

Н.П. Кириленко, асистент

Шамрай В.І., к.т.н., доц.

Державний університет «Житомирська політехніка»

ІОТ ДЛЯ СТАЛОГО ГІРНИЦТВА: ПЕРСПЕКТИВИ ІНТЕГРАЦІЇ В ЄС ТА УКРАЇНІ

Корисні копалини є надважливими для економіки Європи, формуючи міцну промислову базу, що підтримує виробництво товарів та технологій, необхідних для сучасного життя. Забезпечення надійного доступу до критично важливої сировини стає дедалі актуальнішим як у межах ЄС, так і на глобальному рівні, оскільки технологічний прогрес та якість життя залежать від дедалі ширшого спектра природних ресурсів. Гірничодобувна галузь стикається з численними викликами, включаючи необхідність підвищення ефективності, зниження витрат, покращення безпеки праці та мінімізацію впливу на навколишнє середовище. Для досягнення цих цілей гірничі компанії все частіше впроваджують інноваційні технології, особливо системи промислового управління на основі Інтернету речей (ІоТ).

ЄС надає особливого значення захисту довкілля та безпеці праці, і технології ІоТ мають значний потенціал для досягнення цих пріоритетів. Різні європейські ініціативи та державні програми підтримують впровадження цифрових технологій для сприяння сталому розвитку промисловості. У даній роботі досліджується застосування ІоТ у гірничій галузі, аналізуються його переваги, виклики та перспективи в межах ЄС та України. Робота підкреслює необхідність міждисциплінарної співпраці у сферах бізнесу, цифрових технологій та гірництва відповідно до підходів ЄС.

Інтернет речей (ІоТ) – це концепція мережі фізичних об'єктів із вбудованими датчиками, програмним забезпеченням та іншими технологіями для збору і передачі даних через Інтернет або інші мережі. Завдяки ІоТ ці «речі» можуть взаємодіяти одна з одною та з навколишнім середовищем тим самим автоматизуючи процеси, підвищуючи ефективність і відкриваючи нові можливості для аналізу та контролю виробництва.

ІоТ включає декілька основних компонентів, що забезпечують ефективну інтеграцію технологій у гірничодобувну промисловість. Перш за все, це *фізичні пристрої* – видобувне обладнання та кар'єрний транспорт, оснащені датчиками. Ці датчики збирають дані про робочі умови (споживання палива, температуру, тиск, вібрації) для наступного їх аналізу та оптимізації виробництва. *Протоколи зв'язку та мережеві технології* (Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, мобільні мережі 3G, 4G, 5G), забезпечують надійну передачу даних у режимі реального часу, забезпечуючи безперебійне виробництво. *Хмарні платформи* (такі як AWS, Microsoft Azure та Google Cloud) використовуються для збору та обробки великих обсягів даних з пристроїв ІоТ, що дає можливість застосовувати машинне навчання для оптимізації виробничих процесів. *Аналітика даних та користувацькі інтерфейси* відіграють важливу роль у прийнятті управлінських рішень. Технології великих даних (Big Data) і машинного навчання (Machine Learning) можуть допомогти виявити потенційні проблеми, передбачити інциденти та швидко реагувати на зміни в роботі обладнання. Технологія периферійних обчислень (Edge Computing) дозволяє обробляти дані безпосередньо в точці збору, зводячи до мінімуму затримки та простої, забезпечуючи безпеку гірничодобувних робіт.

Кібербезпека є невід'ємною частиною інфраструктури ІоТ. Вона забезпечує захист даних, таких як шифрування, автентифікація користувачів та запобігання несанкціонованому доступу, що є важливим для підтримання стабільності операцій та захисту конфіденційних даних. *Інтеграція зі штучним інтелектом* (ШІ) підвищує ефективність використання даних ІоТ, автоматизує процеси прийняття рішень і покращує взаємодію між «розумними» пристроями. Це сприяє більш точному прогнозуванню та підвищенню продуктивності обладнання. Останнім важливим компонентом є *управління пристроями та їх інтеграція*. Спеціалізовані платформи, такі як IBM Watson IoT і Cisco IoT, дозволяють одночасно керувати великою кількістю пристроїв, оновлювати програмне забезпечення, налаштовувати параметри та відстежувати стан обладнання в режимі реального часу. Це забезпечує ефективне управління виробничим процесом і дозволяє швидко реагувати на зміни умов праці.

Переваги впровадження ІоТ в гірничодобувній промисловості

Дані з галузевих звітів та тематичних досліджень свідчать, що впровадження ІоТ у гірничій промисловості приносить значні позитивні зміни. Використання автономних бурових установок та екскаваторів на основі ІоТ сприяє значній *автоматизації*, зменшуючи втручання людини у небезпечних умовах і підвищуючи рівень безпеки працівників. Крім того, *оптимізація видобутку* завдяки ІоТ включає збір даних про роботу обладнання, стан підприємств і витрати ресурсів, що дозволяє автоматично коригувати процеси для підвищення ефективності. Наприклад, *оптимізація транспортних операцій*, які становлять 40–65 % від загальних витрат на виробництво, дозволяє скоротити споживання палива (середній кар'єр блочного каменю використовує близько 400 літрів на день або 100000 літрів на рік) та знизити викиди парникових газів. Наприклад, каменедобувна галузь України щорічно викидає близько

66750 тон CO₂, що становить 18,2 % викидів гірничого сектору. Крім того, така оптимізація сприятиме зниженню загальних операційних витрат. IoT дозволяє *прогнозувати* виробничі процеси завдяки аналітиці великих обсягів даних для своєчасного обслуговування обладнання. Такий підхід допомагає запобігти аваріям і мінімізувати простой.

