

Н. О. ЧЕРНЕНКО

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ORCID: 0000-0002-7424-7829

Я. І. ГЛУЩЕНКО

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ORCID: 0000-0003-1454-0369

О. О. КОРОГОДОВА

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ORCID: 0000-0003-2338-365X

Т. Є. МОІСЕЄНКО

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ORCID: 0000-0002-2074-8062

АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ІНДУСТРІЇ ВІД 1.0 ДО 5.0 У КОМУНАЛЬНОМУ СЕКТОРІ

Збільшення рівня невизначеності, посилення протекціонізму в умовах військової агресії росії в Україні та зростаючий вплив технологій на розвиток комунального сектору забезпечують формування нових бізнес моделей, що орієнтовані на збільшення рівня використання технологій Індустрії 4.0 та 5.0. У статті оцінено вплив характерних рис кожної хвили Індустрії 1.0–5.0 на розвиток комунального сектору країни. Авторами, визначено та охарактеризовано історичні етапи становлення та розвитку промислової революції у комунальному секторі. Діагностовано детермінанти доцільності впровадження інструментарію Індустрії 4.0 та 5.0. у діяльність підприємств комунального сектору, обумовлені недосконалістю впровадження технологій (попередньої) третьої промислової революції у вітчизняній практиці. Виявлено, що низький рівень бізнес культури негативно вплинув на залучення інноваційно налаштованого персоналу та технологій у досліджуваний сектор. В рамках цього, проаналізовано динаміку середньомісячної заробітної плати штатних працівників комунальних підприємств, в сфері постачання електроенергії, газу, пару і кондиційованого повітря, та водопостачання, каналізації, поводження з відходами за 2010–2021 рр. Відзначено негативний вплив відставання у рівнях оплати праці на можливість залучення інноваційно налаштованого персоналу в досліджуваний сектор. Підкреслено переорієнтацію базису розробки і впровадження технологічних інновацій з капіталу і природних ресурсів, на людиноцентричність. Відзначено перелік проблемних питань комунального сектору, які можуть бути розв'язані при застосування інструментарію Індустрії 4.0–5.0, а саме: смарт-лічильників, інтелектуальних систем збору та обліку даних енергоспоживання та споживання води. Представлено порівняльну характеристику основних підходів Індустрії 4.0 і 5.0 у комунальному секторі. Акцентовано увагу на економічній доцільності “стрибокподібного” переходу вітчизняного комунального сектору до Індустрії 5.0. з використанням бездротового зв'язку п'ятого покоління – 5G.

Ключові слова: Індустрія, комунальний сектор, альтернативна енергетика, людиноцентричний підхід, бездротовий зв'язок п'ятого покоління (5G).

N. O. CHERNENKO

National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”

ORCID: 0000-0002-7424-7829

Ya. I. HLUSHCHENKO

National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”

ORCID: 0000-0003-1454-0369

O. O. KOROHODOVA

National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”

ORCID: 0000-0003-2338-365X

T. Ye. MOISEIENKO

National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”

ORCID: 0000-0002-2074-8062

ANALYSIS OF THE TECHNOLOGIES USE INDUSTRY 1.0. TO 5.0. IN THE UTILITY SECTOR

Increasing the levels of uncertainty, strengthening protectionism in the context of russia's military aggression towards Ukraine, as well as the increasing technology's effect on the development of the utilities sector guarantee the formation of new business models focused on boosting the number of applied technologies Industry 4.0 and 5.0. The article analyzes the impact

of each cycle of the Industry 1.0–5.0 on the development of the country's utility sector. The authors define and classify the historical phases of the industrial revolution's formation and development in the utility sector. Due to the imperfection of the third industrial revolution technologies implementation in domestic practice, the determinants of the feasibility of implementing Industry 4.0 and 5.0 in the activities of utility companies are diagnosed. It was discovered that a lack of business culture had a negative impact on the sector under study's ability to attract innovative personnel and technologies. As part of this, the dynamics of the average monthly salary of full-time employees of utilities companies in the supply of electricity, gas, steam and air conditioning, as well as water, sewerage, waste for 2010–2021 was analyzed. The negative impact of salary level lag on the ability to attract skilled professionals to the analyzed sector was discovered. The significance of refocusing development technological capital and resource extraction innovations to humancentricity is emphasized. A list of utility sector difficulties that can be resolved by using Industry 4.0–5.0 tools, such as smart meters and machine intelligence for gathering and recording data on electricity and water use, is provided. In the utility sector, a comparative evaluation of the main techniques of Industry 4.0 and 5.0 is offered. The domestic utilities sector's "leap-like" transition to Industry 5.0 using fifth-generation (5G) technology for wireless communication is being studied for its future prosperity and economic feasibility.

Key words: Industry, utility sector, alternative energy, humancentric approach, fifth-generation (5G) technology.

