

Корзаченко О.В.

кандидат економічних наук,
доцент кафедри системного аналізу та кібербезпеки
КНЕУ імені Вадима Гетьмана

Остапенко В.О.

Студентка 4 курсу спеціальності «Системний аналіз»
КНЕУ імені Вадима Гетьмана

Korzachenko O.V.

PhD, Associate Professor of Systems Analysis and Cybersecurity,
KNEU named after Vadym Hetman

Ostapenko V.O.

4th year student majoring in «System Analysis»,
KNEU named after Vadym Hetman

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ЕНЕРГЕТИЧНОГО СЕКТОРУ УКРАЇНИ: СУЧАСНИЙ СТАН, ПЕРСПЕКТИВИ ТА ВИКЛИКИ

AUTOMATION OF THE PROCESSES OF THE ENERGY SECTOR OF UKRAINE: CURRENT STATUS, PROSPECTS AND CHALLENGES

Анотація. Стаття присвячена дослідженню технологій автоматизації в енергетичному секторі. Обґрунтовано необхідність цифрових трансформацій для всіх учасників енергетичного ринку в контексті євроінтеграції та вразливостей внаслідок агресії. Проаналізовано особливості застосування сучасних ІТ для енергетики у різних сферах діяльності, тренди їх розвитку, переваги від імплементації та проблеми, з якими можуть зіштовхнутися енергетичні компанії під час цифрової трансформації. Дослідження фокусується на застосуванні рішень інтернету речей, хмарних обчислень, блокчейну, розумних мереж, штучного інтелекту, роботизованої автоматизації процесів. Основним внеском статті є характеристика процесів цифрової трансформації та автоматизації в українських енергетичних компаніях. Досліджено основні ІТ-рішення, які впровадили в свою діяльність ГК «Нафтогаз України», НЕГ «Укренерго», Група ДТЕК. Важливим фактом є те, що дані програмні продукти розробляються дочірніми ІТ-компаніями вагомих гравців енергетичного ринку країни. Виявлено проблеми, які уповільнюють процеси цифрової трансформації, та виклики, з якими треба боротися компаніям в енергетичному секторі України та надано рекомендації щодо пришвидшення процесу цифрової трансформації.

Ключові слова: енергетичний сектор України, автоматизація, цифрова трансформація, діджиталізація, інтернет речей, хмарні обчислення, блокчейн, розумні мережі, розумні контракти, штучний інтелект, роботизована автоматизація процесів.

Abstract. The article is devoted to the research of automation technologies in the energy sector. The need for digital transformations for all energy market participants in the context of European integration and vulnerabilities due to aggression is substantiated. The features of the use of modern IT for the energy industry in various spheres of activity, trends in their development, benefits from implementation and problems that energy companies may face during digital transformation are analyzed. Research focuses on the application of solutions of the Internet of Things, cloud computing, blockchain, smart networks, artificial intelligence, robotic process automation. The main contribution of the article is the description of the processes of digital transformation and automation in Ukrainian energy companies. The main IT solutions implemented in their activities by Naftogaz of Ukraine, NEG Ukrenergo, and DTEK Group were studied. An important fact is that these software products are developed by subsidiary IT companies of major players in the country's energy market. The problems that slow down the processes of digital transformation and the challenges that companies in the energy sector of Ukraine have to deal with have been identified, and recommendations have been made to speed up the process of digital transformation.

Keywords: energy sector of Ukraine, automation, digital transformation, digitization, Internet of Things, cloud computing, blockchain, smart networks, smart contracts, artificial intelligence, robotic process automation.

Постановка проблеми. У наш час цифрові трансформації торкнулися всіх сфер діяльності, енергетика не є виключенням, ставши одним із лідерів серед галузей промисловості із застосування ІТ-продуктів. Це обумовлено глобальною тенденцією в енергетиці розвинених країн, так званою концепцією 3Ds — декарбонізація, децентралізація та діджиталізація. Зараз Україні шукає шляхів для енергетичної безпеки, подолання наслідків ворожого вторгнення та сталого розвитку, є потреба відповідати викликам часу, тому надзвичайно важливо приділити особливу увагу питанням щодо визначення напрямів цифрової трансформації та автоматизації процесів, впровадження сучасних ІТ-рішень з метою забезпечення активного відновлення енергетичного сектору країни.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На дослідженні автоматизації процесів, ефектах від застосування ІТ в енергетичному секторі здебільшого фокусуються національні та міжнародні ІТ-компанії, які займаються розробкою та впровадженням відповідних галузевих рішень. Питання використання штучного інтелекту в енергетиці знайшли відображення в аналітичній доповіді Суходолі О.М., а концептуальні засади діджиталізації галузі в науковій роботі Пудичевої Г.О. Незважаючи на загальну зацікавленість науковців і дослідників цифровими трансформаціями, фрагментарний характер досліджень та відсутність комплексного підходу до визначених питань стримують широке розповсюдження ІТ в енергетичному секторі України.

Метою статті є дослідження особливостей, сфер застосування та проблем, які пов'язані з імплементацією сучасних інформаційних технологій в українську енергетику.

Виклад основного матеріалу дослідження. Тенденції цифрової трансформації в енергетиці почалися ще в 1970-х роках. Енергетичні підприємства першими застосували технології для полегшення управління та експлуатації мережі. Нафтогазові компанії використали технологічні інновації для покращення процесу прийняття рішень щодо розвідки та видобутку активів. Діджиталізація є корисним інструментом для боротьби зі зміною клімату або оптимізації процесів виробництва електроенергії для зменшення викидів і досягнення мети декарбонізації енергетичної моделі [17]. Автоматизація процесів дозволить вирішувати на якісно новому рівні завдання енергетичного сектору, які постійно ускладнюються, серед яких можна виділити контроль стану обладнання, його технічне обслуговування та ремонт. Також цифрова трансформація здатна мінімізувати значний обсяг рутинних операцій в компаніях енергетичного сектору [26]. Нові управлінські рішення, пов'язані з використанням цифрових технологій, сприятимуть зниженню операційних витрат для підприємств, підвищать надійність здійснення процесів постачання енергії, підвищать гнучкість управління підприємствами в енергетичній сфері та загалом сприятимуть підвищенню ефективності їх роботи [25].

