pp. 102009. DOI 10.1016/j.techsoc.2022.102009.
13. Michulek J., Krizanova A. Is there an impact of company size and industry on corporate culture? An empirical study from the Slovak Republic. *Management Dynamics in the Knowledge Economy*. 2023. Vol. 11. № 1. Pp. 1-15. DOI 10.2478/mdke-2023-0001.
14. Mohamad S., Pantamee A. A., Keong O. C., Hieu V. M., Mutira P., Chong K. W. Impact of Industry 4.0 revolution and leadership support on the operational efficiency management of the manufacturing industry in ASEAN countries. *Polish Journal of Management Studies*. 2022. Vol. 25. № 2. Pp. 191-204. DOI 10.17512/pjms.2022.25.2.12.
15. Mukhopadhyay S., Singh R. K., Jain T. Developing big data enabled Marketing 4.0 framework. *International Journal of Information Management Data Insights*. 2024. Vol. 4. Pp. 100214. DOI 10.1016/j.jjime.2024.100214.
16. Nolan A. J., Russell J. L., Pickard A. C., Beasley R. One size fits all?: A model of human growth and its application to systems thinking. *INCOSE International Symposium*. 2015. October. DOI 10.1002/j.2334-5837.2015.00072.x.
17. Nosalska K., Mazurek G. Marketing principles for Industry 4.0: A conceptual framework. *Engineering Management in Production and Services*. 2019. Vol. 11. № 3. Pp. 9-20. DOI 10.2478/emj-2019-0016.
18. Oesterreich T. D., Teuteberg F. Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry. *Computers in Industry*. 2016. Vol. 83. Pp. 121-139. DOI 10.1016/j.compind.2016.09.006.
19. Plawgo B., Ertman A. Competency needs of Industry 4.0 companies. *Journal of Management and Business Administration. Central Europe*. 2021. Vol. 29. № 4. Pp. 172-195. DOI 10.7206/cemj.2658-0845.64.
20. Rehman S. U. Industry 4.0 adoption and firm efficiency: Evidence from emerging giants in Asia Pacific region. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*. 2023. Vol. 20. № 3. Pp. e20231958. DOI 10.14488/BJOPM.1958.2023.

21. Sarı T., Güleş H. K., Yiğital B. Awareness and readiness of Industry 4.0: The case of Turkish manufacturing industry. *Advances in Production Engineering & Management*. 2020. Vol. 15. № 1. Pp. 57-68. DOI 10.14743/apem2020.1.349.
22. Ungerma O., Dedkova J., Gurinova K. The impact of marketing innovation on the competitiveness of enterprises in the context of Industry 4.0. *Journal of Competitiveness*. 2018. Vol. 10. № 2. Pp. 132-148. DOI 10.7441/joc.2018.02.09.
23. Xu L. D., Xu E. L., Li L. Industry 4.0: State of the art and future trends. *International Journal of Production Research*. 2018. Vol. 56. № 8. Pp. 2941-2962. DOI 10.1080/00207543.2018.1455606.