Постановка проблеми

Сучасні драматичні реалії України, в котрій раз, довели, комунальний сектор є одним з найважливіших і пріоритетних для національної економіки, забезпечуючи життєдіяльність окремих домогосподарств, суб'єктів господарювання, територіальних громад, регіонів і держави в цілому. Якість досить великого переліку житлово-комунальних послуг (водо-, енерго-, теплопостачання, каналізації, збору і переробки сміття, благоустрою, міськелектро транспорту) в значній мірі формують середовище життєдіяльності кожної людини – зручність і комфортність проживання, роботи, відпочинку. Інноваційні розробки кожної з індустріальних революцій знайшли своє впровадження у комунальному секторі. Інструментарій Індустрій 4.0 і 5.0 не є виключенням. Модульна хмарна вертикальна модель, заснована на мікросервісах, смарт-лічильники дозволить вітчизняним компаніям комунального сектору отримати вкрай необхідну гнучкість, стійкість і здатність реагувати на зміни внутрішнього і зовнішнього середовища.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Питання використання новітніх технологій у комунальному секторі привертають увагу багатьох зарубіжних науковців та представників бізнес-кіл: Пола Нілсена, Michael Pollitt [1], Клауса Швабба [2], Mario di nardo та Наохуан Ю [3], Sanjay Mohapatra, Subhradeep Mohanty [4] та інших. Серед вітчизняних дослідників слід відзначити праці: Костецького В.В. [5], Лаврика В.В. [6], Солодовник О.О. [7], Докуніної К.І. [7], Прядко В.В. [8], Гуцул Я.В. [8] Педченко Н.С. [9], Кімуржого М.І. [9], Максименко О.С. [10]. В той же час, нові виклики, які постали перед вітчизняною економікою, обумовлюють доцільність розгляду впливу технологічних розробок на перебудову комунального сектору, як у ретроспективі, так і світі майбутнього.

Формулювання мети дослідження

Метою роботи є діагностування та оцінювання впливу характерних рис кожної хвилі Індустрії 1.0–5.0 на розвиток комунального сектору країни. Відповідно до сформульованої мети, авторами поставлено наступні завдання: - проаналізувати динаміку розвитку цифрових технологій у комунальному секторі під впливом кон'юнктурних змін; визначити історичні етапи становлення та революційного розвитку технологічних засобів у комунальному секторі економіки; навести динаміку середньомісячної заробітної плати штатних працівників; проаналізувати рівень забезпеченості споживачів доступом до швидкісного інтернету; обґрунтувати необхідність використання багаторівневих систем диспетчеризації показань будинкових приладів обліку у багатоквартирному фонді та у великих промислових споживачів; систематизувати риси Індустрій 1.0–5.0 та навести порівняльну характеристику основних підходів Індустрії 4.0 і 5.0 у комунальному секторі; визначити основні драйвери цінності Індустрії 5.0 в комунальному секторі.

Викладення основного матеріалу дослідження

Цифрові технології у комунальному секторі – це еквівалент «скарбу». У 21 ст. відслідковується тенденція, що економіка, яка базується на енергетиці, йде на другий план. Підприємства комунального сектору, при наявності та можливостях застосовувати цифрові технології, знаючи свої можливості та порівнюючи їх з кон'юнктурним потенціалом, можуть вчасно отримати конкурентні переваги, які в перспективі забезпечать стійку позицію на ринку комунальних послуг. Існує нагальна проблема щодо обробки та передачі інформації при прискорених світових темпах її генерації та впровадження у комунальному секторі. Людство, беручи участь у ланцюжку створення інформаційної цінності, має бути в курсі всього, що відбувається у світі. Зі зростанням загальної інтеграції є ризик запізнитися в цій нескінченній спіралі індустріального розвитку, кожен виток якої є швидшим й складнішим та має назву - промислова революція, розкриваючи сучасному суспільству принципово нові підходи пропозиції та споживання комунальних послуг. Розглянемо історичні етапи (генезис) стрибкоподібного розвитку промислових революцій у комунальному секторі економіки (рис. 1).

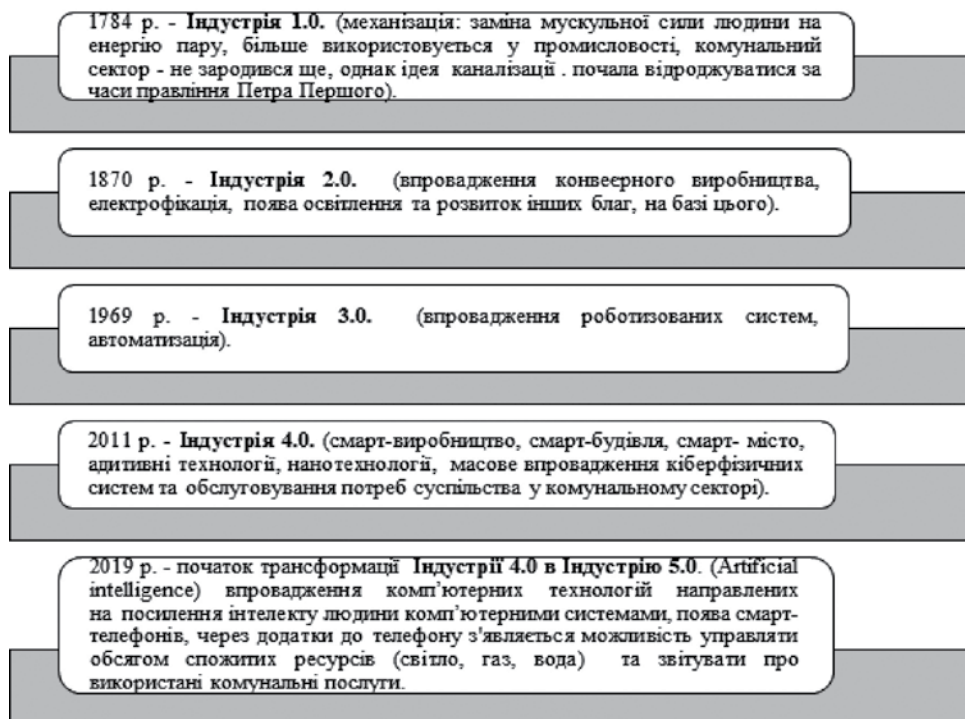


Рис. 1. Генезис промислових революцій у комунальному секторі

Джерело сформано за [11].