Розробка IoT для енергетичного сектору. Інтернет речей (Internet of Things, IoT) — технологія, яка використовує Інтернет і спрямована на забезпечення зв'язку між фізичними пристроями або «речами» [9]. В енергетичному секторі IoT підтримує планування та управління моделями споживання енергії, що допомагає оптимізувати споживання енергії, підвищити загальну продуктивність, зменшити витрати та мінімізувати негативний вплив на навколишнє середовище [17]. В 2022 р. обсяг глобального IoT на енергетичному ринку оцінювався в 44,70 млрд дол. США, а до 2032 р. прогнозується його стрімке зростання до 133,3 млрд дол. США із загальним річним темпом зростання у 11,6% (рис. 1) [8].

Переваги використання технологій IoT в енергетичному секторі [1, 10, 17]:

1. Безперервний моніторинг і технічне обслуговування. Основні характеристики рішень IoT передбачають обмін, зберігання й аналіз даних, які збираються розумними датчиками IoT-пристроїв. В енергетичному IoT слід використовувати для відстеження системних показників у режимі реального часу. Це за-

безпечить своєчасний моніторинг стану системи, продуктивності виробництва енергії та стане підґрунтям для розумного управління енергією. Так, наприклад, інтелектуальні датчики можуть попередити про необхідність технічного обслуговування обладнання та навіть запланувати відповідний час для його проведення після аналізу даних про моделі споживання енергії, що дозволить запобігти незвичайним коливанням енергії та відключенням, оскільки система зможе забезпечити безперебійне постачання енергії.

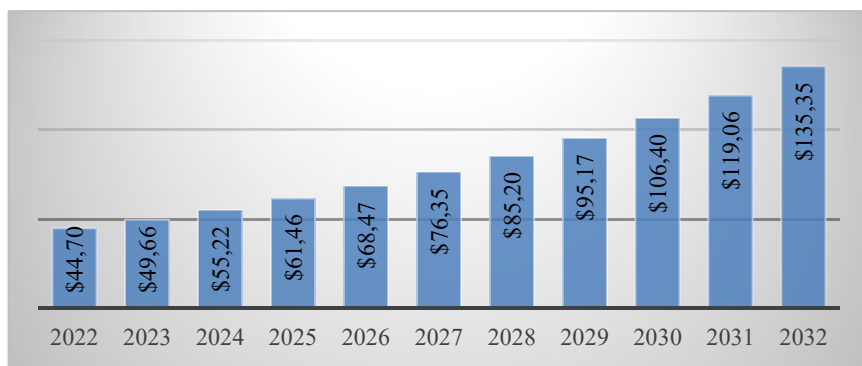


Рис. 1. Обсяг глобального IoT на енергетичному ринку у 2022-2032 рр. (млрд дол. США) [8].

2. Система розумних мереж (Smart Grid) для розподілу енергії. Слід зазначити, що класична мережева система може бути неефективною через нерівномірність виробництва енергії та попиту на неї, що, зазвичай, спричиняє надмірне навантаження на систему, коливання та дефіцит енергії. Однак, завдяки IoT операційні процеси від виробництва до розподілу енергії можуть стати швидкими і безпроблемними, а система Smart Grid може значно допомогти контролювати потік енергії, одночасно скорочуючи споживання енергії, що автоматично зменшить енергетичне навантаження на систему.

3. Оптимізація ресурсів. IoT в енергоменеджменті забезпечує автоматизацію виробництва, реалізації та розподілу енергії, що дозволяє керівникам енергетичних установок приймати збалансовані рішення, які можуть підвищити якість виробництва та споживання енергії, одночасно зменшуючи відходи, що в свою чергу зменшить витрати та скоротить викиди CO₂. На основі аналізу великого набору даних про роботу системи, які зберіга-

ються у хмарі, можна більш точно контролювати роботу енергетичних установок, а також оптимізувати процес планування виробництва енергії.

4. Полегшення використання відновлюваних запасів енергії. Використання технології та рішень IoT сприяє просуванню зеленої енергетики. Наприклад, система розумних електромереж може використовуватися для технічної підтримки при підключенні вітрових і сонячних електростанцій, а інтелектуальні датчики моніторингу, керовані IoT, допоможуть максимізувати використання потенціалу відновлювальних енергоресурсів.

5. Рішення IoT корисні для запобігання аваріям і катастрофам в енергетичному секторі через віддалене керування та оптимізацію процесу виробництва енергії. Наприклад, автоматизовані безпілотники можна використовувати для пошуку витоків газу, що може зменшити потребу в людських ресурсах та мінімізувати ризик для життя. Крім того, у разі відключення електроенергії інтелектуальна аналітична система може допомогти виявити проблему та забезпечити ефективний план і стратегію ремонту та відновлення. Інформація про стрибки у споживанні енергії допоможе вжити необхідних заходів для нейтралізації перевантаження та ефективного задоволення потреб.

6. Розумне місто та енергоспоживання. Впроваджуючи технологію IoT, місто може покращити інфраструктуру енергетичного сектору, розробляючи розумні рішення, пов'язані з енергетикою. Розумні сенсори IoT-рішень для міста (наприклад, розумні системи вуличного освітлення, розумні світлофори тощо) можуть збирати різні дані, що допоможе оптимізувати споживання енергії в усьому місті.

Незважаючи на низку незаперечних переваг, інтелектуальні енергетичні рішення мають певні недоліки. Безпека є загальною загрозою для всіх рішень IoT, оскільки API, які з'єднують пристрої в єдину мережу, можна використовувати як точку входу для цілеспрямованих атак. Використання IoT та інтеграція комунікаційних технологій в енергетичні системи посилює загрози та кібератаки на інформацію користувачів та енергетичні системи, починаючи від виробництва, передачі, розподілу та споживання. Під час підключення нової мережі IoT до існуючих систем, які часто покладаються на застарілі технології або використовують різні сенсорні технології та технології передачі даних, виникають проблеми інтеграції. Для обробки даних і зворотного зв'язку система має постійно функціонувати з мінімальною затримкою [9, 10].

