

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Навчально науковий інститут комп'ютерних наук та управління проєктами

Кафедра управління проєктами

«Допущений до захисту»

Завідувач кафедри

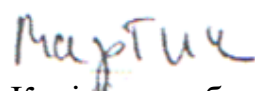
 Чернов С.К.

«09» грудня 2025р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

на тему: Управління проєктами з удосконалення процесів, спрямованих на зменшення екологічного впливу обладнання для майнінгу криптовалют

Виконав: студент 6173м групи

 Мартіч М.О.

Керівник роботи: к.т.н., проф.

 Літвак С.М.

Миколаїв – 2025 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Навчально науковий інститут комп'ютерних наук та управління проєктами

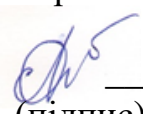
Кафедра управління проєктами

Спеціальність 101 Екологія

Освітня програма «Управління екологічними проєктами»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Гарант освітньої програми

 Літвак О.А.
(підпис)

« 09 » грудня 2025 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

Студенту Мартичу Максиму Олександровичу

1. Тема роботи: Управління проєктами з удосконалення процесів, спрямованих на зменшення екологічного впливу обладнання для майнінгу криптовалют

Керівник роботи к.т.н., професор Літвак С.М.

Затверджені наказом ректора № 1227-уч. від «04» грудня 2025 року

2. Термін подання роботи: до 09.12.2025р.

3. Вихідні дані по роботі: фахова література, довідники з управління проєктами, матеріали конференцій, репозитарій університету

4. Перелік питань, що належать до розробки (найменування розділів)

Розділ 1. Теоретичні та методологічні основи управління екологічними проєктами та екологічних аспектів майнінгу

Розділ 2. Аналіз поточного стану майнінгових процесів та визначення проблем

Розділ 3. Розроблення проєкту з вдосконалення процесів та зменшення екологічного впливу

Розділ 4. Розробка та проєктування екологічного проєкту

Розділ 5. Охорона праці

5. Перелік презентаційних матеріалів виконаний в програмі Power Point

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 5. Охорона праці	Мозговий А.М., доцент		

7. Дата видачі завдання 16.09.2025р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Вивчення літературних джерел з предмету дослідження	Вересень 2025	виконано
2	Складання розгорнутого плану магістерської роботи та ознайомлення керівника з планом кваліфікаційної роботи	Вересень 2025	виконано
3	Написання розділу 1	Вересень 2025	виконано
4	Написання розділу 2	Жовтень 2025	виконано
5	Написання розділу 3	Листопад 2025	виконано
5	Написання розділу 4	Листопад 2025	виконано
6	Написання розділу 5	Листопад 2025	виконано
7	Оформлення магістерської роботи	Грудень 2025	виконано
8	Передача магістерської роботи рецензенту для рецензування	Грудень 2025	виконано
9	Передача магістерської роботи науковому керівникові для написання відгуку	Грудень 2025	виконано
10	Попередній захист магістерської роботи	09.12.2025	виконано
11	Захист магістерської роботи	23.12.2025	виконано

Студент

Мартич

(підпис)

М.О.Мартич

Керівник роботи

С.М.Літвак

(підпис)

С.М.Літвак

АНОТАЦІЯ

Мартич М.О. «Управління проєктами з удосконалення процесів, спрямованих на зменшення екологічного впливу обладнання для майнінгу криптовалют» - На правах рукопису. Кваліфікаційна робота за спеціальністю 101-Екологія, освітня програма - Управління екологічними проєктами. Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова. Миколаїв, 2025.

Метою магістерської роботи є дослідження теоретико-методичних засад та практичних рекомендацій щодо управління проєктами з удосконалення процесів, спрямованих на зменшення екологічного впливу майнінгового обладнання. Об'єктом дослідження є процеси управління проєктами, спрямованими на зменшення екологічного впливу майнінгового обладнання. Предметом дослідження є методи, моделі, технології та управлінські інструменти, які забезпечують удосконалення процесів та зниження екологічного навантаження майнінгових систем.

Наукова новизна роботи полягає в поєднанні методології управління проєктами з екологічними та енергетичними інструментами оптимізації роботи майнінгових систем, що дозволяє сформулювати комплексні рішення для підвищення їхньої екологічної ефективності.

Практична значущість дослідження полягає у можливості застосування запропонованих рекомендацій підприємствами та приватними операторами майнінгових ферм для зниження витрат, мінімізації впливу на довкілля та підвищення конкурентоспроможності у сфері цифрових технологій.

Ключові слова: управління, екологічні проєкти, майнінг, комунікації, інструменти

ABSTRACT

Martych M.O. "Management of process improvement projects aimed at reducing the environmental impact of cryptocurrency mining equipment" - Copyright of the manuscript. Qualification work on specialty 101-Ecology, educational program - Management of environmental projects. National University of Shipbuilding named after Adm. Makarov. Mykolaiv, 2025.

The purpose of the master's thesis is to study the theoretical and methodological principles and practical recommendations for managing projects to improve processes aimed at reducing the environmental impact of mining equipment. The object of the study is project management processes aimed at reducing the environmental impact of mining equipment. The subject of research are methods, models, technologies and management tools that ensure improvement of processes and reduction of the environmental load of mining systems.

The scientific novelty of the work consists in the combination of project management methodology with environmental and energy tools for optimizing the operation of mining systems, which allows for the formation of complex solutions to increase their environmental efficiency.

The practical significance of the study lies in the possibility of applying the proposed recommendations by enterprises and private operators of mining farms to reduce costs, minimize the impact on the environment and increase competitiveness in the field of digital technologies.

Keywords: management, environmental projects, mining, communications, tools

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ТА МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНИМИ ПРОЄКТАМИ ТА ЕКОЛОГІЧНИХ АСПЕКТІВ МАЙНІНГУ.....	8
1.1.Управління проєктами:сутність, принципи та стандарти.....	8
1.2.Специфіка управління проєктами у сфері енергозбереження	13
1.3.Міжнародні стандарти екологічності у крипто індустрії	16
Висновок до розділу 1	23
РОЗДІЛ 2.АНАЛІЗ ПОТОЧНОГО СТАНУ МАЙНІНГОВИХ ПРОЦЕСІВ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПРОБЛЕМ.....	24
2.1. Дослідження сучасного стану і структури ринку криптовалют	24
2.2. Дослідження інструментів майнінгу криптовалют	30
2.3. Оцінка екологічного впливу існуючих процесів майнінгу	34
Висновок до розділу 2	40
РОЗДІЛ 3.РОЗРОБЛЕННЯ ПРОЄКТУ З ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ ТА ЗМЕНШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО ВПЛИВУ	41
3.1.Вибір оптимальних рішень для екологічного вдосконалення	41
3.2.Розробка покращеної моделі майнінгового процесу	43
3.3.Оцінка ризиків та розробка стратегії їх мінімізації	48
Висновок до розділу 3	54
РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА ТА ПРОЄКТУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО ПРОЄКТУ ..	55
4.1. Характеристика об'єкта дослідження.....	55
4.2. Напрямки оптимізації енергоспоживання та систем охолодження.	59
4.3. Моніторинг екологічних та операційних показників.	60
Висновок до розділу 4	64
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ	65
5.1.Поняття та зміст охорони праці.	65
5.2. Охорона праці при роботі з комп'ютером.	69
5.3. Охорона праці на майнінговій фермі.....	70
ВИСНОВКИ.....	76
Перелік використаних джерел.....	81

ВСТУП

Стрімкий розвиток цифрової економіки, зокрема сектору криптовалют, спричинив підвищений попит на обчислювальні потужності, необхідні для забезпечення роботи блокчейн-мереж. Одним із ключових елементів цієї інфраструктури є майнінгове обладнання, інтенсивне використання якого призводить до значного споживання електроенергії, утворення тепла, підвищення рівня викидів парникових газів та формування електронних відходів. Зростання екологічного навантаження, пов'язаного з майнінгом, стало предметом уваги наукової спільноти, державних регуляторів та бізнесу, що актуалізує потребу у впровадженні інноваційних рішень і системного підходу до мінімізації негативних наслідків цієї діяльності.

В умовах глобальних викликів сталого розвитку та енергетичної трансформації особливої ваги набуває управління проєктами, спрямованими на підвищення енергоефективності, оптимізацію технічних процесів та інтеграцію відновлюваних джерел енергії в роботу майнінгових комплексів. Водночас, сучасні підходи до екологічного менеджменту вимагають використання комплексних методів оцінювання впливу на довкілля, впровадження систем моніторингу, а також застосування найкращих доступних технологій для зменшення вуглецевого сліду криптовалютного майнінгу.

Україна, яка перебуває на шляху модернізації енергетичного сектору та переходу до європейських екологічних стандартів, має значний потенціал для розвитку екологічно відповідальних технологічних практик. Це зумовлює потребу у створенні науково обґрунтованих підходів до управління проєктами в сфері майнінгу, що враховують національний енергетичний контекст, тенденції децентралізації електрогенерації, особливості ринку криптовалют та перспективи інтеграції «зелених» технологій.

Мета даної магістерської роботи полягає у дослідженні теоретико-методичних засад та практичних рекомендацій щодо управління проєктами з удосконалення процесів, спрямованих на зменшення екологічного впливу майнінгового обладнання.

Для досягнення поставленої мети необхідним є виконати наступні **задачі**:

- Розглянути теоретичні аспекти управління екологічними проєктами;
- Проаналізувати сутність та сучасні тенденції розвитку криптовалютного майнінгу;
- Визначити особливості застосування методологій управління проєктами у сфері удосконалення екологічних параметрів майнінгових систем;
- Сформулювати практичні рекомендації щодо впровадження запропонованої моделі на об'єктах майнінгу;
- Оцінити економічну та екологічну ефективність запропонованих заходів.

Об'єктом дослідження є процеси управління проєктами, спрямованими на зменшення екологічного впливу майнінгового обладнання

Предмет дослідження є методи, моделі, технології та управлінські інструменти, які забезпечують удосконалення процесів та зниження екологічного навантаження майнінгових систем.

Наукова новизна роботи полягає в поєднанні методології управління проєктами з екологічними та енергетичними інструментами оптимізації роботи майнінгових систем, що дозволяє сформулювати комплексні рішення для підвищення їхньої екологічної ефективності.

Практична значущість дослідження полягає у можливості застосування запропонованих рекомендацій підприємствами та приватними операторами майнінгових ферм для зниження витрат, мінімізації впливу на довкілля та підвищення конкурентоспроможності у сфері цифрових технологій.

Магістерська робота містить вступ, п'ять розділів, висновки та перелік використаної літератури. Дослідження містить 13 рисунків, 11 таблиць, викладено на 83 сторінках друкованого тексту та налічує 38 джерел.

РОЗДІЛ 1.

ТЕОРЕТИЧНІ ТА МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНИМИ ПРОЄКТАМИ ТА ЕКОЛОГІЧНИХ АСПЕКТІВ МАЙНІНГУ

1.1.Управління проєктами:сутність, принципи та стандарти

У діяльності сучасних компаній сьогодні важко не помітити тенденцію переходу до світу проєктів, у якому бізнес розбиває свою діяльність на окремі проєкти, що дозволяє більш швидко і гнучко відповідати вимогам ринку і виживати в нових умовах [1]. Проєктний підхід оцінили та використовують провідні світові компанії. Широке поширення проєктної діяльності перш за все тим, що використання проєктного підходу дає змогу найбільш ефективно використовувати наявні ресурси, керувати та досягати цілей у необхідні терміни.

Проєкт – це тимчасові заходи, спрямовані на досягнення унікального продукту, послуги чи відповідного результату [1].

Основні ознаки проєкту представлені на рис.1.1



Рис.1.1.Ознаки проєкту

Унікальне та одноразове виконання. При виконанні виникають результати у вигляді матеріальних і нематеріальних благ. До початку їх не

було. Прикладом цього є результат роботи по будівництву нового житлового комплексу – його будівництво та введення об'єкта в експлуатацію.

Дедлайн. Визначаються початок і кінець. Кожна людина знає, до якого часу має бути виконана проектна робота. Якщо говорити про співпрацю з державними замовленнями, то період взаємодії з ними триває роками.