Індустрія 1.0. Багато галузей щільно зав'язані на енергетиці. Залежність економіки від якогось єдиного джерела енергії одна із головних якорів шляху до нових технологічних етапів розвитку. На початку 1-ї промислової революції вугілля деревени не встояло перед перевагами кам'яновугільного коксу. Завдяки цій перемозі миттєво зросла потужність багатьох механізмів. Передумови до першої революції зародилися у Великій Британії і, розкривши потенціал води та пари, революція мобілізувала механізацію виробництва. Винайдений двигун універсального призначення енергії пари. Рейки прийшли на заміну вітрилам, з'явилися пароплави. У цей період стала можливою поява верстатів різного призначення – токарного, фрезерного та інших.

Індустрія 2.0. Друга революція запровадила масове виробництво з допомогою електроенергії. Завдяки конвеєру вдалося зробити багато товарів доступними. Електрика з'явилася на вулицях міст, а згодом і в будинках. З'явилася деяка подоба мережі обмінюватись інформацією – телеграф.

Індустрія 3.0. Інформаційний вік, цифрова індустрія, роботизація. Індустрія 3.0 пов'язана з використанням електроніки та інформаційних технологій у виробництві та у комунальному секторі. З'являються думки щодо альтернативної енергетики та дбайливого ставлення до екології у виробництві. Розвиток інтернету, ІКТ, каналів зв'язку та передачі інформації, збільшення обсягів даних у геометричній прогресії, поява хмарних технологій, цифрових платформ. Цифрові системи стали відкритими, промислові мережі глобальними. При цьому, незважаючи на запропонований інструментарій Індустрії 3.0, вітчизняному комунальному сектору були притаманні такі негативні характеристики, як: досить низький рівень системи збору інформації зі споживачів, неефективна комунікація компаній, що надають послуги, зі споживачами, відсутність інтегрованості інформації в бізнес-процеси, та й останні, скоріше виступали фрагментарним дослідженням, а не комплексним уявленням для побудови систем управління. Перелічені недоліки можна вважати тими детермінантами, що обумовили необхідність переходу і впровадження інструментарію Індустрії 4.0 в діяльності компаній комунального сектору. Ще однією детермінантою переходу від Індустрії 3.0 до 4.0 в комунальному секторі виступав досить низький рівень бізнес культури - саме топ менеджменту і власників, їх мислення і уявлення про стратегії розвитку, небажання встановлення високого рівня оплати праці за інтелектуальну працю.

На рис. 1 наведено динаміку середньомісячної заробітної плати штатних працівників в цілому по промисловості, в сфері постачання електроенергії, газу, пару і кондиційованого повітря, та водопостачання, каналізації, поводження з відходами за 2010–2021 рр. Середньомісячна заробітна плата штатних працівників демонструє стабільну тенденцію зростання за вказаний період. При цьому, наведені дані свідчать, в сфері постачання електроенергії, газу, пару і кондиційованого повітря заробітна плата штатних працівників вища за середній показник в цілому по промисловості в Україні. Тоді, як середньомісячна заробітна плата штатних працівників в сфері водопостачання,

каналізації, поводження з відходами значно нижча, як у порівнянні з показниками в цілому по промисловості, і в сфері постачання електроенергії, газу, пару і кондиціонованого повітря. Суттєвий розрив у рівнях оплати праці негативно позначається на можливості залучення інноваційно налаштованого персоналу, який здатний розробляти і впроваджувати новації. В той же час, зацікавленість держави у розвитку енергетичної сфери, привабливість альтернативної енергетики, знайшла своє відображення і високому рівні оплати праці у періоді Індустрії 4.0.



Рис. 2. Динаміка середньомісячної зарплатної плати штатних працівників у комунальному секторі за 2010–2021 рр. [12; 19]

Сформано авторами.

Індустрія 4.0. Інтеграція ресурсів та технологій. Хмарні технології дають істотні переваги для успіху в бізнесі та підштовхують багато сфер до технологічного кроку, з'являються нові компоненти Індустрії - штучний інтелект, інтернет документи, доповнена реальність, адитивне виробництво, композитні матеріали, мультиагентні системи, мікросервіси, сервісні шини підприємств, кібербезпека у цифровому середовищі.

З огляду на вищезазначене, перехід до нового індустріального етапу починається локально, а потім набуває масового характеру [13; 20; 21]. Щоб перейти на новий крок розвитку, потрібно реалізувати повністю згасаючий потенціал технологій, актуальних у цьому поколінні. Точково «технології з майбутнього» вже з'являються. Варто відзначити, що штучного інтелекту в чистому вигляді не існує, є машинний інтелект. Багато надій покладено на технологію «інтернет-речей», яка надає ідеї щодо перетворення домів, міст «смарт», вони мають стати «розумними», але це ще не досягло свого найвищого потенціалу, жодна інженерна споруда і жодна система приладів – не є розумною, це приклад успішної та якісної автоматизації. Для четвертої промислової революції поштовхом став запуск кіберфізичних систем у виробничі процеси та комунальні послуги. Вони об'єднують обчислювальні та фізичні ресурси за допомогою інтернету, створюються мережі з машин, які працюють з меншою кількістю помилок і самостійно змінюють виробничі шаблони, залишаючи роботу системи пристроїв на піку ефективності.

Зміни, що відбуваються у 20-х рр 21 ст., носять революційний характер. Очікується, що безліч професій зникнуть у найближче десятиліття, труднощі та перешкоди штовхають компанії до інноваційних рішень, завдяки яким вони досягають сильних позицій на ринку, залучаючи при цьому дедалі менше людських ресурсів і більше інвестицій.