Хмарні обчислення та енергетичний сектор. Хмарні обчислення включають сервери, сховища, бази даних, мережу та аналітику через Інтернет, зазвичай використовуються в управлінні виробництвом, розподілом і забезпеченням енергією [17]. За оцінками Accenture, майже 80% енергетичних компаній впроваджували хмарні сервіси, але міграція здебільшого стосується функціональних, а не основних бізнес-процесів. Осторога щодо можливостей високопродуктивних обчислень хмарних рішень для задоволення специфічного енергетичного попиту, регуляторні проблеми, спеціалізований характер систем IoT та інші проблеми традиційно залишили хмару як другорядний пріоритет ІТ-директорів. Звісно, помітний прогрес у технологіях і зростаюча увага постачальників хмарних послуг до створення пропозицій, пов'язаних із енергетикою, почали усувати ці бар'єри [14]. В 2022 р. обсяг технології хмарних обчислень на енергетичному ринку оцінювався в 1,1 млрд дол. США, а до 2032 р. очікується його зростання до 2,84 млрд дол. США із середньорічним темпом зростання у 10% (рис. 2) [5].

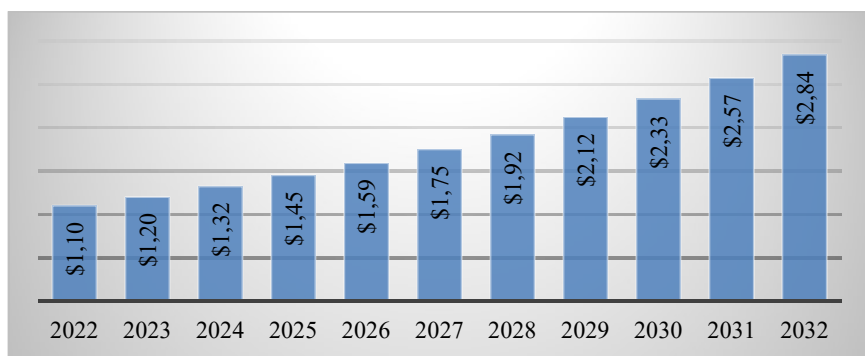


Рис. 2. Обсяг технології хмарних обчислень на глобальному енергетичному ринку у 2022-2032 рр. (млрд дол. США) [5].

Використання технології хмарних обчислень має такі переваги [5, 15]:

1. Управління даними та аналіз. Хмарні обчислення дозволяють ефективно зберігати, обробляти та аналізувати великі обсяги даних, створених енергетичним сектором, що може допомогти підвищити ефективність роботи, надаючи інформацію про продуктивність енергетичних систем у реальному часі.

2. Управління розумними мережами: хмарні обчислення дозволяють ефективно керувати та аналізувати дані з розумних мереж, що може допомогти підвищити надійність та ефективність електричної мережі.

3. Прогнозне технічне обслуговування. Використовуючи алгоритми машинного навчання на даних із сенсорних мереж, хмарні обчислення можуть допомогти передбачити, коли обладнання може вийти з ладу, дозволяючи планувати проактивне технічне обслуговування.

4. Інтеграція відновлюваної енергії. Хмару можна використовувати для прогнозування виробництва відновлюваних джерел енергії, таких як сонячна та вітрова енергія, що може допомогти покращити інтеграцію цих джерел у мережу.

5. Торгівля енергією. Хмарні платформи використовуються для полегшення торгівлі енергією між споживачами та виробниками, створюючи більш ефективний і прозорий ринок.

6. Управління енергією. Хмарні системи керування енергією дозволяють компаніям і домогосподарствам відстежувати та контролювати споживання енергії в режимі реального часу, що може допомогти зменшити витрати та підвищити енергоефективність.

7. Торгівля викидами вуглецю. Хмарні платформи можна використовувати для полегшення торгівлі викидами вуглецю між підприємствами та організаціями, що може допомогти зменшити викиди вуглекислого газу шляхом створення фінансових стимулів для компаній, щоб зменшити свій вуглецевий слід.

8. Автоматизація. Хмарні системи автоматизації можуть допомогти скоротити ручні процеси та підвищити ефективність енергетичних операцій шляхом автоматизації таких завдань, як зчитування лічильників, виставлення рахунків та аналіз даних.

9. Віддалений моніторинг. Хмарні обчислення дозволяють віддалено контролювати енергетичні системи та інфраструктуру, дозволяючи здійснювати моніторинг і контроль операцій у реальному часі, що може допомогти підвищити ефективність шляхом зменшення потреби у відвідуваннях на місці.

Незважаючи на широку зацікавленість підприємств енергетичного сектору хмарними технологіями, є певні ризики, які слід враховувати при імплементації відповідних рішень. Найбільші проблеми можуть викликати аспекти інформаційної безпеки. Необхідно переконатися, що саме програмне забезпечення SaaS є надійним, не містить вразливостей та розроблено відповідно до однієї з моделей процесу безпечної розробки програмного S-SDLC (Secure Software Development Life Cycle). Неправильне ви-

користання або неправильна конфігурація хмарних сервісів може призвести до того, що дані, що зберігаються в хмарі, і саме програмне забезпечення стануть об'єктом атак. Неправильна конфігурація ресурсів управління ідентифікацією та доступом може призвести до незаконного проникнення до всієї хмарної системи. Конфіденційні дані можна захистити за допомогою застосування концепції шифрування НУОК (Hold Your Own Key), за якої користувач хмари відповідає за створення, керування та безпечне зберігання ключів шифрування, а хмарні постачальники не мають доступу до них. Також слід керувати життєвим циклом екземплярів системи, вилучаючи старі та не залишаючи їх активними без жодного моніторингу [6, 14].

Енергетичний сектор і блокчейн. Блокчейн є різновидом бази даних, що складається з ланцюжка послідовних цифрових блоків, розподілених між різними вузлами в мережі Інтернет. Основне завдання цієї технології — забезпечити надійне зберігання даних та не допустити їх злому чи компрометації [3]. В 2022 р. обсяг блокчейн рішень на енергетичному ринку оцінювався в 0,66 млрд дол. США, а до 2032 р. очікується його зростання на 77,3% до 203,27 млрд дол. США (рис. 3) [4].