References

1. Alcacer, V., & Cruz-Machado, V. (2019). Scanning the Industry 4.0: A literature review on technologies for manufacturing systems. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 22 (3), 899-919. DOI 10.1016/j.jestch.2019.01.006 (in English).
2. Brodeur, J., Pellerin, R., & Deschamps, I. (2022). Operationalization of critical success factors to manage the Industry 4.0 transformation of manufacturing SMEs. *Sustainability*, 14, 8954. DOI 10.3390/su141489 (in English).
3. Cannas, V. G., Ciano, M. P., Saltalamacchia, M., & Secchi, R. (2024). Artificial intelligence in supply chain and operations management: A multiple case study research. *International Journal of Production Research*, 62 (9), 3333-3360. DOI 10.1080/00207543.2023.2232050 (in English).
4. Cordeiro, G. A., Ordóñez, R. E. C., & Ferro, R. (2019). Theoretical proposal of steps for the implementation of the Industry 4.0 concept. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, 16(2), 166–179. DOI 10.14488/BJOPM.2019.v16.n2.a1 (in English).
5. Garrido, S., Muniz, Jr. J., & Ribeiro, V. B. (2024). Operations management, sustainability & Industry 5.0: A critical analysis and future agenda. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 10, 100141. DOI 10.1016/j.clscn.2024.100141 (in English).
6. Grenčíková, A., Kordoš, M., & Navickas, V. (2021). The impact of Industry 4.0 on education contents. *Business: Theory and Practice*, 22 (1), 29-38. DOI 10.3846/btp.2021.13166 (in English).
7. Horvath, D., & Szabo, R. Z. (2019). Driving forces and barriers of Industry 4.0: Do multinational and small and medium-sized companies have equal opportunities? *Technological Forecasting and Social Change*, 146, 119-132. DOI 10.1016/j.techfore.2019.05.021 (in English).
8. Intalar, N., Chumnumporn, K., Jeenanunta, Ch., & Tunpan, A. (2021). Towards Industry 4.0: Digital transformation of traditional safety shoes manufacturer in Thailand with a development of production tracking system. *Engineering Management in Production and Services*, 13 (4), 79-94. DOI 10.2478/emj-2021-0033 (in English).
9. Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013) Securing the Future of German Manufacturing Industry: Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0. Final Report of the Industrie 4.0 Working Group, Acatech. *National Academy of Science and Engineering*, 678 (in English).
10. Kargas, A. D., Tzortzaki, A. M., Gkika, E. C., & Zaharakis, I. G. (2023). Digital transformation and its impact on Greek SMEs: An Industry 4.0 perspective. *Administrative Sciences*, 13 (2), 236. DOI 10.3390/admsci13020236 (in English).
11. Khan, I. S. (2023). Industry 4.0 innovations and their implications: An evaluation from sustainable development perspective. *Journal of Cleaner Production*, 405, 137006. DOI 10.1016/j.jclepro.2023.137006 (in English).
12. Klingenberg, C. O., Borges, M. A. V., & Antunes, J. A. V. (2022). Industry 4.0: What makes it a revolution? A historical framework to understand the phenomenon. *Technology in Society*, 70, 102009. DOI 10.1016/j.techsoc.2022.102009 (in English).
13. Michulek, J., & Krizanová, A. (2023). Is there an impact of company size and industry on corporate culture? An empirical study from the Slovak Republic. *Management Dynamics in the Knowledge Economy*, 11 (1), 1-15. DOI 10.2478/mdke-2023-0001 (in English).
14. Mohamad, S., Pantamee, A. A., Keong, O. C., Hieu, V. M., Mutira, P., & Chong, K.W. (2022). Impact of Industry 4.0 revolution and leadership support on the operational efficiency management of the manufacturing industry in ASEAN countries. *Polish Journal of Management Studies*, 25 (2), 191-204. DOI 10.17512/pjms.2022.25.2.12 (in English).
15. Mukhopadhyay, S., Singh, R. K., & Jain, T. (2024). Developing big data enabled Marketing 4.0 framework. *International Journal of Information Management Data Insights*, 4, 100214. DOI 10.1016/j.ijmei.2024.100214 (in English).
16. Nolan, A. J., Russell, J. L., Pickard, A. C., & Beasley, R. (2015). One size fits all?: A model of human growth and its application to systems thinking. *INCOSE International Symposium*, October. DOI 10.1002/j.2334-5837.2015.00072.x (in English).
17. Nosalska, K., & Mazurek, G. (2019). Marketing principles for Industry 4.0: A conceptual framework. *Engineering Management in Production and Services*, 11 (3), 9-20. DOI 10.2478/emj-2019-0016 (in English).
18. Oesterreich, T. D., & Teuteberg, F. (2016). Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry. *Computers in Industry*, 83, 121-139. DOI 10.1016/j.compind.2016.09.006 (in English).
19. Plawgo, B., & Ertman, A. (2021). Competency needs of Industry 4.0 companies. *Journal of Management and Business Administration. Central Europe*, 29 (4), 172-195. DOI 10.7206/cemj.2658-0845.64 (in English).
20. Rehman, S. U. (2023). Industry 4.0 adoption and firm efficiency: Evidence from emerging giants in Asia Pacific region. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, 20 (3), e20231958. DOI 10.14488/BJOPM.1958.2023 (in English).
21. Sarı, T., Güleş, H. K., & Yiğital, B. (2020). Awareness and readiness of Industry 4.0: The case of Turkish manufacturing industry. *Advances in Production Engineering & Management*, 15 (1), 57-68. DOI 10.14743/apem2020.1.349 (in English).