Економічне зростання тепер ґрунтується не тільки на капіталі і природних ресурсах, а на інноваціях і людській уяві. Подальша розбудова взаємодії українських споживачів з компаніями комунального сектору вимагала подолання «цифрового розриву». Як бачимо із даних на рисунку 2, в Україні більшість областей на 31.12.2021 р. мали досить високий рівень покриття 4 G та готові до переходу на 5G. Рівень забезпеченості споживачів доступом до швидкісного інтернету, надання зазначених послуг з використанням волоконно-оптичних, мідних ліній зв'язку, коаксіального кабелю, супутникових каналів та безпроводного доступу, надалі тільки розширить перелік послуг, які надаються споживачам комунальних послуг.

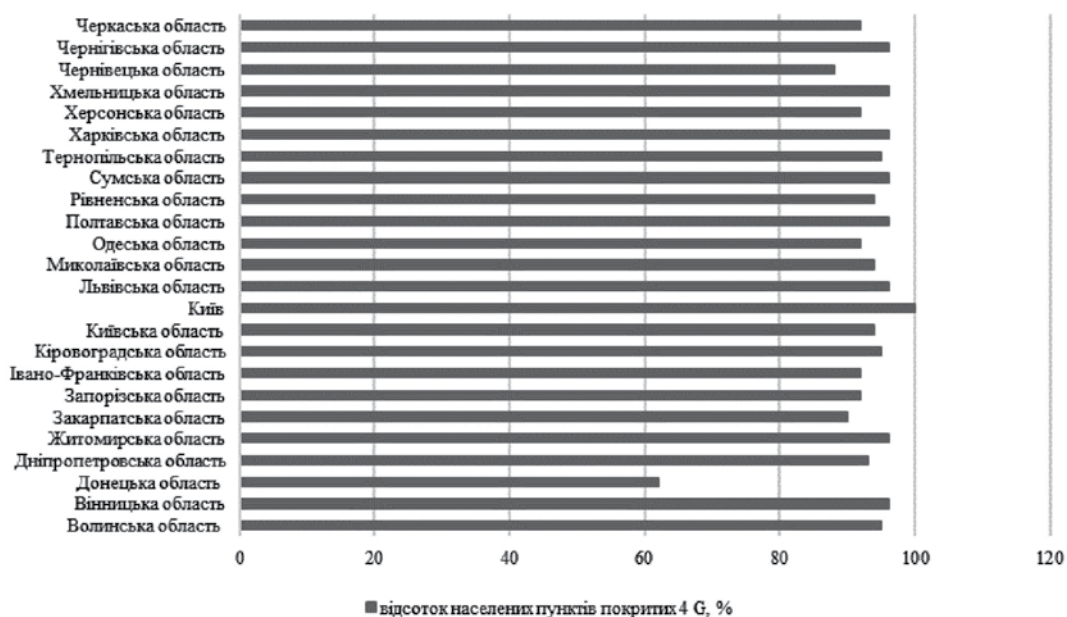


Рис. 3. Відсоток населених пунктів в Україні покритих 4 G на 31.12.2021 р. та готових до переходу на бездротовий зв'язок п'ятого покоління (5G)

Джерело: побудовано за даними [13].

Наведені дані на рис. 3 свідчать, що з появою 5G та мережі LTE (4G) перспективний сценарій розвитку комунального сектору передбачає планомірне використання розумних лічильників – приладів обліку із засобами передачі даних по мережах для моніторингу та розрахунків за комунальні послуги [14]. 5G та мережі LTE (4G), надають радіоінтерфейси, хмарну інфраструктуру та програми для будівництва інтелектуальних систем збору та обліку даних енергоспоживання та споживання води.

Основний ефект досягається не від установки таких смарт-лічильників, а за рахунок збору та обробки даних у хмарних платформах. Інтелектуальні алгоритми ведуть розрахунки з споживачами, виявляють піратські підключення до електромереж, оперативно виявляють витоку води, автоматично організують процеси оптимізації мереж у системному масштабі.

Найкращий спосіб проникнення сучасних інтелектуальних засобів обліку води та електроенергії на ринок комунальних послуг, це – використання багаторівневих систем диспетчеризації показань будинкових приладів обліку у багатоквартирному фонді та у великих промислових споживачів. Встановлення лічильників на вхід кожної квартири та житлового будинку дозволяє точно розділити індивідуальне та загальне споживання ресурсу. Додаткове встановлення лічильників у розподільній мережі між збутовими компаніями і житловим фондом дозволило практично онлайн виявляти витоку води або несанкціоновані підключення до мереж енергопостачання.

Очікувані вигоди від смарт-лічильників у комунальному секторі [4; 15; 18]: підвищення збирання платежів на 30%; зниження різниці сум показань квартирних та будинкового лічильника до 1–2%; скорочення втрат електроенергії до 5–6%; підвищення якості збору та аналізу даних споживання води та електрики; зниження споживання води та електрики.

Основні проблеми, що можуть бути розв'язані за рахунок впровадження зазначеного інструментарію:

- 1) оптимізація витрат кінцевих споживачів води та електрики за рахунок автоматизованих систем передачі показань приладів обліку;
- 2) мінімізація шкоди від витоків у системі водопостачання та несанкціонованих підключень до електромережі;
- 3) самоконтроль та надання звітів про будь-якого учасника енергомережі, доступність повної інформації про вироблену та передану електроенергії з розрахунком ефективності, втрат та економічної вигоди;
- 4) підвищення надійності мережі, що забезпечує непомітне для споживача перемикання його на інше джерело при відмові поточного;
- 5) підвищення продуктивності мережі загалом за рахунок зменшення втрат у лініях передачі, оптимального розподілу навантаження, визначення великих споживачів найефективніших маршрутів підключення;
- 6) підвищення енергетичної ефективності сектору і економіки країни загалом.