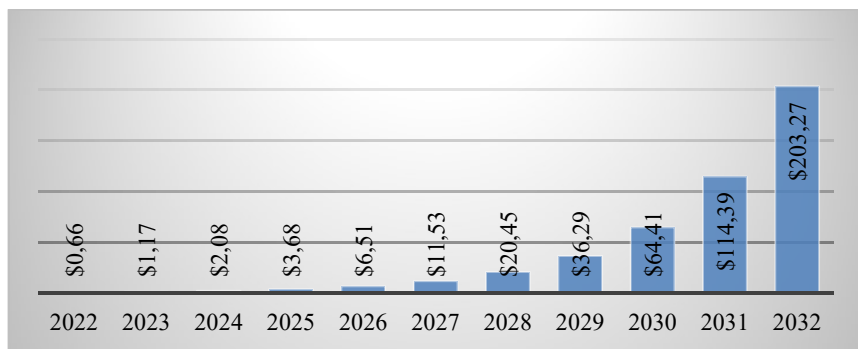


Рис. 3. Обсяг блокчейн рішень на глобальному енергетичному ринку у 2022-2032 рр. (млрд дол. США) [4].

Технологія блокчейн має потенціал для трансформації енергетичного ринку шляхом підвищення ефективності, прозорості та безпеки, а також створення більш стійкої та децентралізованої енергетичної системи [3, 4]:

1. Децентралізація. З використанням технології блокчейн учасники ринку всередині мережі можуть працювати без необхідно-

сті контролю з боку центрального органу. Контролюючи всі потоки електроенергії, які призначені для продажу та зберігання, блокчейн зможе збалансувати попит та пропозицію, а всю економічну сторону в такій моделі легко забезпечать смарт-контракти (програмовані та захищені криптографією програмні скрипти).

2. Оптимізація процесів. Енергетична галузь складається з безлічі складних мереж та ланцюжків поставок — від розвідки родовищ та видобутку ресурсів до переробки та транспортування. Блокчейн, завдяки своїй незмінності, здатний забезпечити довірчий та надійний зв'язок між усіма учасниками мережі, що призведе до прискорення процесів та підвищення ефективності всього сектора.

3. Безпека, прозорість та єдине джерело даних. Використання блокчейну та його механізмів хешування на ринку енергетики гарантує повну безпеку конфіденційних даних для всіх учасників мережі. Блокчейн може забезпечити максимальну прозорість серед усіх учасників мережі. Це досягається за допомогою механізму консенсусу, який унеможливорює внесення до реєстру даних з несанкціонованих джерел, а також захищає їх від зміни або видалення, а будь-яка інформація, що зберігається в ланцюжку, може бути легко перевірена будь-яким учасником мережі. Так блокчейн може допомогти у відстеженні права власності на сертифікати відновлювальної енергетики та їх передачі, потенційно збільшуючи їхню вартість та заохочуючи інвестиції в проєкти відновлюваної енергетики. Також блокчейн забезпечує впевненість кінцевих споживачів в якості ресурсів, що придбаються.

Використання AI в енергетиці. Визначення штучного інтелекту (Artificial Intelligence, AI) у законодавстві України міститься, зокрема, у схваленій Концепції розвитку штучного інтелекту в Україні, де AI це — організована сукупність інформаційних технологій, із застосуванням якої можливо виконувати складні комплексні завдання шляхом використання системи наукових методів досліджень і алгоритмів обробки інформації, отриманої або самостійно створеної під час роботи, а також створювати та використовувати власні бази знань, моделі прийняття рішень, алгоритми роботи з інформацією та визначати способи досягнення поставлених завдань [24]. Специфіка надання послуг енергозабезпечення, а саме необхідність обробки, в режимі реального часу, великих масивів інформації щодо обсягів споживання та виробництва енергії, стану обладнання, режимів роботи ліній електропередачі тощо відкриває шлях для застосування AI в енергетиці [27]. Розмір глобального AI у сфері відновлюваної енергії

оцінювався в 10 млрд дол. США в 2022 р. і очікується, що він сягне до 114,86 млрд дол. США у 2032 року із середньорічним темпом зростання у 27,70% (рис. 4) [2].

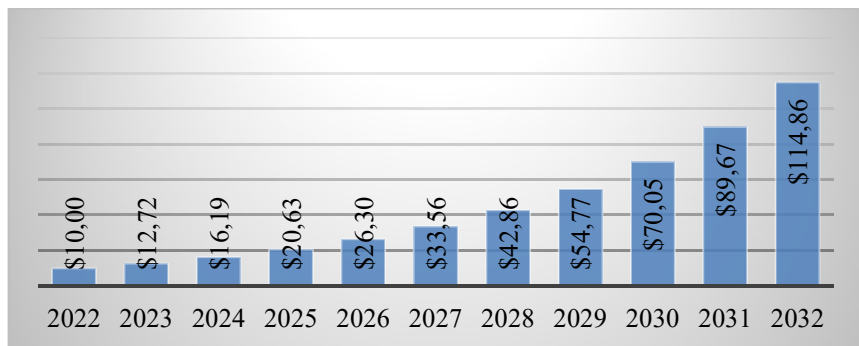


Рис. 4. Обсяг AI на глобальному ринку відновлювальної енергії у 2022-2032 рр. (млрд. дол. США) [2].

Використання технології AI має такі переваги [2, 13, 17, 24]:

1. Однією з головних переваг інтеграції AI в енергетичну галузь є оптимізація виробництва та розподілу енергії. Технології AI, такі як алгоритми машинного навчання, дозволяють аналізувати величезні набори даних, пов'язані з виробництвом енергії, моделями споживання та факторами навколишнього середовища. Цей підхід на основі даних дозволяє точніше прогнозувати попит на енергію, сприяючи ефективному плануванню та експлуатації електростанцій. Шляхом оптимізації графіків виробництва та розподільних мереж AI допомагає мінімізувати витрати енергії, що призводить до підвищення загальної ефективності.