Мета роботи. Співробітники рухаються до мети, відповідно до неї прописують план дій і методи роботи.

Обмежені ресурси. Для досягнення кожної мети є бюджет, трудові та інші ресурси.

Різноманітність проектів надзвичайно велика. Існує кілька класифікацій проектної діяльності в залежності від різних ознак (рис. 1.2).



Рис. 1.2. Класифікація проектів за окремими ознаками

Будь-який проєкт проходить кілька фаз, щоб провести проєкт через усі фази (стадії, стадії), їм потрібно управляти. Управління проєктом — це організація ресурсів компанії для просування конкретного завдання до завершення, планування, виконання та моніторинг низки завдань, які мають кінцеву мету. Компанії розпочинають управління проєктами, щоб досягти певного процесу, переконавшись, що правильні кроки були виконані у потрібний час. Управління проєктом гарантує правильне виконання великих результатів. Управління проєктом зазвичай документує, оцінює та контролює низку менших, більш керованих завдань, які разом створюють можливе щось масштабне. Управління проєктами забезпечує досягнення кінцевих цілей.

Різні рамки управління проєктами можуть визначати більше або менше кроків. Загалом, існує п'ять основних етапів управління проєктом, кожен з яких коротко розглядається нижче (табл.1.1)

Таблиця 1.1

Основні етапи управління проєктом

Номер етапу	Назва	Характеристика
1	Ініціація	Етап ініціації слугує початком проєкту, коли ідея формується у чітке бачення. Вона включає мозковий штурм, техніко-економічне обґрунтування та вдосконалення концепції проєкту відповідно до цілей організації та потреб зацікавлених сторін. На етапі ініціації визначаються цілі проєкту, обсяг робіт і бажані результати.
2	Планування	Планування — це етап, на якому формується план проєкту. Планування включає розбиття проєкту на керовані завдання, їх логічне послідовність, оцінку ресурсів і розробку комплексного плану проєкту. Планування зазвичай передбачає певні завдання з розподілу ресурсів. Розподіл ресурсів гарантує, що необхідні люди, матеріали та бюджет будуть доступні за потреби. Управління ризиками виявляє потенційні загрози, коли ці ресурси можуть бути недоступними у потрібний час або в потрібній кількості.
3	Виконання	Етап виконання — це момент, коли план проєкту оживає, і команда проєкту починає діяти. Завдання призначаються, і члени команди проєкту співпрацюють, щоб реалізувати результати проєкту. Впроваджуються процеси забезпечення якості для перевірки відповідності результатів проєкту визначеним стандартам якості. Фаза виконання — це період інтенсивної діяльності, коли

		проект потенційно помітно просувається до своїх цілей.
4	Моніторинг	Після початку проекту етап моніторингу включає відстеження ефективності проекту відповідно до плану, виявлення відхилень чи проблем та вжиття коригувальних заходів для повернення проекту на правильний шлях. Процеси управління змінами впроваджуються для вирішення будь-яких змін у сфері обсягу, графіку або ресурсах проекту. Менеджери проекту використовують цю фазу для подолання будь-яких перешкод (наприклад, затримки з доставкою, недоступність персоналу тощо).
5	Закриття	Завершальна фаза є кульмінацією шляху проекту. На завершальному етапі фінальні результати передаються клієнту або кінцевому користувачу, а всі інші адміністративні завдання, такі як закриття контракту або фінансові звірки, завершуються.

Управління проектами сьогодні керується не стільки процесами, скільки принципами. Посібник РМВОК 7-е видання представив 12 ключових принципів, які допоможуть керівникам проектів мислити критично, діяти етично та забезпечувати цінність у прогнозованих, гнучких або гібридних середовищах.

Ці принципи не є покроковими правилами. Вони універсальні для ефективного лідерства та прийняття рішень. Цей посібник розбиває кожен принцип, пояснює, чому він важливий, і показує, як його застосовувати на реальних прикладах. Ви також отримаєте зведену таблицю для швидкого ознайомлення та посилання на додаткові посібники щодо стандартів Agile та PMI.

Принципи управління проектами задають фундаментальні напрямки діяльності, а ступінь і форма їх застосування визначаються контекстом організації, характеристиками проекту, очікуваними результатами, складом команди проекту, зацікавленими сторонами та іншими обставинами. Ці принципи узгоджуються один з одним і не суперечать, хоча на практиці можуть виникати ситуації, коли вони частково перекривають один одного.

Наприклад, інструкції щодо роботи зі складністю можуть допомогти визначити, проаналізувати та керувати системними взаємодіями, а також покращити підходи до реагування на ризики. Крім того, принципи управління

проєктами можуть збігатися із загальними принципами управління. Таким чином, і проєкти, і операційна діяльність спрямовані на створення цінності. Незважаючи на те, що практика роботи може відрізнятися між проєктним і операційним середовищем, основний принцип ціннісної орієнтації застосовується до обох рис. 1.3.



Рис.1.3. Перетин принципів управління проєктами та загальних принципів управління [2].

Принципи управління проєктами, згідно PMBOK 7-е видання :

- Бути проактивним, шанобливим і турботливим менеджером.
- Створити середовище, яке сприяє співпраці між членами команди проєкту.
- Ефективно взаємодіяти зі стейкхолдерами.
- Зосередитись на цінності.
- Розпізнавати, оцінювати взаємодії в системі та реагувати на них.
- Демонструвати лідерську поведінку.
- Адаптуватися до контексту.
- Забезпечувати якість процесів і результатів.
- Долати складність.
- Оптимізувати реагування на ризики.

- Прийняти концепції адаптивності та гнучкості.
 - Сприяти змінам для досягнення запланованого майбутнього стану.
- Оволодіння цими 12 принципами допоможе досягти кращих результатів.

1.2. Специфіка управління проєктами у сфері енергозбереження

Сфера енергозбереження є одним із ключових напрямів сталого розвитку, оскільки забезпечує раціональне використання енергетичних ресурсів, зниження витрат та підвищення конкурентоздатності економіки. В умовах енергетичних викликів, які переживає Україна, управління проєктами у сфері енергозбереження набуває стратегічного значення, адже саме проєктний підхід дозволяє системно впроваджувати технологічні та організаційні рішення, спрямовані на підвищення енергоефективності [3; 4].

Енергозберігаючі проєкти мають низку особливостей, що зумовлюють специфічні вимоги до їх планування та реалізації.

Проєкти у сфері енергозбереження — це комплексні дії, спрямовані на зменшення обсягів споживання енергії або підвищення ефективності її використання [5; 6]. На відміну від загальних інвестиційних або технологічних проєктів, їхня результативність вимірюється не лише технічними показниками, а й рівнем економії енергоресурсів, скороченням витрат у довгостроковій перспективі та відповідністю екологічним і нормативним стандартам [7; 8].

Серед ключових характеристик таких проєктів варто виділити:

- ресурсну складність, яка пов'язана з використанням сучасного енергоефективного обладнання та необхідністю модернізації інфраструктури;
- високий рівень невизначеності економічного ефекту, оскільки фактичні обсяги економії залежать від технологічних та поведінкових чинників [9];
- тривалі строки окупності, що ускладнює залучення інвестицій;
- обов'язковість проведення енергетичного аудиту для встановлення базових показників [10].

Управління енергозберігаючими проектами базується на застосуванні загальних методологій проєктного менеджменту, зокрема PMBOK та PRINCE2 [11; 2], які забезпечують системний підхід до управління змістом, термінами, вартістю, ресурсами, комунікаціями та ризиками. Для енергозбереження особливо важливими є області управління якістю, закупівлями та ризиками.

Одним із ключових документів, що визначає вимоги до систем енергетичного менеджменту, є ISO 50001:2018 [8]. Цей стандарт передбачає формування енергетичної політики, встановлення вимірюваних енергетичних цілей, створення планів удосконалення енергоспоживання та регулярний моніторинг енергетичних показників.

Нормативно-правова база в Україні формується Законом України «Про енергетичну ефективність» [12], Законом «Про енергетичну ефективність будівель» [13], а також будівельними нормами щодо теплоізоляції та енергоефективності споруд (ДБН В.2.6-31:2021) [15].

Енергозберігаючі проєкти включають значну кількість зацікавлених сторін: власників об'єктів, підрядників, фінансові установи, енергетичних експертів та кінцевих користувачів. Це вимагає ефективних комунікацій, особливо у проєктах бюджетної сфери та житлово-комунального господарства [14]. Поведінковий фактор часто впливає на кінцеві результати, тому зміна користувацьких практик є важливим елементом управління.

У сфері енергозбереження виділяють такі типи ризиків:

Таблиця 1.2

Типи ризиків у сфері енергозбереження

Тип ризику	Характеристика ризику
Технічний	Недостатня якість обладнання, складність інтеграції у мережі
Економічний	Зміна тарифів, курсові коливання, непередбачуваність строків окупності
Регуляторний	Ооновлення стандартів енергоефективності, зобов'язання щодо сертифікації
Поведінкові	Відхилення від прогнозованих моделей споживання

Управління ризиками потребує розробки альтернативних сценаріїв та проведення аналізу чутливості проєкту.

Однією з ключових особливостей проєктів енергозбереження є фінансування. Найпоширеніші моделі включають: кредитні програми ЄБРР та IFC, грантову підтримку ЄС, ЕСКО-механізми, що передбачають повернення інвестицій за рахунок досягнутої економії [9]. ЕСКО-проєкти вимагають ретельної верифікації енергетичних показників, оскільки інвестор отримує прибуток лише за умов реальної економії, підтвердженої за IPMVP [7].

Якість у проєктах енергозбереження визначається не лише технічним виконанням робіт, але й рівнем досягнутої економії. Тому особливо важливим є регулярний моніторинг енергоспоживання та застосування методів вимірювання та верифікації [7; 6; 15].

Особливості управління енергозберігаючими проєктами в Україні зумовлені зношеністю інфраструктури, недостатнім фінансуванням, низьким рівнем енергоефективності більшості будівель та потребою у модернізації мереж [16]. Водночас нормативне середовище активно розвивається, що створює підґрунтя для реалізації масштабних проєктів енергомодернізації.

Збільшується роль Держенергоефективності, міжнародних організацій та муніципальних програм, які підтримують модернізацію будівель, термомодернізацію, впровадження систем автоматизації та управління енергоспоживанням [16; 18].

Особливе поширення в Україні отримують ЕСКО-контракти, оскільки вони дозволяють реалізовувати проєкти без початкових інвестицій з боку бюджетних установ, а економія енергії покриває витрати інвестора [18].

Специфіка управління проєктами у сфері енергозбереження визначається поєднанням технічних, економічних, регуляторних та поведінкових факторів. Такі проєкти мають складну структуру, високий рівень невизначеності результатів та потребують обов'язкового моніторингу фактичної економії енергії. Їх успішність залежить від застосування сучасних методологій управління проєктами [1;2;4], дотримання міжнародних стандартів

енергоменеджменту [5], якісного енергетичного аудиту [9; 11], ефективної взаємодії стейкхолдерів та оптимальної моделі фінансування [17; 18].

Розвиток таких проєктів є важливою складовою енергетичної безпеки та економічної стабільності України.

1.3. Міжнародні стандарти екологічності у крипто індустрії

Криптовалюта — це інновація цифрових активів, яку помічає світова спільнота. Люди збираються інвестувати свої кошти в криптовалюту, яка є платформою на основі блокчейну. Криптовалюта - це цифрова монета, яку часто називають криптографією. Криптографія - це процес написання або передачі повідомлень таємним і прихованим способом. Криптовалюта — це цифровий актив, призначений для роботи як засіб обміну за допомогою криптографії. Криптографічний метод захищає інформацію, змінюючи або шифруючи її в зашифровану форму. Тому криптовалюти покладаються на криптографічні методи для підтримки своєї безпеки. Шифрування може бути розшифровано лише тим, хто володіє секретним ключем, щоб він міг прочитати формат. Криптовалюта вважається цифровим активом через її механізм, який використовує технологію блокчейн, яка потім зберігається та обслуговується через децентралізовану мережу. Ця децентралізована природа полегшує користувачам здійснювати транзакції безпосередньо без допомоги центрального органу. Монета передається однорангово через мережу блокчейн, тому не потребує допомоги банку як посередника. Окрім прогресу та популярності, розвиток криптовалюти також мав значний вплив на навколишнє середовище. Діяльність з майнінгу криптовалюти викликає це через схему алгоритму Proof of Work (PoW).