Індустрія 5.0. Клаус Шваб [2] зазначає, що один із переломних моментів четвертої промислової революції стане, коли машини з'являться в рядах директорів компаній. П'ята революція буде мати системну трансформацію, яка вплине на суспільство, комунальний сектор, систему управління. Хмарні обчислення при «п'ятій індустрії» мають вирішальне значення для подальшого розвитку четвертої промислової революції, тому що вони об'єднують, централізують та обробляють інформацію, корисну для бізнесу, комунального сектору. Вони мають унікальні обчислювальні та мережеві можливості. Обчислювальні послуги дозволяють інтегрувати в єдину систему платформи з автоматизації, робототехніки, інтернету речей. Хмарні обчислення мають необмежені можливості для зберігання. Таким чином, чим більше інформації отримано, тим більша потреба у правильній її організації, щоб зробити цю інформацію доступною та корисною. П'ята промислова революція змінить бізнес окремих підприємств, підприємств комунального сектору та вплине на перерозподіл продуктивних сил на глобальному рівні.

Індустрія 4.0 цінує автоматизацію масового виробництва продукції, а наступна Індустрія 5.0 – життєвий стандарт, екологію, креативність та високу якість продукції [16]. Всі кіберфізичні системи повинні об'єднатися в одну мережу та взаємодіяти з людьми в режимі реального часу. Максимізація плюсів революції потребує глобальних кооперацій, всі машини мають «розмовляти» однією мовою. Якщо об'єкт передасть інформацію машині, яка не зможе її розпізнати, бізнес-процеси перетворяться на хаос. У цих реаліях визначення спільних платформ і мов, якими вільно спілкуватимуться машини різних корпорацій, стає одним із пріоритетних завдань.

Систематизація характерних рис Індустрій 4.0 і 5.0 дозволяє представити їх порівняння у вигляді табл. 1.

Таблиця 1

Порівняльна характеристика основних підходів Індустрії 4.0 і 5.0 у комунальному секторі

Індустрія 4.0	Індустрія 5.0
Цифрова трансформація енергетичної складової у комунальному секторі, використання штучного інтелекту для контролю за обсягами споживання комунальних послуг і формуванням рахунків	Удосконалення ланцюгів доданої вартості при ціноутворенні комунальних послуг, створення фреймворку в комунальному секторі
Оптимізація бізнес-моделей з акцентом на максимізації прибутку стейкхолдерів	Людино-центричний підхід розробки і впровадження технологій в комунальному секторі, які дозволяють оцінити економне ставлення компанії до використання природних ресурсів, соціальна відповідальність щодо викидів забруднюючих речовин у зовнішнє середовище, створення нових робочих місць, дотримання гендерної рівності
Посилення розриву між країнами лідерами впровадження інструментарію Індустрії 4.0 (альтернативна енергетика, екологічний транспорт)	Розбудова державно-приватного партнерства (програма енергозбереження 70/30)
Майбутнє за швидким реагуванням: дистанційне обслуговування обладнання	Наступний етап розвитку: модульна хмарна вертикальна модель, заснована на мікросервісах. Доповнена дійсність.
Впровадження мережі LTE (4G)	Впровадження бездротового зв'язку п'ятого покоління (5G)
Базові можливості та послуги, перспективні галузеві сценарії використання при Індустрії 4.0.:	Базові можливості та послуги, перспективні галузеві сценарії використання при Індустрії 5.0.:
<ul style="list-style-type: none"> ● Збір, накопичення та обробка даних, управління в некритичних системах комунального сектору; ● Ручне дистанційне керування; ● Роботи та роботонізована техніка; ● Громадська безпека (камери спостереження, гаряча кнопка, датчики руху); ● Кероване міське господарство, управління автомобільним трафіком та безпека дорожнього руху; ● Освітлення, кліматика, допуск на інфраструктурні об'єкти. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Передача високоякісних відеопотоків та відеоаналітика в комунальному секторі; ● Автоматизоване керування комунальними мережами в режимі реального часу (розумний розподіл енергоресурсів), цифрові «двійники»; ● Безпілотна техніка, безпілотні літальні апарати, підключений та безпілотний автотранспорт, хмарні обчислення та віртуальні мережі, дистанційно керована міська техніка; ● Громадська безпека, моніторинг та оповіщення про нестандартні ситуації, аварії, пошкодження у сфері комунальних послуг; ● Медіапанелі та системи зворотного зв'язку з жителями (розумний магазин, порт, аеропорт, відстеження переміщення вантажів, посилок, пошти); ● Розумні стадіони та трансляції, культура та дозвілля, віртуалізація заходів.

Сформовано авторами на базі [17, 22].

Технології швидко змінюють світ, кожна людина відчуває вплив цифрових технологій на своє життя, ще серйозніше вони впливають на галузі економіки, комунальні підприємства на виробництво. Як видно з табл. 1, темпи змін настільки високі, що з метою збереження конкурентоспроможності підприємств та всієї економіки країни став необхідний перехід до кардинально нового цифрового існування. Фундаментом для нових виробничих форм стануть потужність, гнучкість і доступність сучасних цифрових мереж. Вирішення величезного обсягу технологічних завдань цифрової економіки сьогодні можливо завдяки мережам бездротового зв'язку п'ятого покоління, що здатні

забезпечити можливості для впровадження сучасних технологій, масштабну цифровізацію, роботизацію та автоматизацію багатьох комунальних процесів. Варто зазначити, що для подальшого розвитку штучного інтелекту, нейромереж, інтернету, хмарних технологій, високошвидкісної передачі даних 5G, телематики, периферійних обчислень в комунальному секторі потрібна рівновага ІТ з екологією, кібербезпекою та людським капіталом.