2. AI відіграє ключову роль в еволюції розумних мереж, які використовують передові алгоритми AI для моніторингу та керування потоками електроенергії в режимі реального часу, забезпечуючи динамічну реакцію на зміни попиту та пропозиції. Ця адаптивність у реальному часі забезпечує більш стійку та надійну енергетичну інфраструктуру. Крім того, розумні електромережі сприяють інтеграції відновлюваних джерел енергії, ефективно врівноважуючи переривчастий характер таких джерел, як сонячна та вітрова енергія. Як наслідок, розумні електромережі на основі AI сприяють створенню більш стійкої енергетичної екосистеми.

3. Прогнозне технічне обслуговування є ще однією значною перевагою AI в енергетичному секторі. Завдяки аналізу даних да-

тчиків і показників продуктивності алгоритми штучного інтелекту можуть передбачати збої обладнання ще до їх виникнення. Цей проактивний підхід до технічного обслуговування допомагає запобігти неочікуваним простоям, зменшити витрати на ремонт і подовжити термін служби критичної інфраструктури. Оптимізуючи графіки технічного обслуговування на основі фактичного стану обладнання, AI підвищує ефективність роботи та мінімізує збої.

4. Внесок AI в енергоефективність поширюється на системи управління будівлями. У комерційних і промислових умовах системи на основі штучного інтелекту можуть оптимізувати споживання енергії, аналізуючи дані датчиків і налаштовуючи системи ОВК (опалення, вентиляції та кондиціонування повітря), освітлення та інші енергоємні компоненти. Цей інтелектуальний контроль не тільки знижує витрати на енергію, але й узгоджується з цілями сталого розвитку, зводячи до мінімуму непотрібне споживання енергії.

5. AI підвищує точність прогнозування попиту на енергію. Аналізуючи історичні дані та враховуючи різноманітні фактори впливу, такі як погодні умови та економічні показники, моделі штучного інтелекту можуть надавати більш точні прогнози майбутнього попиту на енергію. Ця можливість допомагає постачальникам енергії краще планувати та розподіляти ресурси, оптимізувати потужності виробництва та зберігання енергії для ефективного задоволення коливань попиту.

6. У сфері відновлюваної енергії штучний інтелект сприяє підвищенню ефективності сонячних і вітроенергетичних систем. Алгоритми AI можуть аналізувати погодні умови та історичні дані, щоб передбачити оптимальний час для виробництва енергії, що дозволяє краще використовувати відновлювані ресурси. Крім того, штучний інтелект допомагає оптимізувати розміщення сонячних панелей і вітряних турбін для отримання максимальної виробленої енергії. Ці досягнення не тільки підвищують загальну ефективність систем відновлюваної енергії, але й роблять їх більш економічно життєздатними.

Усунення перешкод на шляху розвитку AI в енергетиці матиме вирішальне значення для розкриття повного потенціалу технології та забезпечення побудови стійкої, ефективної та етичної енергетичної екосистеми [2, 13, 24]:

1. Однією з головних проблем є складність інтеграції AI в існуючу енергетичну інфраструктуру. Багато енергетичних систем, особливо в застарілих середовищах, працюють на різнома-

нітних і часто застарілих технологіях. Інтеграція AI в такі системи вимагає ретельного планування та може вимагати значних інвестицій в оновлення апаратного та програмного забезпечення. Забезпечення сумісності між рішеннями AI та існуючою інфраструктурою при мінімізації збоїв становить серйозну проблему для енергетичних компаній, які прагнуть використовувати переваги AI.

2. Управління даними та безпека є ще одним набором проблем для впровадження AI в енергетичному секторі. Алгоритми AI значною мірою покладаються на величезні обсяги даних для навчання та прийняття рішень. Енергетичні системи генерують величезний обсяг даних із датчиків, розумних лічильників та інших джерел. Ефективне керування та обробка цих даних є складним завданням. Крім того, забезпечення безпеки та конфіденційності конфіденційних енергетичних даних стає першорядним, особливо з огляду на критичний характер енергетичної інфраструктури. Ризик кіберзагроз і потенційних порушень потребує надійних заходів кібербезпеки для захисту від несанкціонованого доступу та маніпулювання даними.

3. Мінливість і непередбачуваність джерел енергії, особливо відновлюваної енергії, створює значні проблеми для додатків AI. Виробництво сонячної та вітрової енергії, наприклад, за своєю суттю є періодичним і залежить від погодних умов. Алгоритми AI повинні боротися з динамічною природою цих джерел енергії, щоб ефективно оптимізувати виробництво та розподіл. Розробка точних прогностичних моделей, що враховують коливання виробництва енергії з відновлюваних джерел, залишається серйозною проблемою, що впливає на надійність і стабільність енергетичних мереж.

4. Сумісність і стандартизація різних компонентів енергетичної екосистеми є додатковими перешкодами. Досягнення безперебійного зв'язку та сумісності між цими компонентами для створення цілісної енергетичної інфраструктури на основі AI — складне завдання, вирішити яке допоможе стандартизація протоколів та інтерфейсів.

5. Алгоритми штучного інтелекту навчаються на історичних даних, які можуть ненавмисно вбудовувати упередження, присутні в цих даних. В енергетичному секторі це може призвести до неправильного розподілу ресурсів.

RPA для енергетичного сектору. Роботизована автоматизація процесів (Robotic Process Automation, RPA) — це технологія автоматизації бізнес-процесів, яка заснована на використанні

програмних роботів (ботів) та AI. Відмінною і основною особливістю ботів RPA є можливість використання інтерфейсу для збору даних і управління додатками. Операційні сфери підприємств енергетичного сектору такі як управління активами, енергетичні системи, клієнтські та корпоративні операції, мають безліч процесів, які можуть бути автоматизовані, що надасть можливість скоротити бек-офіс, операційні витрати та витрати на технічне обслуговування. RPA в обслуговуванні клієнтів, вимірюваннях, білінгу, процесах procure-to-pay може забезпечити збільшення продуктивності працівників на 15%-25% [7]. RPA може успішно застосовуватися в різних сферах діяльності компаній енергетичного сектору, наприклад, (1) в проєктуванні та плануванні мереж, їх експлуатації та обслуговуванні; (2) в управлінні енергетичними системами (прогнозування навантаження, управління попитом, оптимізація накопичення енергії та диспетчеризація, самовідновлення тощо); (3) в торгівлі електроенергією; (4) для автоматизації корпоративних процесів (фінанси та бухгалтерський облік, закупівлі, управління трудовими ресурсами, управління постачальниками та ланцюжками поставок, управління скаргами тощо). Неможливо недооцінювати можливості RPA для клієнтського сервісу (табл. 1). Консалтингова компанія Ernst & Young розглядає RPA як одну з чотирьох базових цифрових технологій для енергетичного сектору майбутнього — поряд з блокчейном, Smart Grids та IoT [11].