Підтвердження роботи – це вимога, створена для визначення розрахунку видобутку. Якщо певний набір даних може створити лише один хеш. Потім вони змінюють вхідні дані, додавши ціле число під назвою nonce (число, яке використовуватиметься один раз). Коли дійсний хеш знайдено, його буде передано в мережу, а новий блок буде додано до блокчейну (Університет

Бінус, 2021). Ця діяльність вимагає великої кількості енергії або електрики для роботи пристроїв з високою обчислювальною системою, що призводить до зміни клімату.

Процес майнінгу криптовалюти (Cryptocurrency mining) — це спроба володіти криптовалютою.

Дослідження показують, що екологічні проблеми, а також невизначеність цін на ринку криптовалют впливають на акції майнінгу. У дослідженнях щодо CBDC (цифрових валют центрального банку) CBDC, який реалізується, можна вважати екологічно чистим або стійким, якщо він може коригувати кілька змінних, зокрема ціни на електроенергію для домогосподарств, виробництво електроенергії з відновлюваних джерел, викиди CO₂ та ціни на електроенергію для ділового світу.

Країни повинні мати можливість запровадити політику, пов'язану з криптовалютою, у формі проєктів із зазначеними вище показниками, щоб досягти екологічно безпечних транзакцій. Наведені нижче рекомендації щодо екологічності майнінгу криптовалюти:

1. Зведення до мінімуму викидів парникових газів. Вплив на екологічну справедливість та інші локальні наслідки криптовалютних активів вимагають від агенцій з охорони навколишнього середовища, енергетики, законодавчих органів та інших надавати технічну допомогу та ініціювати процес співпраці у вирішенні вищезазначених проблем. Міжвідомча співпраця допоможе спільнотам індустрії криптовалютних активів та іншим розробити стандарти екологічної ефективності на основі ефективних механізмів проектування, розробки та використання екологічно відповідальних технологій криптовалютних активів. Він має включати стандарти для дуже низької енергоємності, низького використання води, використання чистої енергії операторами та стандарти, які з часом посилюються для інших безвуглецевих поколінь, щоб відповідати або перевищувати додаткове електричне навантаження цих об'єктів. Наведені вище кроки мають бути врегульовані законом, щоб обмежити або виключити використання консенсусних

механізмів високої енергоємності для майнінгу криптовалютних активів. Це створення потенціалу для мінімізації викидів, шуму, впливу на воду та негативного економічного впливу від видобутку криптовалютних активів і зменшення екологічної несправедливості для обтяжених громад.

2. Забезпечення надійної енергетики. Вищезазначені координаційні агенції також повинні оцінити надійність криптовалютних активів поточних і запланованих операцій майнінгу порівняно з надійністю та адекватністю системи електроенергії. Необхідно передбачити оцінки, які виявляють надійність джерела енергії для майнінгу криптовалюти. Таким чином, Energy розробила, оновила та запровадила стандарти надійності та робочі процедури на випадок непередбачених ситуацій, щоб забезпечити надійність системи та її адекватність зростаючим активам криптовалюти.

3. Сприяти прозорості та покращувати екологічні показники Асоціації індустрії криптовалютних активів, включаючи майнінгові компанії та виробників обладнання, слід заохочувати до публічного звітування про місця майнінгу криптовалютних активів, річне споживання електроенергії, викиди парникових газів із використанням існуючих протоколів та ефективність переробки електронних відходів.

4. Пошук даних для розуміння, моніторингу та пом'якшення впливу. Міжвідомча співпраця та координація повинні розглянути можливість збору та аналізу інформації від майнерів криптовалютних активів і енергокомпаній із збереженням конфіденційності, щоб увімкнути доказ роботи щодо енергетичних і кліматичних наслідків криптовалютних активів. Дані повинні охоплювати використання енергії в гірничодобувній промисловості та паливний баланс, угоди про закупівлю електроенергії, наслідки екологічної справедливості та участь у реагуванні на попит. Інституції, що займаються наукою та технологіями, можуть створити підкомітет для координації з іншими відповідними установами для оцінки енергоспоживання значних активів у крипто валюті

5.Забезпечення дотримання стандартів енергоефективності. Спеціальні стандарти щодо майнінгу криптовалют повинні однаково впроваджуватися майнерами. Ці стандарти були сформовані на основі результатів досліджень експертів для формулювання відповідного орієнтиру при здійсненні майнінгу. Стандарти збереження, які слід оновити, охоплюють обладнання для майнінгу криптовалютних активів, блокчейн та інші операції

Діяльність з видобутку криптовалюти, яка потребує дуже великої кількості енергії, завдає шкоди навколишньому середовищу. Високий попит на електроенергію також потребує енергії з відпрацьованих викопних матеріалів і спричиняє збільшення викидів вуглецю. Крім того, ця діяльність також спричиняє збільшення електронних відходів. У цьому випадку країни, включаючи Індонезію, Сполучені Штати, Китай та Іран, досі не мають спеціальних правил регулювання діяльності з видобутку криптовалюти, але більшість країн регулюють лише бізнес-аспекти та безпеку активів, тоді як питання навколишнього середовища не регулюються. Потрібна політика боротьби з цією речовиною, зокрема мінімізація викидів парникових газів, забезпечення надійної енергетики, заохочення прозорості та покращення екологічної ефективності, пошук даних для розуміння, моніторингу та зменшення впливу, дотримання стандартів енергоефективності, визначення стандартів обладнання та використовуваних джерел енергії, а також моніторинг через звітність про рівні споживання енергії. Крім того, необхідно застосовувати транзакційні витрати та податок на викиди вуглецю на майнінг криптовалют. Збори та податки встановлюються як форма внеску майнерів та інвесторів у криптовалютну індустрію у збитки, понесені суспільством, як з точки зору економіки, так і навколишнього середовища. Ці пом'якшення необхідно вжити, щоб продовжувати підтримувати зростання індустрії криптовалют і мінімізувати негативні наслідки, які виникають

Після появи першого в світі криптовалюти Bitcoin в 2009 році ринок бурхливо розвивався і в даний час включає широкий спектр різних

інструментів, заснованих у т. ч. на застосуванні технології розподільних реєстрів.

Найбільш широкий термін для позначення таких інструментів – криптоактив – актив, який існує в цифровому вигляді або є цифровим представленням іншого активу і створений із застосуванням технології розподільних реєстрів. Різним криптоактивам властиві різні функції: одні використовуються для платежів, а інші – ні, деякі схожі по сутності з цінними паперами.

Розглянемо детальніше класифікацію криптоактивів.

1) Електронні гроші – цифрова альтернатива дійсному, випущеному приватним емітентом.

2) Незабезпечені криптовалюти (біткойн – найбільш поширена в світі криптовалюта и альткойны) – криптоактиви, що характеризуються відсутністю забезпечення, не можуть бути погашені у емітента, призначені для використання в якості засобів платежу.

3) Стейблкойни – криптоактиви, що відрізняються від альткойнів і біткойн тим, що забезпечені іншими активами чи при їх випуску використовується спеціальна система, обмежувальна волатильність їх курсу. Вони можуть застосовуватися в цілях платежів або представляти собою аналог фонду грошового ринку або іншого майнового комплексу. Механізм забезпечує при цьому може мати не належних правових основ, бути непрозорим і неповним.

4) Токенізовані активи – криптоактиви, застосовувані в цілях закріплення їх частиною визначених прав, які можна розділити на наступні види: аналоги довгових цінних паперів, аналоги акцій (підтвердження участі в капіталі організації), підтвердження права на отримання визначеного товару або послуги.

Існують різні способи придбання криптовалюти:

1. Майнінг – діяльність, в результаті якої може здійснюватися випуск крипто валюти, а також отримання криптовалюти в якості винагороди за валідність транзакцій, яка супроводжується ресурсоємними обчисленнями. Майнінг можна охарактеризувати як використання особам належного йому обладнання для виконання розрахунків, необхідних для функціонування системи розподіленого реєстру певного криптоактива. При цьому залучення користувачів для здійснення майнінга не є обов'язковою властивістю криптовалюти, підтримка систем розподілених реєстрів можливо і заздалегідь визначеним колом осіб.

2. Прийняття криптовалют на спеціалізованих торгових майданчиках – біржах криптовалют (далі – криптобіржі). Операції з криптовалютами на біржах включають такі дії:

- купівля криптовалюти та отримання їх на криптогаманець;
- продаж криптовалюти з різними криптогаманцями та рахунками інвестора;
- введення або висновок криптовалюти чи інших криптоактивів з особистого кошика користувача на гаманець або рахунок інвестора, відкритий криптобіржою, для здійснення з ними торгових операцій;
- обмін криптовалют на фіатні валюти та їх висновок на рахунок інвестора.

Більшість криптобірж приваблюють інвесторів можливістю вдосконалення торгів отримання операцій з основними криптовалютами, які можна як шляхом покупки, так і за допомогою здійснення майнінгу. Комісія бірж зависятлежить від типу операцій: якщо поповнення рахунку на криптобіржі виробляється в криптовалюті, то комісія частіше всього ми нормально не взимается вовсе. Однак у разі перекладу фіатних грошей у криптовалюту оплачується комісія як використовується криптобіржа платіжної системи, так і сама криптобиржей. При виведенні цифрової валюти з криптобіржі ситуація аналогічна – при виведенні на крипто гаманець.

Враховуючи негативні екологічні наслідки та, водночас, необхідність налагодження діяльності всіх суб'єктів в ключі досягнення цілей сталого розвитку, задекларованих ООН на період до 2030 р., надзвичайно критично постає проблема перетворення майнінгу в екомайнінг, або «зелений» майнінг. Екомайнінг відрізняється, зокрема:

1) використанням відновлюваних джерел енергії (енергії вітру (вітряки); геотермальної енергії; сонячної енергії (сонячні панелі); гідроенергії (гідроелектростанції)) з розташуванням основних майнінгових потужностей у відповідних регіонах;

2) спрямуванням надлишково виділеного тепла на інші господарські потреби.

Таким чином, майнінг цілком може стати екологічним і змінити фокус свого впливу на екологічний та соціальний розвиток планети Земля з негативного на позитивний через:

1) зменшення вартості електроенергії завдяки утилізації надлишків виробленої електроенергії й розвитку «зелених» способів її видобутку;

2) міграцію майнінгу в небагаті, але зручні для майнінгу країни (Венесуели, М'янму, Нової Зеландії) може позитивно позначитися на економіці таких регіонів (поселення, що вимирають, отримують нове життя).

Висновок до розділу 1

У розділі розглянуто сутність, принципи та стандарти управління проектами, специфіку управління проектами у сфері енергозбереження та екологічності у криптоіндустрії.

Зроблено висновок, що специфіка управління проектами у сфері енергозбереження визначається поєднанням технічних, економічних, регуляторних та поведінкових факторів. Проекти мають складну структуру, високий рівень невизначеності результатів та потребують обов'язкового моніторингу фактичної економії енергії. Їх успішність залежить від застосування сучасних методологій управління проектами та дотримання міжнародних стандартів.

Дослідження сфери криптоіндустрії показало, що діяльність вимагає великої кількості енергії або електрики для роботи пристроїв з високою обчислювальною системою, що призводить до зміни клімату. Тож потрібна політика підвищення екологізації майнінгу, зокрема мінімізація викидів парникових газів, забезпечення надійної енергетики, заохочення прозорості та покращення екологічної ефективності, пошук даних для розуміння, моніторингу та зменшення впливу, дотримання стандартів енергоефективності, визначення стандартів обладнання та використовуваних джерел енергії, а також моніторинг через звітність про рівні споживання енергії.

РОЗДІЛ 2.