Висновки

У статті зазначено, що відновлення комунального сектору України, який постійно підлягає руйнуванням та військовій агресії росії неможливе без використання технологій Індустрії 4.0 та 5.0. Встановлено, що зростаючий вплив інновацій на розвиток комунального сектору забезпечує формування нових бізнес моделей, що орієнтовані на збільшення рівня використання нових технологій, які пропонуються на перехідному етапі Індустрії 4.0 в 5.0. Відзначено перелік проблемних питань комунального сектору, які можуть бути розв'язані при застосуванні інструментарію Індустрії 4.0–5.0, а саме: смарт-лічильників, інтелектуальних систем збору та обліку даних енергоспоживання та споживання води. Акцентовано увагу на економічній доцільності «стрибокподібного» переходу вітчизняного комунального сектору до Індустрії 5.0 з використанням бездротового зв'язку п'ятого покоління. На базі цього, діагностовано детермінанти доцільності впровадження у діяльність підприємств комунального сектору України інструментарію Індустрії 4.0 та 5.0, що обумовлені недосконалістю впровадження технологій (попередньої) третьої промислової революції. У роботі були охарактеризовані історичні етапи становлення та розвитку промислової революції у комунальному секторі та оцінено вплив характерних рис кожної хвили Індустрії 1.0–5.0 на розвиток зазначеного сектору в Україні. Враховуючи вищевикладене можна відзначити, що на сьогоднішній момент Україна має унікальну можливість стрибкоподібного переходу в сфері комунальних послуг до Індустрії 5.0. Особливо, враховуючи той факт, що територія нашої країни стала майданчиком для «field tests» не тільки в оборонній сфері, а й при постачанні комунальних послуг (електроенергії, тепла, води) в умовах пошкодження інфраструктури, блекауту, подальшого ведення бойових дій. Встановлено, що основним драйверами цінності Індустрії 5.0 в комунальному секторі повинні виступати людський капітал і екологічність, як в Індустрії 4.0 виступали цифровізація, технологія блокчейн, роботизація, штучний інтелект. Швидкість і ефективність відновлення пошкодженої вітчизняної енергетичної інфраструктури наочно продемонструвало ключову роль людського фактору. При цьому, Україні доцільно замислитися про пул новаторів для здійснення стрибкоподібного переходу. Для цього було, проаналізовано динаміку середньомісячної заробітної плати штатних працівників комунальних підприємств, в сфері постачання електроенергії, газу, пару, водопостачання, каналізації за період 2010–2021 рр. Відзначено негативний вплив відставання у рівнях оплати праці на можливість залучення інноваційно налаштованого персоналу. Зроблено акцент, що комунальний сектор країни має враховувати переорієнтацію з базису розробки та впровадження технологічних інновацій з капіталу і природних ресурсів, на людиноцентричність. Відновлення комунального сектору у містах, на територіях яких велися активні бойові дії, міст, які знаходились в окупації, показав доцільність пришвидшення децентралізації державної влади, передачі більшого обсягу функцій до місцевих органів, розбудову діяльності громадських організацій, громадського контролю за використанням коштів. Подальші дослідження будуть присвячені опису технологій Індустрії 4.0 та 5.0, які можливо використати в енергозабезпеченні та енергозощадженнях у комунальному секторі.

Список використаної літератури

1. Nillesen Paul, Pollitt Michael. New Business Models for Utilities to Meet the Challenge of the Energy Transition. *Future of Utilities Utilities of the Future*, 2016. Chapter 15. P. 283-301. doi.org/10.1016/B978-0-12-804249-6.00015-4.
2. Шваб К. Четверта промислова революція: монографія: пер. з англійської. М: Видавництво «Е», 2017. 208 с.
3. Mario di Nardo, Naohuan Yu. Industry 5.0: The Prelude to the Sixth Industrial Revolution. *Applied system innovation*. 2021. 4 (3). 45. doi.org/10.3390/asi4030045 10.3390/asi4030045.
4. Sanjay Mohapatra, Subhradeep Mohanty. Improving operational efficiency in utility sector through technology intervention. *International Journal of Enterprise Network Management*. 2017. 8(4). P. 291–316. URL: <http://dx.doi.org/10.1504/IJENM.2017.088863>
5. Костецький В.В. Перспективи інвестиційно-інноваційного розвитку житлово-комунального господарства України. *Вісник соціально-економічних досліджень*. 2014. Вип. 2(53). С. 82-91. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/147038553.pdf>
6. Лаврик В.В. Фінансове забезпечення житлово-комунального господарства територіальних громад в умовах децентралізації: дис... канд.екон. наук: 08.00.08. Суми, 2021. 247 с. URL: https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/82703/5/diss_Lavryk.pdf
7. Солодовнік О. О., Докуніна К. І. Чинники, що впливають на процес формування й реалізації програм енергозбереження на підприємствах житлово-комунального господарства. *Бізнес Інформ*. 2015. № 2. С. 82–87.
8. Прядко В. В., Гуцул Я. В. Проблеми інвестування підприємств житлово-комунального господарства в умовах мінливого середовища. *Вісник Чернівецького торговельно-економічного інституту. Економічні науки*. 2014. Вип. 1. С. 289–297.