22. Ungerman, O., Dedkova, J., & Gurinova, K. (2018). The impact of marketing innovation on the competitiveness of enterprises in the context of Industry 4.0. *Journal of Competitiveness*, 10 (2), 132-148. DOI 10.7441/joc.2018.02.09 (in English).
23. Xu, L. D., Xu, E. L., & Li, L. (2018). Industry 4.0: State of the art and future trends. *International Journal of Production Research*, 56 (8), 2941-2962. DOI 10.1080/00207543.2018.1455606 (in English).

K. Balakleiets¹, V. Rodchenko²

V. N. Karazin Kharkiv National University,
balakleiets@karazin.ua,
rodchenko@karazin.ua

FACTORS OF BUSINESS PROCESS TRANSFORMATION IN THE DEVELOPMENT OF INDUSTRY 4.0

© Balakleiets K., Rodchenko V., 2024

Purpose – This study delves into the intricate challenges of digital transformation in business processes within the Industry 4.0 framework, emphasizing the significance of behavioural factors. The primary objective is to identify and dissect the critical determinants that influence the successful integration and utilization of advanced technologies. Moreover, the research explores how these technologies interact with corporate culture to drive improvements in business efficiency, productivity, and overall competitiveness in today's fast-evolving digital landscape.

Design/methodology/approach – The research employs a thorough and systematic methodological framework, integrating a broad literature review with qualitative and quantitative analyses. It explores the connections between digital transformation, corporate culture, and the strategic role of marketing in operational management. The study evaluates both immediate and long-term effects of Industry 4.0 technologies on business operations, focusing on their potential to foster innovation and enhance operational excellence. Furthermore, the research critically examines the role of corporate culture in the successful integration of new technologies, providing insights into the necessary cultural adaptations that enable organizations to fully leverage the benefits of Industry 4.0.

Findings – The findings highlight the essential role of a flexible and adaptive corporate culture in the effective integration of Industry 4.0 technologies into organizational processes. The research shows that companies with a strong alignment between their cultural values and technological strategies are more likely to achieve significant gains in operational efficiency and market adaptability. The study also emphasizes the critical need for strategic alignment between marketing and operational management, demonstrating that this integration is crucial for maintaining a competitive edge in an increasingly unpredictable market landscape. Additionally, the study identifies specific challenges inherent to the digital transformation process, such as resistance to change and the continuous need for skill development, and offers strategic solutions to overcome these barriers.

Practical implications – The research provides valuable insights for companies aiming to enhance their operational performance and competitive positioning through the adoption of advanced technologies. The study offers a comprehensive framework for understanding how Industry 4.0 can be strategically utilized to improve customer engagement and optimize internal processes, ensuring sustainable competitiveness in the long term.

Originality/value – This study adds to the existing literature by offering an in-depth analysis of the interplay between marketing and operational management in the context of Industry 4.0. The research highlights the importance of aligning corporate culture with technological progress to achieve long-term business success. The conclusions underscore the necessity for companies to embrace digital transformation as a holistic process that involves strategic, operational, and cultural shifts.

Keywords: Industry 4.0, digital transformation, business processes, marketing, operational management, corporate culture.

Paper type: research paper.