АНАЛІЗ ПОТОЧНОГО СТАНУ МАЙНІНГОВИХ ПРОЦЕСІВ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПРОБЛЕМ

2.1. Дослідження сучасного стану і структури ринку криптовалют

Незважаючи на війну та її катастрофічні наслідки для нашої держави, особливо для економіки, останнім часом Україна впевнено демонструє посту-пальний розвиток сфери віртуальних активів, активно впроваджуючи цифровізацію прак-тично в усіх сферах державного управління та бізнесу.[3].

Ринок криптовалют сьогодні – це надзвичайно складна і багатовимірна система, яка складається з безлічі взаємопов’язаних елементів: цифрових активів різного типу, бірж для торгівлі криптовалютами, гаманців, блокчейн-платформ, децентралізованих додатків (dApps), смарт-контрактів, майнінгової інфраструктури, регуляторних органів і фінансових інститутів. Окрім того, у структурі ринку важливу роль відіграють як приватні інвестори, так і великі інституційні гравці, які впливають на динаміку ринку своїми капіталовкладеннями та стратегіями.[15]

У листопаді 2014 року Національний банк України зробив заяву про правовий режим біткоїна у країні. 8 вересня 2021 року Верховна Рада України легалізувала віртуальні активи, дозволивши власникам віртуальних активів легально торгувати та декларувати їх. Закон мав дозволити іноземним криптокомпаніям реєструвати блокчейн-бізнес в Україні.

У 2023 році в журналі Annals of Operations Research було опубліковано систематичний огляд, що охоплює 138 наукових праць, присвячених

мікроструктурі криптовалютного ринку [16]. Дослідження виявило, що ефективність ринку є змінною в часі, підтримуючи гіпотезу адаптивного ринку.

Ключові висновки включають:

- залежність ліквідності від новин: ліквідність знижується після негативних новин і зростає після позитивних;
- волатильність: децентралізовані біржі демонструють вищу волатильність порівняно з централізованими;
- зв'язок з традиційними активами: криптовалюти можуть виступати як інструменти диверсифікації, захисту та хеджування;
- поведінкові аспекти: чоловіки домінують серед інвесторів, торгують частіше, тримають позиції коротше і отримують нижчі прибутки.

Надзвичайно важливим в плані дослідження сучасного стану та перспектив подальшого розвитку криптовалютного ринку є формування структури (складу) ринку, обґрунтування місця і ролі кожної складової на ринку та перспектив їх зміни в майбутньому. Структура ринку криптовалют – це жива, еволюціонуюча система, де кожен компонент відіграє важливу роль у формуванні вартості, ліквідності, безпеки й інновацій рис. 2.1 [15].

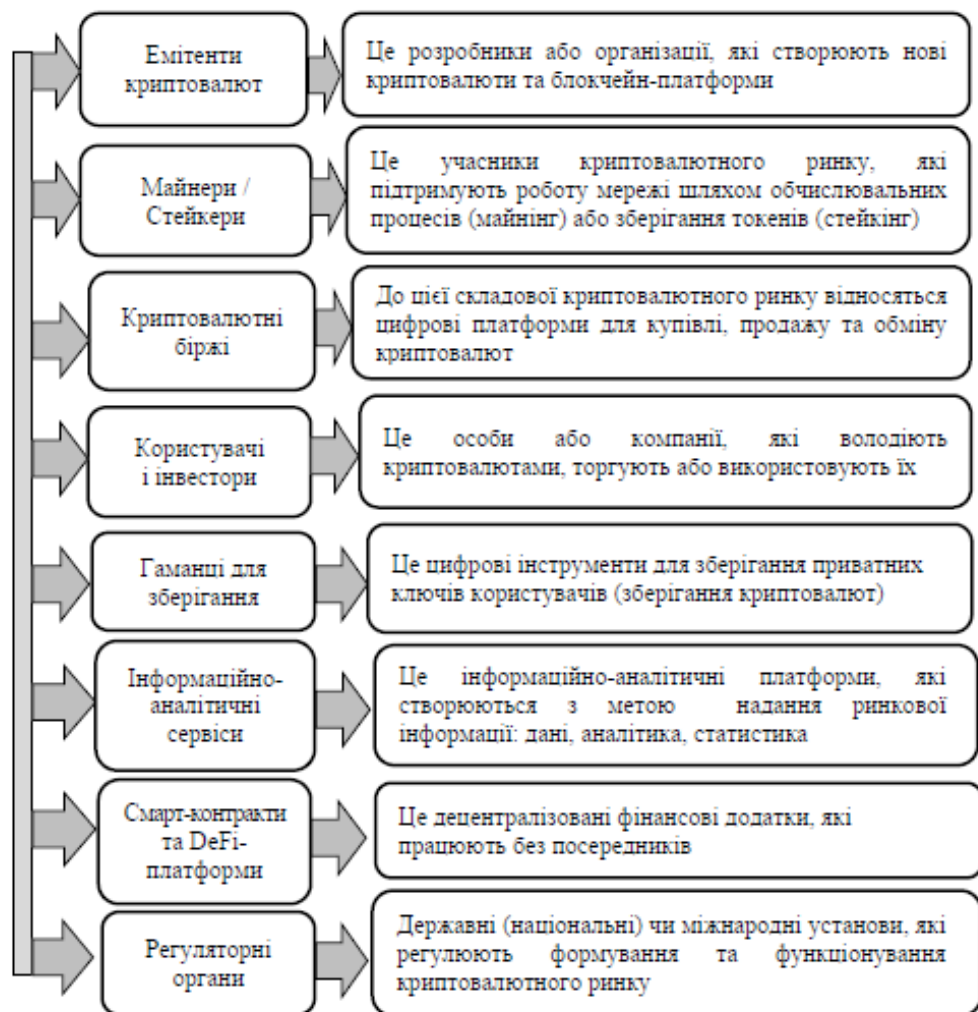


Рис. 2. 1. Складові ринку криптовалют та їх характеристика[17]

Проведений аналіз свідчить про те, що крипторинок України демонструє високий рівень адаптації та інновацій, на відміну від традиційно стабільних, але більш зарегульованих ринків США та Китаю. У той час як світова економіка бореться з бюджетними дефіцитами, державним боргом та інфляційними ризиками, криптовалюти стають альтернативним інструментом для збереження вартості, залучення капіталу та забезпечення фінансової гнучкості. Україна, з огляду на свою цифрову культуру та законодавчі ініціативи, має потенціал стати лідером у галузі впровадження цифрових активів у регіоні.

Дослідження структури ринку криптовалют, дозволяє констатувати, що цей ринок досить автономний, але водночас тісно

пов'язаний з традиційною економікою. Його гнучкість і відкритість стимулюють

інновації, але створюють виклики для безпеки й регулювання. У контексті глобальних економічних трансформацій і нестабільності традиційних фінансових ринків криптовалюти дедалі активніше інтегруються в національні економіки. Україна вирізняється серед країн Східної Європи динамічним розвитком крип

товалютного сектору, особливо з урахуванням соціально-економічних викликів останніх років. Порівняння показників цього ринку з ключовими економічними параметрами провідних світових держав – США та Китаю – а також загальносвітовими трендами, дозволяє глибше оцінити потенціал, ризики та перспективи цифрових активів як елементу нової фінансової парадигми.

В табл. 2.2 наведено актуальні дані щодо кількості власників криптовалют у різних країнах світу станом на 2024 рік, а також їхня частка у загальній чисельності населення [17].

Високий рівень володіння криптовалютою в Об'єднаних Арабських Еміратах (30,4 %) та В'єтнамі (21,2 %) свідчить про сприятливе регуляторне середовище та активне впровадження цифрових фінансових технологій у цих країнах. У США, де частка власників криптовалют становить 15,6 %, спостерігається значний інтерес до цифрових активів, що підкреслює роль країни як одного з лідерів у глобальному крипторинку[17].

Таблиця 2.2

Рейтинг провідних країн за часткою населення, що володіє криптовалютою, та за кількістю власників[17].

Країна	Частка населення (%)	Кількість власників криптовалют, млн осіб	Рейтинг країни по кількості власників
Об'єднані Арабські Емірати	30,4	20,8	6
В'єтнам	21,2	20,9	5
США	15,6	52,8	3
Іран	13,5	12,2	10

Філіппіни	13,4	16, 1	7
Бразилія	12,0	25,9	4
Саудівська Аравія	11,4	4,02	13
Сінгапур	11,1	0,66	15
Україна	10,6	4,11	12
Венесуела	10,3	93,5	14
Індія	6,91	15,4	1
Пакистан	6,41	15,4	8
Нігерія	5,75	12,9	9
Індонезія	4,28	11,8	11
Китай	4,12	59,1	2

Індія, з найбільшою кількістю власників криптовалют у світі (93,5 млн), демонструє стрімке зростання інтересу до цифрових активів, незважаючи на регуляторні обмеження. Це свідчить про високий попит на альтернативні фінансові інструменти серед населення.

Україна, з часткою 10,6 % населення, що володіє криптовалютою, займає провідні позиції в Європі. Це пояснюється як економічними факторами, так і високим рівнем цифрової грамотності населення[17].

Загалом, дані свідчать про те, що криптовалюти стають все більш популярними в усьому світі, зокрема в країнах з розвиненою цифровою інфраструктурою та сприятливим регуляторним середовищем.

Ринок криптовалют – один із найдинамічніших сегментів сучасної економіки. Його особливістю є те, що ціноутворення тут визначається не лише класичними економічними законами попиту й пропозиції, але й рядом нестандартних чинників: технологічними змінами, настроями інвесторів, регуляторними рішеннями та навіть впливом соціальних мереж. [15]

Динаміка цін на основні види криптовалют та їх тенденції в окремі періоди представлена в табл. 2.3

Таблиця 2.3

Тенденції зміни цін на основні види критовалют[15]

Рік	Види криптовалют				
	Bitcoin (BTC)	Ethereum (ETH)	Binance Coin (BNB)	Cardano (ADA)	Solana (SOL)
2021	Ціна досягла рекордного максимуму понад \$60000	Зростання до \$4800	Досягнення максимуму \$691,8 у травні	Зростання до \$3,10	Зростання до \$259,96 у листопаді
2022	Відбулося падіння до приблизно \$20000 через загальний спад на ринку	Падіння до \$1000	Падіння до \$200	Падіння до \$0,30	Падіння до \$10 через крах FTX
2023	Почалося відновлення, зростання до \$40000	Відновлення до \$2000	Коливання між \$200–\$300	Коливання між \$0,25–\$0,40	Відновлення до \$20–\$25
2024	Ціна перевищила \$100000, досягнувши ціни \$103332 у грудні, що становить понад 55 % ринкової капіталізації ринку	Зростання до значення ціни до \$9800	Зростання до значення ціни до \$487,05	Поступове зростання ціни до \$0,60	Зростання ціни до ціни в \$50
2025 (прогн.)	Можливе зростання до \$120000–\$150000, залежно від ринкових умов	Очікується досягнення \$10500	Прогнозується зростання до \$716,71	Можливе зростання до \$1.00	Очікується зростання до \$80

Як свідчать дані таблиці 2.3, ринок криптовалют, за результатами дослідження динаміки цін за останні п'ять років, демонструє високу волатильність, з періодами значного зростання та падіння цінових характеристик. Прогнози на 2025 рік вказують на можливе подальше зростання, але інвесторам слід враховувати наявні комерційні ризики та проводити власний аналіз.

На основі проведеного дослідження можна зробити висновок про те, що ринок криптовалют – це не просто новий сегмент цифрової економіки, а ціла екосистема, яка інтегрує фінансові інновації, комп'ютерні технології та економічні механізми в єдине інформаційне середовище. Його склад охоплює широкий спектр учасників: від розробників блокчейн-проектів і трейдерів до державних регуляторів і великих інституційних інвесторів.

2.2. Дослідження інструментів майнінгу криптовалют

Сьогодні світ криптовалют переживає справжній бум, і майнінг став ключовим елементом цього процесу. Важливо розуміти, які саме інструменти та засоби необхідні для ефективного видобутку криптовалют. Від вибору правильних приладів залежить не лише продуктивність, а й економічна вигода вашого підприємства.

Майнінг криптовалют – складний процес, що вимагає спеціалізованого обладнання та знань. Застарілі рішення можуть призвести до значних фінансових втрат, тому важливо зосередитися на актуальних і потужних інструментах, які забезпечать оптимальну продуктивність. Від вибору графічних процесорів до налаштування систем охолодження – все це має значення.