Крім того технології IoT підвищують *безпеку праці* завдяки постійному моніторингу умов на кар'єрах, включаючи викиди газів, температуру та якість повітря. При виявленні небезпечних показників система автоматично надсилає сповіщення для оперативної евакуації працівників або вжиття інших безпекових заходів. IoT також підтримує відстеження місцезнаходження працівників у робочих зонах, що прискорює реагування у надзвичайних ситуаціях.

Що стосується світового досвіду інтеграції IoT у гірничодобувну промисловість, то дана технологія стає дедалі більш популярною серед провідних видобувних компаній світу. Згідно зі звітом GlobalData за 2023 рік, випадки впровадження IoT демонструють значні переваги для компаній. Наприклад, BHP (Австралія, Чилі) з 2017 року використовує самохідні автосамоскиди та пристрої для моніторингу показників здоров'я водіїв під час роботи, допомагаючи знижувати кількість аварій, пов'язаних із втомлюванню працівників. У 2022 році компанія почала використовувати автономні бурові установки на руднику Спенс. Rio Tinto (Великобританія, Індія, Австралія) використовує автоматизовану платформу для інтеграції даних з різних автономних пристроїв, яка робить можливим прогнозувати несправності обладнання та зменшувати час простоїв. Vale (Бразилія, Канада) впроваджує IoT з 2016 року, використовуючи автономні вантажівки та безпілотні літальні апарати для моніторингу та підвищення рівня безпеки робіт.

У Швеції компанія Boliden використовує IoT для моніторингу кар'єрного обладнання, такого як самохідні вантажівки та колісні навантажувачі, що дає змогу своєчасно виявляти знос та несправності вузлів, підвищуючи загальну продуктивність до 80 %. Компанія також використовує IoT для управління водними ресурсами та моніторингу стану навколишнього середовища в межах підприємств.

Що стосується України, то одним з небагатьох відомих прикладів впровадження IoT є компанія Ferrhexro, яка у співпраці з Vodafone Ukraine створила приватну мережу e-LTE для автоматизації гірничого виробництва на базі Полтавського ГЗК. Це рішення дозволило мінімізувати присутність персоналу у вибухонебезпечних зонах, що знизило експлуатаційні витрати та підвищило безпеку праці. Крім того, з 2017 року напівавтономні бурові установки та БПЛА використовуються для підвищення стандартів безпеки в кар'єрах. Ferrhexro також планує автоматизувати всі 12 вантажівок CAT793D і впровадити повністю автономні бурові установки в поєднання з системами підтримки електротранспорту для зниження витрат дизельного палива.

Незважаючи на переваги, впровадження IoT у гірничодобувну промисловість відбувається досить повільно і стикається з певними викликами. Основні технічні перешкоди включають застарілу інфраструктуру, обладнання та обмежене покриття мережами, що ускладнює інтеграцію сучасних технологій. Інтеграція IoT зазвичай вимагає значного переобладнання або навіть повної заміни обладнання зі значними капіталовкладеннями. Для невеликих кар'єрів витрати на придбання обладнання для реалізації рішень на основі IoT, встановлення, навчання персоналу та подальше обслуговування такої системи є серйозним фінансовим тягарем. Крім того, інтеграція IoT несе додаткові ризики з точки зору захисту даних від потенційних кіберзагроз та стабільності операцій. Вирішення цих проблем вимагає комплексного підходу, включаючи державну підтримку та залучення інвесторів, що допоможе забезпечити ефективну цифрову трансформацію гірничодобувної промисловості. Прикладом успіху у вирішенні таких проблем є проєкт «розумного кар'єру» Ferrhexro, який демонструє потенціал для України у підвищенні ефективності та безпеки навіть в умовах економічних труднощів.

Таким чином, впровадження технологій IoT у гірничодобувну промисловість України є важливим кроком на шляху до досягнення Цілей сталого розвитку. Цифрова трансформація галузі є важливою для підвищення конкурентоспроможності та довіри до українських підприємств на світовій арені, особливо в контексті європейської інтеграції та виконання вимог Угоди про асоціацію між Україною та ЄС.

Подальші дослідження та міжнародні інноваційні проєкти мають бути спрямовані на *розробку передових технологій для видобутку корисних копалин* з особливим акцентом на автоматизацію та використання автономних систем для підвищення безпеки праці. Подальше *впровадження IoT для моніторингу виробничих і екологічних показників* дозволить скоротити викиди парникових газів, оптимізує використання ресурсів та підвищить енергоефективність виробництва. Ці заходи відповідають європейським пріоритетам розвитку усіх видів промисловості та сприятимуть спільному досягненню кліматичних цілей ЄС.

Спільні європейсько-українські проєкти повинні охоплювати використання ШІ, платформ великих даних та аналітики для оптимізації процесів і прийняття рішень на основі цих даних. Реалізація таких заходів не тільки сприятиме економічному зростанню і сталому розвитку України, а й дозволить їй повноцінно інтегруватися в європейський простір шляхом впровадження європейських стандартів і передових технологій. Це також посилить міжнародну співпрацю, зміцнивши позиції України на світовому ринку та сприяючи її участі у розвитку європейської «зеленої» економіки.