Автоматизація в енергетичному секторі України. Значна кількість компаній глобального енергетичного ринку вже оцінили переваги та ефекти від застосування сучасних ІТ для автоматизації діяльності. Дослідимо досвід цифрових трансформацій національних енергетичних компаній.

Група ДТЕК розпочала свою програму цифрової трансформації бізнесу у 2019 р. в рамках проєктів від MODUS X, які передбачають впровадження інновацій та цифрових систем в усі виробничі та адміністративні процеси. Наразі цифрова трансформація охопила 11 напрямів діяльності компанії: шахта, ТЕС, мережі, логістика, HR, аналітика, родовище, закупівлі, офіс, клієнтський сервіс, ВДЕ [26].

Як зазначають фахівці ДТЕК головною метою їх цифрової трансформації поряд із оптимізацією витрат залишається підвищення надійності виробничих процесів та безпеки трудових ресурсів. Зазначається, що від впровадження ІТ компанія отримала більше 600 млн грн економічного ефекту [28].

Таблиця 1

**ЗАСТОСУВАННЯ RPA В КЛІЄНТСЬКОМУ СЕРВІСІ
КОМПАНІЙ ЕНЕРГЕТИЧНОГО СЕКТОРУ**

Бізнес-процес	Опис застосування RPA
Перевірка показань лічильника	За допомогою RPA можна автоматизувати перевірку показань лічильника, зменшуючи час, витрати та ймовірність помилок. Крім того, якщо виявлено помилку, бот негайно повідомить про це, що призведе до зменшення скарг від клієнтів і підвищення задоволеності рівнем сервісу.
Виправлення неправильних показань	RPA може виправити неправильні показання лічильника клієнта лише за кілька кроків
Виставлення рахунків і виписки	Автоматизуючи запити на оплату, RPA може легко керувати дебіторською заборгованістю, виправляти зайві витрати або просто обробляти платежі, допомагаючи компаніям енергетичного сектору будувати кращі відносини з клієнтами. Компанії можуть покращити аналітику продажів і управління даними, оскільки RPA також може автоматизувати створення звітів та виписок.
Налаштування нового облікового запису	Як технологія, заснована на правилах, RPA може пришвидшити відкриття облікового запису, зменшивши помилки, наприклад неправильну інформацію, надану клієнтом, або перевіривши всі умови для успішного створення облікового запису. Також RPA може автоматизувати налаштування облікового запису шляхом інтеграції з різними внутрішніми системами і отримання даних клієнтів із форм або електронних листів. RPA також може виконувати такі завдання, як скидання пароля та перевірка облікового запису.
Управління технічною підтримкою та покращення утримання	RPA може допомогти автоматично реєструвати, відстежувати та вирішувати багато стандартних клієнтських запитів (скарги клієнтів). RPA також може сприяти запобіганню відтоку споживачів, визначаючи закономірності, які можуть вказувати на ризик. Співробітники можуть використовувати цю інформацію для вжиття профілактичних заходів (пропонування знижок або надання персоналізованих послуг).

Джерело: розроблено автором на основі [7, 11, 12].

Слід зазначити, що для бізнесів Групи ДТЕК ІТ-компанія MODUS X розробила індустріальну IoT-платформу, яка є склад-

ним оркестром серверів та хмарних обчислювальних сервісів, що надійно об'єднує та обробляє дані електростанцій (ТЕС, СЕС, ВЕС). Рішення охоплює взаємодію із системами SCADA, збір та обробку масивів, реєстрацію даних у різних сховищах, передачу інформації до хмари, а також розгортання функціонального програмного забезпечення. Змінюючи спосіб виробництва енергії, ця система змінює весь енергетичний сектор для бізнесу та, зрештою, суспільства [18].

IoT-платформа трансформує електростанцію та вирішує складні завдання, а саме: (1) передбачаючи аварії та надзвичайні ситуації, платформа діє, як проактивний щит, запобігаючи потенційним проблемам на теплових і гідравлічних електростанціях; (2) платформа забезпечує інтегрований моніторинг сонячних і вітрових електростанцій, розкриваючи потенціал для ефективного управління та оптимізації їхньої роботи; (3) здатність платформи підтримувати стабільний баланс між джерелами зеленої енергії підвищує загальну ефективність виробництва електроенергії; (4) платформа надає якісні прогнози для виробництва електроенергії на сонячних та вітряних електростанціях, сприяючи стратегічному плануванню та сталому виробництву [18].

Для ДТЕК Мережі розробили проєкт «Діагностика мережі», який передбачає, що моніторинг мереж (в компанії їх більше 183 км.) проводиться за допомогою дронів, які укомплектовані тепловізорами. Деякі проєкти окупили себе вже за перші місяці після впровадження, наприклад проєкти з логістики. Моделі оптимізації логістики дають можливість ефективніше транспортувати вугілля з шахт. Завдяки чому, за перші 10 місяців роботи було зекономлено майже 1,5% від загального бюджету витрат на перевезення вугілля. Менш ніж за рік модель окупила себе вже 5 разів. Розроблена нейронна мережа-підказник машиністу найкращих та оптимальних параметрів роботи енергоблоків електростанцій, принесла вже близько 400 млн грн ефекту. Предиктивна аналітика поломок на ТЕС запобігла можливим аваріям з ймовірними збитками до 10 млн грн [26, 28].

17 серпня 2023 року в Academy DTEK відбулося офіційне відкриття проєкту з автоматизації HR-процесів: найму, адаптації, щорічної оцінки діяльності співробітників, навчання, управління талантами та комунікаціями [22].

У 2023 році успішно реалізований проєкт по переходу ДТЕК Одеські електромережі на нову білінгову систему SAP IS-U та систему взаємовідносин з клієнтами SAP CRM. Це дозволило перейти на новий рівень у наданні послуг для побутових та юриди-

чних клієнтів ОСР. У 2024 році планується розпочати впровадження SAP IS-U/CRM в ДТЕК Київські регіональні електромережі. Окрім Одещини, цей проєкт вже працює в Києві, на Дніпропетровщині та частково на Донеччині [19].