Криптовалюта потребує потужного апаратного забезпечення, яке здатне обробляти складні алгоритми. Серед основних засобів можна виділити ASIC-майнери, які спеціалізуються на певних типах криптовалют, таких як Bitcoin. Ці прилади мають високу продуктивність і енергоефективність, що робить їх незамінними для серйозних майнерів.

Не менш важливим є програмне забезпечення для майнінгу. Залежно від обраної платформи, знадобиться налаштувати клієнт для підключення до мережі блокчейн. Деякі популярні програми включають CGMiner і BFGMiner, які дозволяють користуватися широкими можливостями налаштування та моніторингу процесу видобутку. Вибір правильного ПО може суттєво вплинути на ефективність вашого копання: від швидкості обробки транзакцій до зручності управління ресурсами.

Також важливо звернути увагу на охолодження та електроживлення. Висока продуктивність майнінгових установок супроводжується значним тепловиділенням, тому системи охолодження – це не просто додаткова опція, а необхідність. Холодильники або вентилятори можуть допомогти підтримувати оптимальну температуру, запобігаючи перегріванню обладнання. Енергетичні

витрати також слід враховувати при плануванні бюджету: інвестиції в якісні джерела живлення можуть зекономити значну частину коштів у довгостроковій перспективі.

Нарешті, майнінг криптовалют – стратегічний підхід до управління ресурсами та ризиками. Інструменти для моніторингу ринку, аналітики та управління портфелем криптовалют стають невід’ємною частиною успішної стратегії майнера. Знання про тенденції ринку і готовність адаптуватися до змін допоможуть вам залишатися конкурентоспроможними в цій динамічній сфері. Обираючи правильні інструменти та засоби для копання криптовалют, ви відкриваєте нові горизонти для свого фінансового розвитку.

Коли мова йде про майнінг криптовалют, важливо розуміти, що це не лише про потужні комп’ютери та великі обсяги електроенергії. Основна роль майнінгу криптовалют належить програмному забезпеченню, яке забезпечує ефективність копання. Наразі існує безліч варіантів, від простих клієнтів до складних рішень, які використовують алгоритми для оптимізації видобутку. Серед популярних програм можна виділити CGMiner, BFGMiner і EasyMiner, які надають користувачам можливість максимально ефективно використовувати свої ресурси.

Необхідними засобами є для успішного майнінгу є хороший графічний процесор (GPU) або спеціалізовані прилади, такі як ASIC-майнери, здатні обробляти величезні обсяги даних за короткий час і мають високу продуктивність. Важливим аспектом є охолодження вашого обладнання, оскільки тривала робота може призвести до перегріву і зниження продуктивності. Інвестування в якісні системи охолодження може суттєво підвищити термін служби ваших інструментів.

Не менш важливим є вибір пулу для майнінгу. Це платформи, які об’єднують ресурси кількох майнерів для збільшення шансів на отримання винагороди. Обираючи пул, зверніть увагу на його репутацію, комісії та рівень підтримки. Дослідження показують, що правильний вибір пулу може значно вплинути на ваші доходи від видобутку криптовалют.

Одним із ключових моментів у процесі майнінгу також є моніторинг обладнання та ефективності використання ресурсів. Багато програмних рішень пропонують функції аналізу та звітності, які дозволяють вам слідкувати за продуктивністю в реальному часі. Це допоможе швидко реагувати на зміни в умовах ринку або несправності обладнання, що в свою чергу забезпечить стабільність і прибутковість вашого бізнесу.

Використовуючи правильні інструменти та засоби, можливо максимально реалізувати потенціал видобутку і привнести у світ криптовалют свою частку успіху.

Обладнання: ASIC-майнери та графічні карти.

Програмне забезпечення: Платформи для моніторингу та управління.

Аналітичні сервіси: Інструменти для аналізу ринку криптовалют.

Інструменти майнінгу криптовалют та підходи, такі як Proof-of-Work (PoW) і Proof-of-Stake (PoS).

Proof-of-Work (англ. «Proof of Work») — це алгоритм, за допомогою якого в блокчейн додається новий блок, підтверджуються транзакції та перевіряється єдина версія реєстру в усіх його копіях, які зберігаються окремими вузлами.

Концепція Proof-of-Work — це алгоритм захисту розподілених систем від зловживань (DoS-атак, спам-розсилок тощо), суть якого зводиться до двох основних моментів: необхідність виконання певного досить складного і трудомісткого завдання; можливість швидко і легко перевірити результат.

PoW — це процедура, яка дозволяє всім вузлам узгодити єдину версію блокчейну, а також підтвердити дані про нові транзакції в новому блоці. Крім того, вона відповідає за випуск нових монет на блокчейні. Майнінг є частиною алгоритму PoW. Proof-of-Work (PoW) стимулює майнерів перевіряти кожну транзакцію перед тим, як її буде додано до книги. У той же час цей економічний стимул також допомагає підтримувати роботу всього блокчейну.

Proof-of-Work дав початок індустрії майнінгу біткойнів і став поштовхом для розвитку спеціалізованого обладнання - ASIC, оскільки обчислювальні

ресурси, що витрачаються на хешування блоків, величезні і значно перевищують потужність найбільших суперкомп'ютерів.

Proof-of-Stake (PoS) — це алгоритм, згідно з правилами якого, щоб стати валідатором, додавати нові блоки в блокчейн, підтверджувати легітимність транзакцій і отримувати за це винагороду, необхідно володіти мережевими токенами і заблокувати певну їх кількість на певний період часу (відправити на стейкинг). Такі відомі мережі як Solana, Cardano, Toncoin, BNB Chain, BNB Smart Chain та інші популярні блокчейни працюють на Proof-of-Stake, а у вересні 2022 року другий за капіталізацією блокчейн Ethereum перейшов з PoW на PoS.

Алгоритм консенсусу - це список правил, за якими живе, працює і розвивається блокчейн. Кожен новий блок у ланцюжку формується за цими правилами.

PoS вперше був використаний у серпні 2012 року в PPCoin у гібридній версії: нові монети розповсюджувалися через майнінг, а транзакції могли оброблятися будь-яким вузлом, який зберігав PPC. Першою «чистою» криптовалютою PoS був Nxt, запущений у листопаді 2013 року. Алгоритм Proof-of-Stake виявився дуже вдалим і гнучким, тому його почали використовувати в багатьох блокчейнах в різних версіях.

Існують різні способи участі в підтримці блокчейна PoS.

Класичний стейкинг (самостійний технічний). Валідатором виступає сам користувач. Найбільшою проблемою цього методу є мінімальна сума, яку потрібно заморозити у вашому гаманці. Для багатьох це може бути приголомшливим. Це, наприклад, 32 ETH в мережі Ethereum (приблизно \$44 600 на момент написання статті), 1000 DASH в однойменному блокчейні (\$47 820), 10 000 XTZ в Tezos (\$8 400). Що стосується термінів ставки, то вони можуть коливатися від кількох днів до кількох років. Якщо валідатор вийде з мережі, йому загрожує штраф.

Холодна розбивка. Монети заблоковані на балансі холодного гаманця; вам не потрібно бути весь час онлайн; нарахування припиняється відразу після розморожування та виведення монет.

Делегований стекінг. Монети передаються посереднику, а він розміщує їх разом з криптовалютою інших клієнтів. Якщо клієнтів багато, то посередник накопичує велику кількість монет і, відповідно, має високі шанси мати право згенерувати блок і отримати дохід.

Таблиця 2.4

Плюси та мінуси Proof of Work от Proof of Stake

Критерії	PoW	PoS
Енергозатрати	Високі енергозатрати через необхідність складних обчислень	Низькі енергозатрати, оскільки не потрібно великих обчислень
Безпека	Надійний захист від атак шляхом великих обчислювальних ресурсів	Залежить від розміру стейка, що може спричинити ризики концентрації
Децентралізація	Забезпечує децентралізацію через майнерів	Може спричинити концентрацію токенів у великих валідаторів
Доступність участі	Майнінг вимагає дорогого обладнання	Доступність участі
Швидкість транзакцій	Відносно повільна обробка транзакцій	Швидша обробка транзакцій

Алгоритм консенсусу Proof-of-Stake має великий потенціал. Він значно доступніший для людей, які хочуть стати валідаторами, ніж Proof-of-Work для тих, хто хоче майніти.

Але найголовнішою його перевагою є екологічність, оскільки він не вимагає великої потужності обладнання і, як наслідок, великих енерговитрат.

2.3. Оцінка екологічного впливу існуючих процесів майнінгу

Сучасні процеси майнінгу криптовалют формують значне екологічне навантаження, що зумовлено специфікою технічних рішень, високою енергоємністю обладнання та масштабами глобальної мережі блокчейнів. Майнінг як процес обчислення криптографічних хешів побудований на постійному виконанні великої кількості операцій, що потребує значних

потужностей, а отже — електроенергії. У цьому контексті оцінка екологічного впливу включає аналіз енергоспоживання, викидів парникових газів, теплового забруднення, утворення електронних відходів, а також впливу на локальні екосистеми в місцях розміщення майнінгових ферм.

Одним із ключових екологічних аспектів є масштаб глобального енергоспоживання майнінговою індустрією. Найбільш ресурсоємним є майнінг на алгоритмі Proof-of-Work (PoW), що використовується такими криптовалютами, як Bitcoin та деякі інші altcoin. Мережа Bitcoin традиційно утримує провідні позиції за обсягами споживаної енергії: у найбільш інтенсивні періоди вона може бути співставною з енергоспоживанням невеликих країн. Причиною цього є необхідність підтримки постійної обчислювальної активності, яка забезпечує безпеку мережі.

Майнінг, або Proof-of-Work [19], є процесом видобутку цифрової валюти за допомогою спеціалізованого обладнання, який здійснюють учасники мережі [20]. Показник складності майнінгу [19] визначається хешрейтом мережі та часом, витраченим на знаходження попередніх блоків. Якщо хешрейт збільшується, це означає, що до майнінгу криптовалюти приєдналися нові учасники, додавши своє обладнання до мережі. Це призводить до зростання обчислювальної потужності мережі, що зменшує час, необхідний для знаходження блоку, порівняно з нижчим хешрейтом.

Хешрейт [20] – це сумарна обчислювальна потужність майнінгового обладнання, залученого в процес видобутку криптовалюти.

Сучасні майнери на базі ASIC-мікросхем демонструють значне зростання продуктивності, проте збільшення потужності супроводжується і зростанням споживання електроенергії. Наприклад, середнє споживання однієї високопродуктивної майнінгової установки може перевищувати 2–3 кВт. У випадку великих майнінгових ферм, що містять сотні або тисячі одиниць обладнання, енергоспоживання досягає рівня промислових підприємств, створюючи суттєве навантаження на локальні енергосистеми.

Другим важливим фактором екологічного впливу є утворення теплового забруднення, яке є наслідком перетворення спожитої електроенергії у тепло. Системи охолодження, зокрема повітряні або рідинні, є невід'ємною частиною майнінгових систем, оскільки безпека та стабільність функціонування обладнання безпосередньо залежить від підтримання належної температури. Однак такі системи самі по собі споживають додаткову енергію, збільшуючи загальний енергетичний слід майнінгу. При цьому надлишкове тепло, що не утилізується, викидається у навколишнє середовище, спричиняючи додатковий локальний вплив на мікроклімат, особливо в місцях щільного розташування майнінгових ферм.

Третім аспектом є викиди парникових газів, що опосередковано пов'язані зі споживанням електроенергії. Ступінь вуглецевого сліду майнінгу залежить від того, з яких джерел виробляється електроенергія. У регіонах, де електрична енергія генерується переважно з викопного палива (вугілля, газу або нафти), кожен кіловат-година спожитої електроенергії призводить до викидів CO_2 .

Збільшення світового хешрейту тісно корелює зі збільшенням викидів CO_2 . Якщо вуглекислого газу при спалюванні вугілля виділяється більше 1 кг на 1 кВт·год [21], то, на основі попередніх обчислень, в атмосферу потрапляє більше ніж 216 000 тонн CO_2 кожен день. Зв'язок між зростанням хешрейту та викидами CO_2 наведено на рис.2.2. Обчислене значення кореляції Пірсона, для піврічних даних хешрейту та викидами CO_2 за період з 2014 по 2023 роки, дорівнює 0,87, що свідчить про наявність сильної лінійної залежності [21].