9. Педченко Н. С., Кімуржий М. І. Адаптація зарубіжного досвіду управління потенціалом розвитку підприємств житлово-комунального сектора до української практики. *Бізнес Інформ*. 2018. № 6. С. 59–68. URL: https://www.business-inform.net/export_pdf/business-inform-2018-6_0-pages-59_68.pdf
10. Максименко О. С. Реформування житлово-комунального господарства України: орієнтація на енергозбереження. *Економіка і регіон*. 2015. № 1 (50). С. 43–49.
11. Industrial Revolution – From Industry 1.0 to Industry 4.0. Desoutter. URL: <https://www.desouttertools.com/industry-4-0/news/503/industrial-revolution-from-industry-1-0-to-industry-4-0>
12. Середньомісячна заробітна плата штатних працівників за видами економічної діяльності промисловості. Державна служба статистики України. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/>
13. Звіт про роботу Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сфері зв'язку та інформатизації за 2021 рік. Київ, 2022. 74 с. URL: https://nkrzi.gov.ua/images/upload/662/10077/Dodatok_do_rishennia_27_01.04.2022.pdf
14. Rutkowska Malgorzata, Sulich Adam. Green Jobs on the background of Industry 4.0. *Procedia Computer Science*. 2020. Vol. 176. doi.org/10.1016/j.procs.2020.09.132 URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050920320329?ref=pdf_download&fr=RR-2&rr=76e3cba38f78c1bc
15. European Power & Utilities Report Insights on key trends in the European Power & Utilities Industry. KPMG Global Energy Institute. 2021. Q4. URL: <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/xx/pdf/2022/06/european-power-utilities-report-q4-2021.pdf>
16. Industry 5.0: A Transformative Vision for Europe. European Commission. URL: https://research-and-innovation.ec.europa.eu/knowledge-publications-tools-and-data/publications/all-publications/industry-50-transformative-vision-europe_en
17. Khan SAR, Umar M., Asadov A., Tanveer M., Yu Z. Technological Revolution and Circular Economy Practices: A Mechanism of Green Economy. *Sustainability*. 2022. 14(8). P. 4524. doi.org/10.3390/su14084524
18. Черненко Н. О., Глущенко Я. І., Корогодова О.О., Моїсеєнко Т. Є. Темпорально-ретроспективний аналіз розвитку комунального сектора та використання енергетики в ньому. *Академічний огляд*. 2022. № 2 (57). С. 233–248. URL: <https://acadrev.duan.edu.ua/images/PDF/2022/2/19.pdf>
19. Корогодова О. О., Черненко Н. О., Глущенко Я. І., Моїсеєнко Т. Є. Ретроспектива заощадження у комунальному секторі окремих країн. *Економічний вісник НТУУ «Київський політехнічний інститут»*. 2022. № 23. С. 45–56. doi.org/10.20535/2307-5651.23.2022.264628
20. Корогодова О. О., Моїсеєнко Т. Є., Глущенко Я. І., Черненко Н. О. Вплив мегатенденцій на частку енергетики у комунальному секторі окремих країн. *Економічний вісник НТУУ «Київський політехнічний інститут»*. 2022. № 22. С. 28–34. doi.org/10.20535/2307-5651.22.2022.259796 URL: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/50565/1/EV-2022-22_p28-34.pdf
21. Черненко Н.О., Корогодова О.О., Моїсеєнко Т. Є., Глущенко Я.І. Вплив індустрії 4.0 на інвестиційну діяльність транснаціональних корпорацій. *Наукові горизонти*. 2020. Том 23. № 10. С. 68–78. doi.org/10.48077/scihor.23(10).2020.68-77 URL: <https://sciencehorizon.com.ua/uk/journals/tom-23-10-2020/vpliv-industriyi-4-0-na-ivnyestitsiyu-diyalnist-transnatsionalnikh-korporatsiy>
22. Юрчак Олександр. Про Індустрію 5.0 – чому це стає актуальним для України. *Industry4ukraine.net*. 23 жовтня 2022. URL: <https://www.industry4ukraine.net/publications/pro-industriyu-5-0-chomu-cze-staye-aktualnym-dlya-ukrayiny/>

References

1. Nillesen Paul, Pollitt Michael. New Business Models for Utilities to Meet the Challenge of the Energy Transition. *Future of Utilities Utilities of the Future*, 2016, chapter 15, p. 283-301. doi.org/10.1016/B978-0-12-804249-6.00015-4.
2. Shvab K. Chetverta promyslova revoliutsiia [Fourth industrial revolution]: monohrafiia: per. z anhliiskoi. M: Vydavnytstvo «E», 2017. 208 p.: monograph: per. from English. M: Vidavnitstvo “E”, 2017. 208 p.
3. Mario di Nardo, Haoxuan Yu. Industry 5.0: The Prelude to the Sixth Industrial Revolution. *Applied system innovation*, 2021, no. 4 (3), 45. doi.org/10.3390/asi4030045 10.3390/asi4030045.
4. Sanjay Mohapatra, Subhradeep Mohanty. Improving operational efficiency in utility sector through technology intervention. *International Journal of Enterprise Network Management*, 2017, no. 8(4), p. 291–316. doi.org/10.1504/IJENM.2017.088863
5. Kostetskiy V.V. Perspektyvy investytsiino-innovatsiynoho rozvytku zhytlovo-komunalnoho hospodarstva Ukrainy [Prospects of investment and innovation development of the housing and communal economy of Ukraine]. *Visnyk sotsialno-ekonomichnykh doslidzhen*, 2014, no. 2(53), p. 82-91. Available at: <https://core.ac.uk/download/pdf/147038553.pdf>
6. Lavryk V.V. Finansove zabezpechennia zhytlovo-komunalnoho hospodarstva terytorialnykh hromad v umovakh detsentralizatsii [Financial support of housing and communal services of territorial communities in the conditions of decentralization]: dyser. na kand.ekono. nauk. Sumy: Sumskiy derzhavnyi universytet, 2021, 247 p. Available at: https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/82703/5/diss_Lavryk.pdf
7. Solodovnik O. O., Dokunina K. I. Chynnyky, shcho vplyvaiut na protses formuvannia y realizatsii proqram enerhozberezhennia na pidpriemstvakh zhytlovo-komunalnoho hospodarstva [Factors influencing the process

of formation and implementation of energy saving programs at housing and communal enterprises]. *Biznes Inform*, 2015, no. 2, p. 82–87.