Міністерство енергетики запускає цифрову платформу AidEnergy для ефективного залучення та використання міжнародної гуманітарної допомоги. Платформа забезпечує автоматизацію процесів відбору та розподілу, підвищує прозорість і дає змогу оптимізувати комунікацію з донорами, а також забезпечити гнучку взаємодію з усіма підприємствами паливно-енергетичного комплексу, які постраждали від ворожих атак [20].

Дочірня компанія НЕК «Укренерго» Ukrenero Digital Solutions реалізує низку інноваційних ІТ-проєктів для прискорення цифрової трансформації енергетичної галузі України, серед них:

1. Система з обміну даними між учасниками енергетичного ринку України «DataHub», яка збирає, зберігає й аналізує дані комерційного обліку з кожного лічильника в країні. Система може прогнозувати, яким буде споживання за кожним лічильником у майбутньому; передавати обленерго дані для виставлення рахунків споживачам на основі прогнозів їх погодинного споживання.

2. «Аукціонна платформа» для розподілу доступної пропускної спроможності міждержавних електричних мереж України між компаніями імпортерами/експортерами електроенергії. До функцій платформи входить збір пропозицій від учасників аукціону, їх ранжир, формування результатів, забезпечення обліку фінансових зобов'язань компаній, формування інвойсів, розрахунок величину відшкодування для учасників аукціонів тощо. Ця платформа необхідна для проведення спільних аукціонів з суміжними країнами членами Європейського Союзу.

3. «Сварог» — система верифікації ресурсних графіків, яка допоможе контролювати балансуючий ринок та аналізувати потенційні можливості учасників ринку [16].

Для компаній Групи Нафтогаз послуги з інформаційного консультування, розробки програмних продуктів та централізованого надання інформаційно-технологічних сервісів надає ІТ-компанія ТОВ «Нафтогаз Цифрові Технології» — перший в держсекторі внутрішній сервісний ІТ центр.

Нафтогаз став першою компанією в Україні, яка перейшла на використання спеціалізованого хмарного сервісу, у 2021 р. вони перемістили фізичні та віртуальні сервери центрального офісу

Нафтогазу до приватної хмари PRO Cloud. Серед множини проєктів з автоматизації бізнес-процесів, на особливу увагу заслуговує створення екосистеми ETRM — проєкт торгівлі енергоносіями та управління ризиками (Energy Trading & Risk Management), який пришвидшує ухвалення комерційних рішень за допомогою формування єдиної бази контрагентів, контрактів та угод і обміну даними у реальному часі між функціями front, middle та back-офісів, а також безпеки, комплаєнсу, ризик-менеджменту та фінансового контролю. Це допомагає підвищити ефективність, прозорість та контроль операцій з торгівлі газом, а також покращити управління комерційними ризиками і якість управлінських рішень [21].

Висновки. Для трансформації енергетичного сектору України в контексті підвищення прозорості та безпеки діяльності суб'єктів ринку особливе значення має технологія блокчейну. Вона реалізує можливість створення більш ефективних і надійних систем для відстеження виробництва та споживання енергії, що може допомогти зменшити відходи та забезпечити виробництво енергії з відновлюваних джерел, а також зможе підвищити надійність торгівлі енергією та виставлення рахунків, полегшуючи споживачам розуміння їхнього енергоспоживання та витрат. Також українським компаніям слід звернути увагу на токенизацію активів, розробку децентралізованих платформ для торгівлі енергією та вивчення потенціалу вуглецевих кредитів на основі блокчейну.

Особливу увагу слід звернути увагу на імплементацію механізмів смарт-контрактів на нерегульованих ринках. На шляху до цього в країні необхідно сформувати відповідну технологічну базу (сонячні панелі, вітрові установки тощо), тоді кінцеві споживачі зможуть використовувати блокчейн для власних цілей, встановлюючи взаємовигідні технологічні стратегії та фінансові механізми. Також недостатньо сформоване правове регулювання та невизначений юридичний статус всієї крипто-індустрії стає на заваді повноцінної реалізації проєктів, які засновані на смарт-контрактах.

Слід зазначити, що для повноцінного поширення ІТ в українській енергетиці потрібна систематизована та оцифрована інформація. Розрізненість та неактуальність статистичних даних енергетичного сектору стає на заваді розвитку наукомістких досліджень та реалізації технологічних проєктів. Тому, є необхідність у формуванні уніфікованих актуальних даних, до яких можна отримати доступ з одного джерела або через API.

Важливим для України є забезпечення кібербезпеки об'єктів критичної інфраструктури, зокрема, енергетичного сектору. Так оцифрована та взаємопов'язана технологія тисяч активів відновлюваної енергетики та енергетичних мереж представляє значні і зростаючі вразливості до проникнення.

Вочевидь, в найближчому майбутньому для України пріоритетним буде відновлення енергетичної інфраструктури, впровадження ІТ-проектів, які націлені на кібербезпеку, забезпечення функцій постійного моніторингу та контролю за мережею. ІТ, на жаль, має дочекатися коли відбудеться остаточне формування післявоєнного енергетичного сектору України. Однак, згодом, в контексті євроінтеграційних процесів, Україна має завершити процес реформування енергетичного сектору й створення лібералізований ринок, адаптуючи законодавство до європейських норм. Застосування новітніх енергетичних цифрових технологій потребують законодавчого стимулювання, необхідно забезпечити розробку відповідного нормативно-правового та технічного забезпечення для розвитку розумних мереж, технологій, що вимагають використання AI, IoT тощо.