Майнінг у таких регіонах має значно вищий рівень екологічного забруднення, ніж у регіонах, де поширені відновлювані джерела. Не менш важливим є те, що швидке зростання майнінгових ферм може стимулювати збільшення виробництва електроенергії з невідновлюваних джерел, що має потенційно довготривалі негативні наслідки.

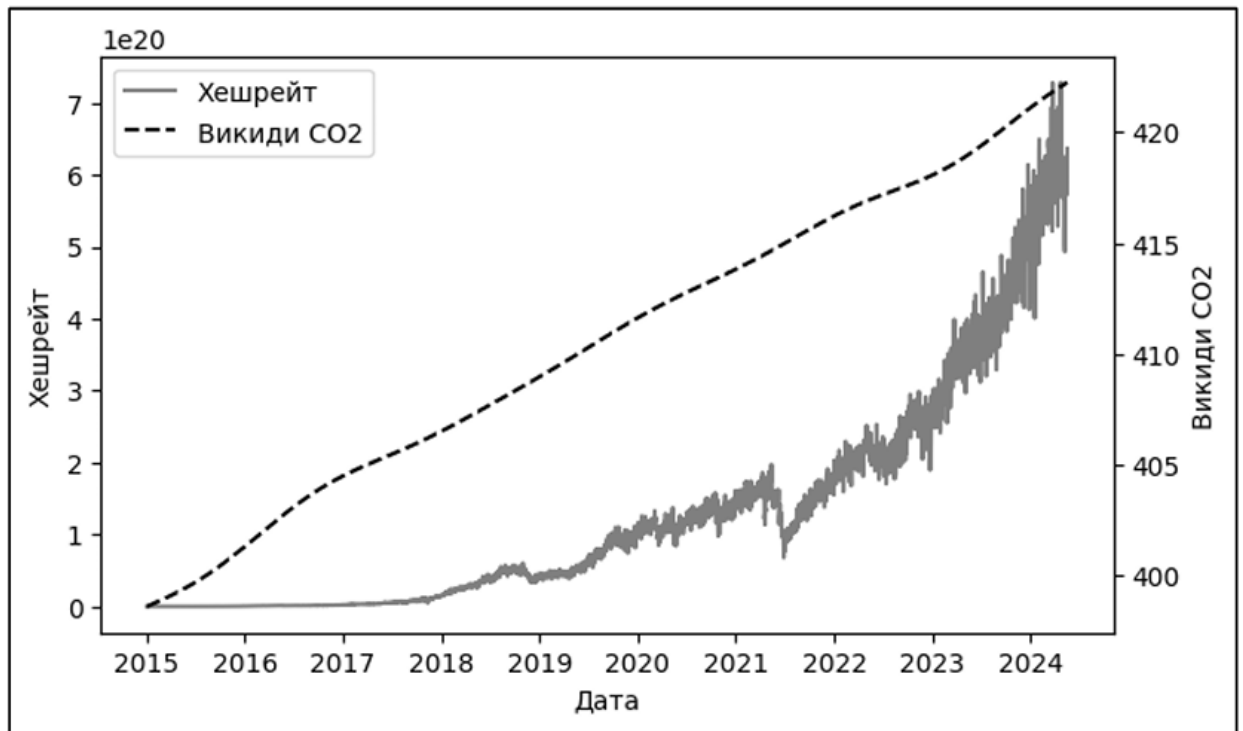


Рис.2.2. Графік хешрейту (суцільна лінія, ліва вісь ординат, одиниця виміру 10^{20} Х/с) та викидів CO₂ (штрихова лінія, права вісь ординат) за період з 2015 по 2024 роки [22].

Особливу увагу привертає і проблема електронних відходів (e-waste). Майнінгове обладнання, особливо ASIC, має обмежений життєвий цикл. Технологічний прогрес у галузі криптообчислень спричиняє швидке моральне старіння пристроїв — типово через 1,5–3 роки після випуску нової моделі їх економічна ефективність знижується настільки, що подальше використання стає нерентабельним. У результаті на ринок потрапляють великі обсяги електронного брухту, утилізація якого є складною та екологічно небезпечною через наявність важких металів, токсичних компонентів і низький рівень переробки у більшості країн. Неконтрольоване накопичення таких відходів становить загрозу як для ґрунтів та води, так і для здоров'я людей.

Ще одним критичним аспектом є вплив майнінгових процесів на локальні інфраструктури та екосистеми. Розміщення великих майнінгових центрів може створювати локальне перевантаження електричних мереж, що у деяких випадках призводить до перебоїв у забезпеченні електроенергією приватних

домогосподарств або малих підприємств. Крім того, шумове забруднення, спричинене роботою потужних вентиляторів та систем охолодження, може негативно впливати на якість життя місцевих мешканців. У регіонах з недостатньо розвиненою інфраструктурою такі фактори набувають ще більшого значення.

Варто також зазначити, що екологічний вплив майнінгу залежить не лише від технічних параметрів обладнання, але й від організаційного рівня оптимізації процесів. Неефективні схеми охолодження, недостатня вентиляція приміщень, перевантаження електричних мереж та недосконалі алгоритми управління потужністю — усе це погіршує екологічну ситуацію та призводить до надмірних витрат ресурсів. Раціональна організація процесів здатна суттєво знизити негативні наслідки, проте на практиці це вимагає додаткових інвестицій, високої кваліфікації персоналу та застосування сучасних технологій.

Екологічний вплив існуючих майнінгових процесів є багатофакторним і комплексним. Ключові проблемні зони включають надмірне споживання електроенергії, високі непрямі викиди CO₂, утворення електронних відходів, локальне теплове та шумове забруднення, а також ризики для сталості енергетичних систем. Ці фактори у сукупності формують значний негативний екологічний слід, який зростає пропорційно масштабам індустрії.

Дослідження впливу майнінгу криптовалют на екологію потребує використання комплексної інформаційно-аналітичної системи [20], яка повинна забезпечувати збір, збереження, аналіз та візуалізацію даних, що стосуються енергоспоживання, екологічних аспектів. Така інформаційно-аналітична система повинна забезпечувати автоматичний збір даних про хешрейт криптовалют з різних джерел, а також видобувати дані про енергоспоживання майнінгового обладнання, про вартість електроенергії та використання природних ресурсів для її генерації.

Інформаційно-аналітична система для дослідження впливу майнінгу криптовалют на економіку та екологію являє собою складну структуру, що

охоплює декілька важливих компонентів та процесів. Для комплексного підходу до даного дослідження систему було поділено на три головних модулі, як показано на рис. 2.3: модуль збору інформації, модуль аналізу даних, модуль збереження та візуалізації даних.

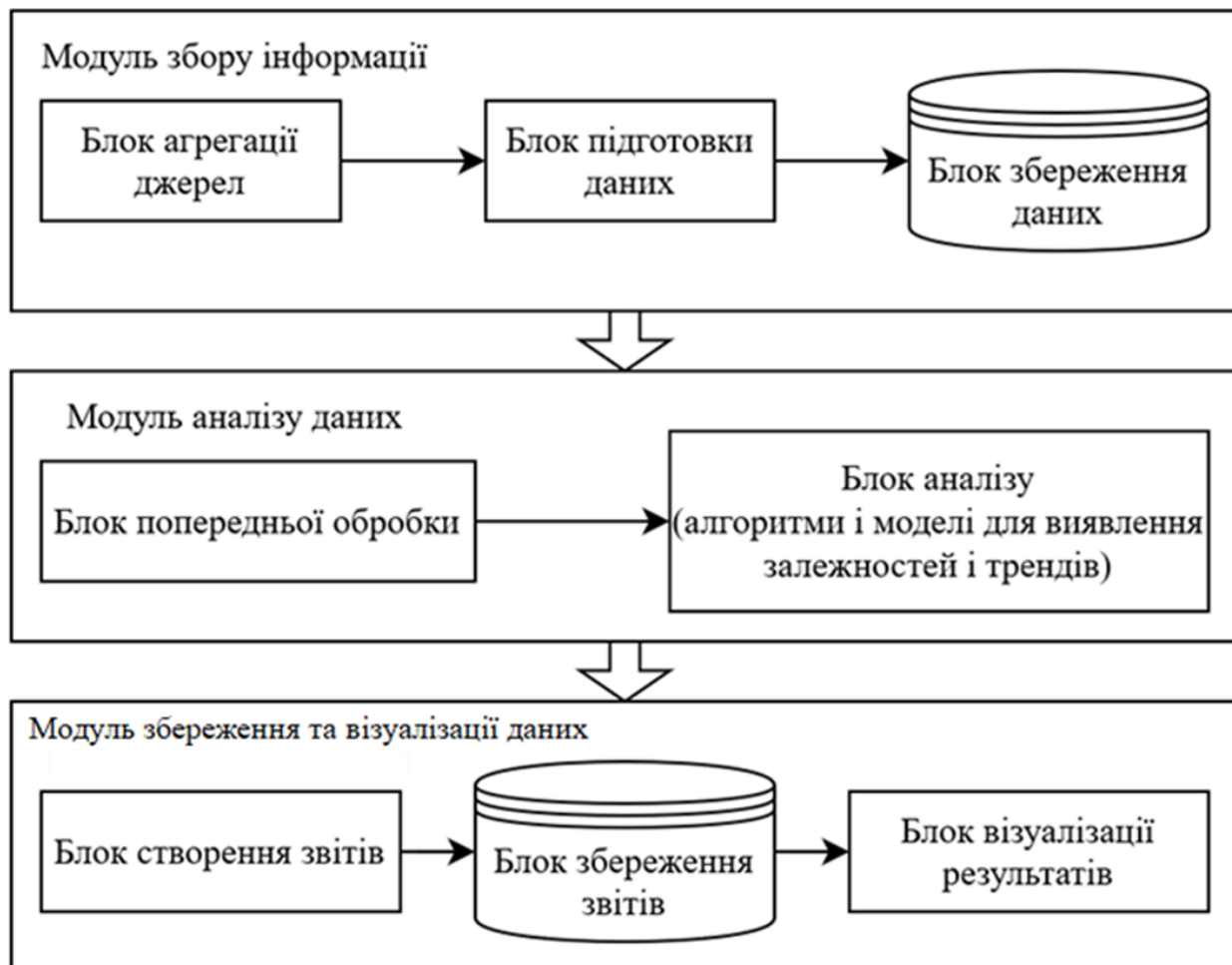


Рис. 2.3. Структура інформаційно-аналітичної системи [20]

Оцінка впливу доводить необхідність впровадження інноваційних рішень, спрямованих на енергоефективність, використання відновлюваних джерел, оптимізацію систем охолодження, інтелектуальне керування навантаженнями та збільшення терміну служби обладнання. Такий підхід дозволить мінімізувати екологічні ризики та забезпечити більш стабільне функціонування майнінгових процесів у довгостроковій перспективі.

Висновок до розділу 2

На основі проведеного у розділі дослідження можна зробити висновок про те, що ринок криптовалют – це не просто новий сегмент цифрової економіки, а ціла екосистема, яка інтегрує фінансові інновації, комп'ютерні технології та економічні механізми в єдине інформаційне середовище. Його склад охоплює широкий спектр учасників: від розробників блокчейн-проектів і трейдерів до державних регуляторів і великих інституційних інвесторів.

Екологічний вплив сучасних майнінгових процесів є багатограним та складним. Основні проблемні аспекти включають надмірне споживання енергії, значні непрямі викиди CO₂, накопичення електронних відходів, локальне теплове й шумове забруднення, а також загрозу стабільності енергетичних систем. Усі ці чинники разом створюють суттєвий негативний екологічний слід, який збільшується у міру зростання масштабів індустрії.

Аналіз впливу підтверджує важливість впровадження інноваційних рішень, спрямованих на підвищення енергоефективності, використання відновлюваних джерел енергії, оптимізацію систем охолодження, впровадження інтелектуального керування навантаженнями та продовження терміну служби обладнання. Такий підхід сприятиме зниженню екологічних ризиків і забезпечить більш стабільне функціонування майнінгових процесів у довгостроковій перспективі.