8. Priadko V. V., Hutsul Ya. V. Problemy investuvannia pidpriemstv zhytlovo-komunalnoho gospodarstva v umovakh minlyvoho seredovyshcha [Problems of investing in housing and communal enterprises in a changing environment]. *Visnyk Chernivetskoho torhovelno-ekonomichnoho instytutu. Ekonomichni nauky*, 2014, vol. 1, p. 289–297.

9. Pedchenko N. S., Kimurzhyi M. I. Adaptatsiia zarubizhnoho dosvidu upravlinnia potentsialom rozvytku pidpriemstv zhytlovo-komunalnoho sektora do ukraïnskoï praktyky [The Adaptation of Foreign Experience of Management of the Development Potential of Enterprises of Housing and Communal Sector to Ukrainian Practice]. *Biznes Inform*, 2018, no. 6, p. 59–68. Available at: https://www.business-inform.net/export_pdf/business-inform-2018-6_0-pages-59_68.pdf

10. Maksymenko O. S. Reformuvannia zhytlovo-komunalnoho gospodarstva Ukrainy: oriientatsiia na enerhozberezhennia [Reforming the housing and communal economy of Ukraine: focus on energy saving]. *Ekonomika i rehion*, 2015, no. 1 (50), p. 43–49.

11. Industrial Revolution – From Industry 1.0 to Industry 4.0. Desoutter. Available at: <https://www.desouttertools.com/industry-4-0/news/503/industrial-revolution-from-industry-1-0-to-industry-4-0>

12. Serednomisiachna zarobitna plata shtatnykh pratsivnykiv za vydamy ekonomichnoi diialnosti promyslovosti. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy. Available at: <https://www.ukrstat.gov.ua/>

13. Zvit pro robotu Natsionalnoi komisii, shcho zdiisniuie derzhavne rehuliuвання u sferi zviazku ta informatyzatsii za 2021 rik. Kyiv, 2022. 74 p. Available at: https://nkrzi.gov.ua/images/upload/662/10077/Dodatok_do_rishennia_27_01.04.2022.pdf

14. Rutkowska Malgorzata, Sulich Adam. Green Jobs on the background of Industry 4.0. *Procedia Computer Science*, 2020, vol. 176. doi.org/10.1016/j.procs.2020.09.132

15. European Power & Utilities Report Insights on key trends in the European Power & Utilities Industry. KPMG Global Energy Institute, 2021, Q4. Available at: <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/xx/pdf/2022/06/european-power-utilities-report-q4-2021.pdf> Available at:

16. Industry 5.0: A Transformative Vision for Europe. European Commission. Available at: https://research-and-innovation.ec.europa.eu/knowledge-publications-tools-and-data/publications/all-publications/industry-50-transformative-vision-europe_en

17. Khan SAR, Umar M., Asadov A., Tanveer M., Yu Z. Technological Revolution and Circular Economy Practices: A Mechanism of Green Economy. *Sustainability*, 2022, no. 14(8), p. 4524. doi.org/10.3390/su14084524

18. Chernenko N. O., Hlushchenko Ya. I., Korohodova O.O., Moiseienko T. Ye. Temporalno-retrospektyvnyi analiz rozvytku komunalnoho sektora ta vykorystannia enerhetyky v nomu [Temporal-retrospective analysis of the development of the utility sector and the use of energy in it]. *Akademichnyi ohliad*, 2022, no. 2 (57), p. 233–248.

19. Korohodova O. O., Chernenko N. O., Hlushchenko Ya. I., Moiseienko T. Ye. Retrospektyva zaoshchadzhennia u komunalnomu sektori okremykh krain [Retrospective savings in the utility sector of individual countries]. *Ekonomichni visnyk NTUU «Kyivskyi politekhnichnyi instytut»*, 2022, no. 23, p. 45–56. doi.org/10.20535/2307-5651.23.2022.264628

20. Korohodova O. O., Moiseienko T. Ye., Hlushchenko Ya. I., Chernenko N. O. Vplyv mehatendentsii na chastku enerhetyky u komunalnomu sektori okremykh krain [The impact of megatrends on the share of energy in the utility sector of individual countries]. *Ekonomichni visnyk NTUU «Kyivskyi politekhnichnyi instytut»*, 2022, no. 22. doi.org/10.20535/2307-5651.22.2022.259796

21. Chernenko N.O., Korohodova O.O., Moiseienko T. Ye., Hlushchenko Ya.I. Vplyv industrii 4.0 na investytsiinu diialnist transnatsionalnykh korporatsii [Influence of Industry 4.0 on the investment activities of Transnational corporations]. *Naukovi horyzonty*, 2020, vol. 23, no. 10, p. 68–78. doi.org/10.48077/scihor.23(10).2020.68-77

22. Yurchak Oleksandr. Pro Industriiu 5.0 – chomu tse staie aktualnym dlia Ukrainy. *Industry4ukraine.net*. 23 zhovtnia 2022. Available at: <https://www.industry4ukraine.net/publications/pro-industriyu-5-0-chomu-cze-staye-aktualnym-dlya-ukrayiny/>