Бібліографічні посилання

1. 6 Ways IoT can Enhance the Efficiency of the Energy Sector. URL: <https://www.conurets.com/6-ways-iot-can-enhance-the-efficiency-of-the-energy-sector/>

2. Artificial Intelligence (AI) in Renewable Energy Market — Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends, Regional Outlook, and Forecast 2023-2032. URL: <https://www.precedenceresearch.com/artificial-intelligence-in-renewable-energy-market>

3. Avada Media. Блокчейн-технології. Впровадження технології блокчейн у сферу енергетики. URL: <https://avada-media.ua/ua/services/vnedreniye-tekhnologii-blokcheyn-v-sferu-energetiki/>

4. Blockchain in Energy Market — Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends, Regional Outlook, and Forecast 2023-2032. URL: <https://www.precedenceresearch.com/blockchain-in-energy-market>

5. Cloud Computing in Energy Market — Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends, Regional Outlook, and Forecast 2023-2032. URL: <https://www.precedenceresearch.com/cloud-computing-in-energy-market>

6. How cloud computing is transforming the renewable energy industry. URL: <https://ratedpower.com/blog/cloud-computing-renewable/>

7. IBM Energy & Utilities. Automation in the Energy and Utilities industry. URL: <https://www.ibm.com/downloads/cas/ZQ2PJOWA>

8. Internet of Things (IoT) in Energy Market — Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends, Regional Outlook, and Forecast 2023-2032. URL: <https://www.precedenceresearch.com/internet-of-things-in-energy-market>

9. Naser Hossein Motlagh, Mahsa Mohammadrezaei and Julian Hunt and Behnam Zakeri. Internet of Things (IoT) and the Energy Sector. Energies 2020, 13, 494. https://www.researchgate.net/publication/338684011_Internet_of_Things_IoT_and_the_Energy_Sector

10. Rishi Shivhare. Study of IoT in Energy Industry. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET). 2019. Volume 06. Issue 12. 1299-1302 pp. <https://www.irjet.net/archives/V6/i12/IRJET-V6I12223.pdf>

11. Robotic Process Automation in Energy Utilities Industry. URL: <https://www.crmt.com/resources/blog/robotic-process-automation-in-energy-utilities-industry/>

12. Robotic Process Automation (RPA) is Changing the Energy and Utilities Market. URL: <https://qbotica.com/blog/robotic-process-automationrpais-changing-the-energy-and-utilities-market/>

13. Tara Energy. AI in Energy: Advantages, Challenges, and Innovations. URL: <https://taraenergy.com/blog/ai-in-energy-advantages-challenges-and-innovations/#:~:text=One%20of%20the%20primary%20advantages,consumption%20patterns%2C%20and%20environmental%20factors>

14. The cloud imperative for the energy industry. URL: <https://www.accenture.com/content/dam/accenture/final/a-com-migration/r3-3/pdf/pdf135/accenture-the-cloud-imperative-for-the-energy-industry.pdf>

15. Transforming the Energy Landscape and Opening Up a World of Endless Innovative Possibilities in 2023! URL: <https://www.datadynamicsinc.com/quick-bytes-transforming-the-energy-landscape-and-opening-up-a-world-of-possibilities-in-2023/>

16. Ukrenero Digital Solutions. Наші проекти. URL: <https://uds.energy/projects>

17. Yadoshchuk Viktoriia. Digital transformation in the energy industry: overview and tips. URL: <https://waverleysoftware.com/blog/digital-transformation-in-the-energy-industry/>

18. ДТЕК. Інтернет речей в енергетиці: як працює IoT-платформа ДТЕК. URL: <https://dtek.com/media-center/news/internet-rechey-v-energetitsi-yak-pratsyue-iiot-platforma-dtek/>

19. ДТЕК. Цифрова трансформація оператора системи розподілу: що очікує клієнтів? Кейс MODUS X для ДТЕК Одеські електромережі. URL: <https://dtek.com/media-center/news/digital-transformation-of-the-distribution-system-operator-what-is-expected-the-modus-x-case-for-dtek-odesa-grids/>

20. Міненерго має намір залучати і розподіляти міжнародну допомогу з обладнанням через цифрову платформу AidEnergy. URL: <https://interfax.com.ua/news/economic/900426.html>

21. Нафтогаз Цифрові Технології. Перший внутрішній сервісний ІТ-центр у державному секторі України. URL: <https://www.naftogaz.com/digital-technology#:~:text=%D0%A2%D0%9E%D0%92%20%C2%AB%D0%9D%D0%B0%D1%84%D1%82%D0%BE%D0%B3%D0%B0%D0%B7%20%D0%A6%D0%B8%D1%84%D1%80%D0%BE%D0%B2%D1%96%20%D0%A2%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%97%C2%BB%20%E2%80%93%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%BB%D0%B8%2021%20%D1%87%D0%B5%D1%80%D0%B2%D0%BD%D1%8F%202018%20%D1%80%D0%BE%D0%BA%D1%83>
22. Нові горизонти: як українська енергетика використовує цифрові технології. URL: <https://dtek.com/media-center/news/skachok-tsivilizatsii-kak-tsifrovye-tehnologii-menyayut-energeticheskuyu-otrasl-ukrainy/>
23. Огляд енергетичного сектору України: інституції, управління та політичні засади. URL: <https://www.oecd.org/eurasia/competitiveness-programme/eastern-partners/Monitoring-the-energy-strategy-Ukraine-2035-UKR.pdf>
24. Про схвалення Концепції розвитку штучного інтелекту в Україні: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 02.12.2020. № 1556-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-2020-%D1%80#Text>
25. Пудичева Г.О. Декарбонізація, децентралізація та діджиталізація — ключові фактори сучасної енергетики. Причорноморські економічні студії. Економіка та управління підприємствами. Вип. 71, 2021. С. 117-122 http://bses.in.ua/journals/2021/71_2021/20.pdf
26. Сердюк К. ІТ-спеціалісти в енергетиці України: хто вони і чим займаються? URL: https://innovation.24tv.ua/it-spetsialisti-energetitsi-ukrayini-hto-voni-chim-zaumayutsya_n1423874
27. Суходоля О.М. Штучний інтелект в енергетиці: аналіт. доповідь. К. НІСД, 2022. 49 с. URL: <https://doi.org/10.53679/NISS-analytrep.2022.09>
28. Що дає цифрова трансформація в енергетиці? Досвід та результати ДТЕК. URL: <https://dtek.com/media-center/news/chto-daet-tsifrovaya-transformatsiya-v-energetike-opyt-i-rezultaty-dte/>

Статтю подано до редакції: 15.11.2023