РОЗДІЛ 3.

РОЗРОБЛЕННЯ ПРОЄКТУ З ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ ТА ЗМЕНЬШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО ВПЛИВУ

3.1. Вибір оптимальних рішень для екологічного вдосконалення

Незважаючи на те що майнінг криптовалют часто розглядають як винуватця за зростання споживання енергії у світі, він має потенціал для підвищення здійсненності енергетичних проєктів, розширення доступу до електроенергії та живлення енергомістких мереж криптовалют за допомогою відновлюваної енергії.

Сьогодні майнінг криптовалют є досить великим бізнесом. Основна проблема, яка може звести все нанівець, — це величезна кількість енергії, яка потрібна для видобутку криптовалют. Обчислення хеш-функцій досить сильно навантажують процесори, що збільшує енергоспоживання і провокує потужне виділення тепла.

Вибір оптимальних рішень для екологічного вдосконалення майнінгових процесів є ключовим етапом формування проєкту, спрямованого на зменшення негативного впливу майнінгової інфраструктури на довкілля. Це потребує багатокритеріального підходу, що враховує технічні, економічні, екологічні та експлуатаційні параметри. Основними критеріями вибору є енергоспоживання, рівень вуглецевих викидів, можливість повторного використання ресурсів, технологічна доступність, надійність і відповідність сучасним стандартам сталого розвитку.

Першим етапом є аналіз технологічних альтернатив майнінгового обладнання. Сучасні ASIC-пристрої різних виробників характеризуються неоднаковою питомою продуктивністю (J/TH), що визначає ефективність споживання електроенергії. Оптимальним рішенням є впровадження обладнання з мінімальними втратами енергії та максимальною

обчислювальною продуктивністю. У рамках проєкту доцільно використовувати моделі, що забезпечують зниження питомого енергоспоживання щонайменше на 20–30% порівняно з попередніми поколіннями. Це дозволяє скоротити загальний енергетичний слід майнінгового комплексу без втрати ефективності.

Другим напрямом оптимізації є вибір екологічно збалансованих систем охолодження. Традиційні повітряні системи охолодження створюють значне енергетичне навантаження, а їх ефективність знижена при високій температурі навколишнього середовища. У зв'язку з цим оптимальним рішенням є впровадження рідинного або гібридного охолодження. Рідинні системи забезпечують до 50% економії енергії, знижують шумове забруднення та сприяють стабілізації роботи обладнання. Важливою їх перевагою є можливість утилізації тепла — повторне використання теплової енергії у побутових, промислових або комунальних цілях. Такий підхід дозволяє інтегрувати майнінг у локальні енергетичні системи з користю для громади або підприємства.

Третій компонент оптимального рішення — використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ). Вибір між сонячною, вітровою, мінігідро- чи геотермальною генерацією залежить від природних умов локації. Комбінована система, що об'єднує кілька джерел ВДЕ з акумуляторними батареями, забезпечує стабільність живлення навіть за відсутності сонця або вітру. Використання ВДЕ дозволяє знизити залежність майнінгового комплексу від традиційних енергосистем, зменшити вуглецеві викиди й забезпечити автономність операцій. Для регіонів України з високим потенціалом сонячної та вітрової генерації такий підхід є особливо ефективним.

Четвертим важливим рішенням є впровадження інтелектуальних систем моніторингу та управління енергоспоживанням. Системи Energy Management Systems (EMS) дозволяють контролювати параметри роботи обладнання в реальному часі, прогнозувати пікові навантаження та оптимізувати розподіл енергії. Використання алгоритмів машинного навчання забезпечує автоматичне регулювання потужності майнерів, своєчасне виявлення перегрівань або

аномалій, а також підвищення загальної стабільності роботи. Завдяки цьому зменшується частота аварійних ситуацій, знижується потреба в технічному обслуговуванні та оптимізується витрата ресурсів.

П'ятим аспектом є інфраструктурні рішення для зменшення обсягів електронних відходів. Вибір обладнання з модульною конструкцією забезпечує можливість заміни окремих компонентів без утворення повноцінного електронного брухту. Крім того, взаємодія з сертифікованими центрами утилізації та вибір виробників, що пропонують програми повернення та переробки ASIC-пристроїв, є важливим елементом екологічної стратегії. Продовження терміну служби обладнання, повторне використання компонентів і грамотне поводження з відходами значно знижують екологічний вплив.

Окреме значення має географічна оптимізація майнінгових потужностей. Вибір місця розташування ферми впливає на ефективність охолодження, вартість електроенергії, доступність ВДЕ та логістичні витрати. Наприклад, розміщення майнінгових центрів у регіонах із природно низькою температурою дозволяє зменшити навантаження на системи охолодження, а близькість до сонячних або вітрових електростанцій — зменшити втрати під час передачі енергії.

Вибір оптимальних рішень для екологічного вдосконалення майнінгових процесів має ґрунтуватися на комплексному аналізі обладнання, енергетичної інфраструктури, систем охолодження, технологій управління та екологічних стандартів. Раціональне поєднання цих рішень дозволить створити сталу модель майнінгу, яка мінімізує негативний вплив на довкілля, підвищує економічну ефективність та забезпечує надійну та довготривалу роботу майнінгового комплексу.

3.2. Розробка покращеної моделі майнінгового процесу

Удосконалення майнінгових процесів з метою зменшення їх екологічного впливу потребує розроблення комплексної моделі, яка враховує технічні, організаційні та енергетичні аспекти. Традиційні майнінгові системи

характеризуються високим енергоспоживанням, значним тепловиділенням та низькою ефективністю використання електроенергії, що обумовлює необхідність переосмислення підходів до побудови інфраструктури та взаємодії її компонентів (рис.3.1).



Рис.3.1 Традиційна модель майнінгового процесу

Перехід до екологічно орієнтованої моделі передбачає формування модернізованої архітектури майнінгового комплексу. Її основу становлять високоефективні ASIC-пристрої нового покоління з поліпшеними характеристиками на ват (J/TH), що дозволяє зменшити загальний рівень

споживання енергії при збереженні або зростанні обчислювальної потужності. Додатково модель передбачає оптимізацію просторового розміщення обладнання, що забезпечує максимальну ефективність теплообміну та мінімальні втрати енергії (рис.3.2).



Рис.3.2. Вдосконалена модель майнингового процесу

Структура модернізованої майнінгової моделі включає такі основні елементи:

1. Обчислювальний модуль — майнери з підвищеною енергоефективністю;
2. Системи енергетичного менеджменту (EMS) — адаптоція роботи майнінгового обладнання;
3. Система охолодження — впровадження рідинних або гібридних систем;

4. Система живлення — застосування відновлюваних джерел енергії або комбінованих схем;

5. Центр керування та моніторингу — інтелектуальні системи контролю навантаження;

6. Модулі утилізації тепла та побічних продуктів діяльності.

Кожен із цих структурних компонентів виконує ключову роль у зменшенні екологічного навантаження, забезпечуючи раціональне використання енергії та збільшення загальної стійкості процесу (табл.3.1).

Таблиця 3.1

Елементи модернізованої моделі

Назва елемента		Функції
Оптимізація енергоспоживання	За рахунок впровадження алгоритмів динамічної адаптації потужності. Використання інтелектуальних контролерів дозволяє регулювати напругу та частоту ядра ASIC-чипів відповідно до обчислювального навантаження та температурних показників.	Такий підхід дозволяє забезпечити баланс між продуктивністю та споживанням електроенергії, мінімізуючи надлишкові витрати.
Системи енергетичного менеджменту (EMS)	Аналізують пікові періоди навантаження в електромережі та адаптують роботу майнінгового обладнання, зменшуючи споживання енергії у години максимального тарифу. Це забезпечує зниження операційних витрат та зменшення непрямого вуглецевого сліду, оскільки у пікові години електростанції частіше використовують резервні потужності з високим рівнем викидів CO ₂ .	Такий підхід дозволяє забезпечити баланс між продуктивністю та споживанням електроенергії, мінімізуючи надлишкові витрати.
Рідинне або гібридне охолодження	Система охолодження є одним із найважливіших елементів енергоефективної моделі. Традиційні повітряні системи, що використовуються більшістю майнінгових ферм, мають низький коефіцієнт корисної дії та значні енергетичні втрати. Покращена модель передбачає перехід до рідинного охолодження	У рамках покращеної моделі пропонується: – використання систем зберігання енергії (LiFePO ₄ -акумуляторів); – балансування навантажень між мережею та локальною генерацією; – орієнтація на регіони з високим потенціалом ВДЕ;

	занурювального типу (immersion cooling) або гібридних систем, де поєднуються повітряні та рідинні методи.	– прогнозування виробництва енергії на основі погодних даних. Можливість «утилізації надлишкового тепла», яке може бути використане для обігріву виробничих приміщень, теплиць або подачі в місцеві системи централізованого опалення. Це перетворює майнінгове тепло з побічного продукту на корисний ресурс, що сприяє зменшенню загальної енергозалежності.
Інтеграція відновлюваних джерел енергії	Сучасна екологічно орієнтована модель майнінгу неможлива без інтеграції сонячної, вітрової, малої гідро- чи геотермальної енергетики. Відновлювані джерела дозволяють значно знизити викиди CO ₂ , а також забезпечити стійкість до коливань тарифів на електроенергію.	Дозволяють уникнути простоїв обладнання в періоди недостатньої генерації та забезпечують постійну роботу майнінгових ферм. У рамках покращеної моделі пропонується: – використання систем зберігання енергії (LiFePO₄-акумуляторів); – балансування навантажень між мережею та локальною генерацією; – орієнтація на регіони з високим потенціалом ВДЕ; – прогнозування виробництва енергії на основі погодних даних. Це дає змогу не лише покращити екологічні показники, а й підвищити економічну ефективність майнінгових операцій.
Інтелектуальна система моніторингу й управління	Для забезпечення стабільності та ефективності роботи покращеної моделі застосовується інтелектуальна система управління майнінговим процесом, що базується на алгоритмах машинного навчання.	Основні її функції: – моніторинг стану обладнання у реальному часі; – автоматичне виявлення аномалій та збоїв; – прогнозування ймовірності виходу з ладу окремих компонентів; – адаптивне регулювання потужності; – оптимізація температурних режимів; – ведення журналу екологічних показників. Завдяки цьому майнінгова система функціонує у найбільш ефективному режимі,

		зменшуючи кількість непотрібних простоїв і втрат енергії.
Утилізація та переробка компонентів	З огляду на високу швидкість морального старіння обладнання важливо запровадити механізми повторного використання та переробки ASIC-чипів, блоків живлення, вентиляційних систем і корпусів.	Модель передбачає співпрацю з сертифікованими центрами утилізації та розробку внутрішніх протоколів передпроектного аналізу зношеності обладнання. Завдяки цьому зменшується кількість електронних відходів, що становлять загрозу довкіллю, та підвищується загальний рівень екологічної відповідальності проекту.

Покращена модель майнінгового процесу демонструє, що екологічна оптимізація можлива за умов комплексного підходу, який включає модернізацію обладнання, перехід до енергоефективних і безпечних технологій охолодження, інтеграцію відновлюваних джерел енергії та впровадження інтелектуальних систем керування. Така модель не лише зменшує екологічний вплив майнінгових операцій, а й підвищує їхню економічну стійкість, збільшуючи конкурентоздатність проекту та його довготривалу ефективність.

3.3. Оцінка ризиків та розробка стратегії їх мінімізації

Ефективне управління ризиками є критично важливою складовою проєктів, пов'язаних із екологічним удосконаленням майнінгових процесів. Високий рівень енергоспоживання, інтенсивне тепловиділення, швидке моральне старіння обладнання та залежність від зовнішнього середовища роблять майнінгову інфраструктуру потенційно вразливою до технічних, економічних, екологічних та регуляторних ризиків. Комплексна оцінка цих ризиків дозволяє сформувати ефективні механізми управління, спрямовані на їх запобігання або мінімізацію впливу на проєкт.

Можна виділити чотири основні групи ризиків майнінгу: технічні, екологічні, економічні та правові табл.3.3.

Таблиця 3.3

Основні групи ризиків майнінгу

Ризики	Характеристика ризику	Наслідки
Технічні	• відмова або перегрів майнінгового обладнання; • нестабільність роботи систем охолодження; • збої в електропостачанні; • недостатня продуктивність оновленої моделі майнінгу; • помилки в алгоритмах інтелектуальних систем моніторингу.	Можуть призвести до простоїв, підвищених витрат на технічне обслуговування і втрати ефективності, а також збільшення енергоспоживання, що негативно впливає на екологічні показники.
Екологічні	• некоректне поводження з відпрацьованими компонентами майнерів; • можливі витoki теплоносіїв у системах рідинного охолодження; • збільшення шумового або теплового забруднення у разі неправильного налаштування обладнання; • недосягнення заявлених показників зменшення енергоспоживання.	Можуть знизити загальну екологічну ефективність проєкту та спричинити додаткові витрати на усунення наслідків.
Економічні	• коливання вартості електроенергії; • зростання вартості обладнання та матеріалів; • непередбачувані витрати на технічне обслуговування; • зниження рентабельності майнінгу через падіння ринкової вартості криптовалют.	Можуть вплинути на загальну окупність системи та ефективність запроваджених екологічних заходів.
Правові	• зміни у законодавстві щодо майнінгу, енергоспоживання або екологічних норм; • підвищення екологічних вимог до електронних відходів; • можливі обмеження щодо підключення до електромереж або використання ВДЕ.	Можуть вплинути на сталість функціонування майнінгового проєкту та вимагати адаптації до нових норм.

Для оцінки ризиків використовується поєднання якісних та кількісних методів, таких як: SWOT-аналіз, метод експертних оцінок, матриця ймовірності та наслідків, аналіз чутливості, FMEA-аналіз (Failure Mode and Effects Analysis).

Побудуємо матрицю ризиків майнінгового проекту.

Критерії оцінювання

Ймовірність (P):

- 1 — низька,
- 2 — середня,
- 3 — висока

Наслідки (I):

- 1 — незначні,
- 2 — середні,
- 3 — критичні

Рівень ризику ($R = P \times I$):

- 1–2 — низький
- 3–4 — середній
- 6–9 — високий

Категорія ризику	Опис ризику	Ймовірність (P)	Наслідки (I)	Рівень (R)
Технічний	Перегрів майнінгового обладнання	3	3	9
	Відмова системи живлення / скачки напруги	2	3	6
	Збої інтелектуальної системи моніторингу	2	2	4
	Кібератаки на систему управління	1	3	3
Екологічний	Витік теплоносія у системі рідинного охолодження	2	3	6
	Перевищення допустимого теплового навантаження на оточення	2	2	4
	Неправильна утилізація електронних відходів	2	2	4
Економічний	Підвищення тарифів на електроенергію	3	2	6
	Різне падіння вартості криптовалют	2	3	6
	Подорожчання обладнання	2	2	4
Правовий	Зміна законодавства щодо майнінгу або ВДЕ	2	3	6
	Обмеження на використання великої потужності	1	3	3

	Скарги громади на шум або тепло	1	2	2
--	---------------------------------	---	---	---

Рис. 3.4 Матриця ризиків майнінгового проекту

	1	2	3
3	3	6	9
2	2	4	6
1	1	2	3

Рис.3.5.Матриця ймовірності і наслідків

Отже, значну увагу потрібно приділяти таким потенційним ризикам як: технічні - перегрів обладнання та відмова системи живлення та економічні - підвищення тарифів на електроенергію та різке падіння вартості крипто валют.

Усі найбільш критичні ризики пов'язані насамперед із енергетичною залежністю, технічними збоями та екологічною безпекою.

Після аналізу ризиків сформовано комплекс заходів, спрямованих на їх запобігання, зменшення або перенесення.

Зниження технічних ризиків:

1.Впровадження інтелектуальної системи моніторингу, що забезпечить контроль температурних режимів, виявлення аномалій, відстеження стану вузлів у реальному часі, автоматичне регулювання обчислювальної потужності.

2.Модульність обладнання: використання техніки з можливістю швидкої заміни окремих блоків зменшує тривалість ремонтів і простоїв;

3.Використання резервних систем живлення: джерела безперебійного живлення (UPS) та акумуляторні системи дозволяють уникнути аварійних відключень.

4.Регулярне технічне обслуговування: впровадження графіків профілактики знижує ймовірність несподіваних відмов.

Зменшення екологічних ризиків:

1.Професійна утилізація електронних відходів:укладення договорів з ліцензованими підприємствами гарантує дотримання екологічних норм.

2.Контроль за системами рідинного охолодження регулярна перевірка герметичності, використання екологічно безпечних теплоносіїв, автоматичні датчики витоку.

3.Оптимізація теплового поля майнінгової ферми: коректна вентиляція та температурне балансування запобігають надлишковому тепловому впливу на довкілля.

4.Інтеграція ВДЕ:дозволяє знизити непрямі викиди CO₂ та загальний карбоновий слід.

Мінімізація економічних ризиків:

1.Енергетичний менеджмент EMS: оптимізація споживання електроенергії відповідно до тарифів знижує фінансові втрати.

2.Диверсифікація джерел живлення:поєднання традиційної мережі та ВДЕ забезпечує незалежність від коливань тарифів.

3.Створення фонду резервного фінансування:частина доходу спрямовується на покриття непередбачених витрат.

4.Прогнозування ринку крипто валют:хоча точність прогнозів обмежена, використання аналітичних моделей знижує ризик різкого падіння доходів.

5.Оптимізація оновлення обладнання: планова заміна техніки дозволяє зменшити витрати, пов'язані з її моральним зношенням.

Зменшення правових ризиків:

1.Моніторинг законодавства України та ЄС: враховуючи тенденції до посилення екологічних норм, важливо постійно відстежувати зміни.

2.Дотримання стандартів ISO 14001 та ISO 50001: забезпечить відповідність системи міжнародним екологічним та енергетичним вимогам.

3.Співпраця з місцевими органами влади: дозволить уникнути конфліктів інтересів під час розміщення майнінгових ферм, особливо з точки зору шуму та теплового впливу.

4.Гнучкість інфраструктури: модульна архітектура обладнання дозволить швидко адаптуватися до нових вимог.

Оцінка ризиків і формування стратегії їх мінімізації є невід’ємною частиною екологічного вдосконалення майнінгових процесів. Завдяки комплексному підходу, що охоплює технічні, екологічні, економічні та правові аспекти, проєкт отримує високу стійкість до зовнішніх і внутрішніх загроз.

Реалізація запропонованих заходів забезпечить надійну роботу обладнання, зниження енергоспоживання, скорочення вуглецевого сліду та підвищення економічної ефективності модернізованої майнінгової інфраструктури.

Висновок до розділу 3

Вибір оптимальних рішень для екологічного вдосконалення майнінгових процесів є ключовим етапом формування проєкту, спрямованого на зменшення негативного впливу майнінгової інфраструктури на довкілля. Це потребує багатокритеріального підходу, що враховує технічні, економічні, екологічні та експлуатаційні параметри. Основними критеріями вибору є енергоспоживання, рівень вуглецевих викидів, можливість повторного використання ресурсів, технологічна доступність, надійність і відповідність сучасним стандартам сталого розвитку.

Було розроблено покращену модель майнінгового процесу, яка демонструє, що екологічна оптимізація можлива за умов комплексного підходу, який включає модернізацію обладнання, перехід до енергоефективних і безпечних технологій охолодження, інтеграцію відновлюваних джерел енергії та впровадження інтелектуальних систем керування. Така модель не лише зменшує екологічний вплив майнінгових операцій, а й підвищує їхню економічну стійкість, збільшуючи конкурентоздатність проєкту та його довготривалу ефективність.

Проведена оцінка ризиків і формування стратегії їх мінімізації є невід'ємною частиною екологічного вдосконалення майнінгових процесів. Завдяки комплексному підходу, що охоплює технічні, екологічні, економічні та правові аспекти, проєкт отримує високу стійкість до зовнішніх і внутрішніх загроз.

Реалізація запропонованих заходів забезпечить надійну роботу обладнання, зниження енергоспоживання, скорочення вуглецевого сліду та підвищення економічної ефективності модернізованої майнінгової інфраструктури.

РОЗДІЛ 4.

РОЗРОБКА ТА ПРОЄКТУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО ПРОЄКТУ

4.1. Характеристика об'єкта дослідження

У межах даної магістерської роботи об'єктом практичної частини є умовна майнінг-ферма середнього масштабу, розміщена на території промислової зони одного з регіонів України. Підприємство функціонує на основі використання обладнання типу ASIC з сумарною встановленою потужністю 1,2 МВт. Основними елементами інфраструктури є: серверні стелажі, система охолодження повітряного типу, розподільчі електричні щити, система відеоспостереження та дизельний резервний генератор.

Майнінг-ферма розміщена у виробничому ангарі площею близько 1200 м², що дозволяє зручно розташувати обладнання, організувати технічні проходи, забезпечити вентиляцію та інженерні системи.

Сумарна встановлена потужність майнінг-ферми становить 1,2 МВт, що є типовим показником для об'єктів середнього масштабу. Живлення здійснюється від промислової електромережі напругою 10 кВ через власну комплектну трансформаторну підстанцію (КТП), оснащену: трансформатором потужністю 1600 кВА; розподільчим щитом 0,4 кВ; автоматизованою системою захисту та контролю навантажень.

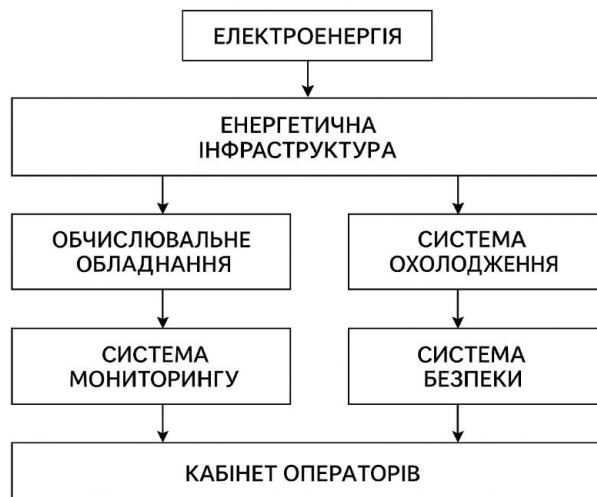


Рис.4.1 Структурно-функціональна модель майнінг- ферми

Основні особливості енергетичної структури:

- Високе базове навантаження. Майнінг-обладнання працює у режимі 24/7, що потребує стабільного енергопостачання без пікових коливань.
- Висока чутливість до збоїв електроживлення. Навіть короточасні відключення можуть призвести до: втрати обчислювальної потужності, зниження продуктивності, можливого виходу обладнання з ладу.
- Стабілізація напруги. Використовуються автоматичні системи корекції напруги та промислові стабілізатори, оскільки стрибки у промисловій зоні є частим явищем. Для забезпечення безперебійної роботи встановлено дизельний резервний генератор потужністю 600 кВт, що дозволяє підтримувати роботу частини обладнання та аварійне охолодження на випадок тривалих збоїв в електропостачанні.

Основу обчислювальної інфраструктури ферми складають ASIC-пристрої, призначені для обчислення SHA-256 та інших алгоритмів хешування, залежно від вибраної криптовалюти. ASIC нового покоління з продуктивністю 90–110 TH/s при енергоспоживанні 3000–3500 Вт; пристрої попередніх поколінь із нижчою енергоефективністю (65–75 TH/s), які залишаються в експлуатації, але розглядаються як кандидати для модернізації або заміни.

Усього на фермі розміщено близько 350–420 одиниць обладнання, встановлених на серверних стелажах промислового типу. Конструкція стелажів

забезпечує: оптимальний розподіл потоків повітря; доступність для обслуговування; можливість масштабування.

Блоки живлення обладнання мають сертифікацію 80 PLUS Gold / Platinum, однак частина старших моделей демонструє нижчу енергоефективність, що є фактором підвищеного енергоспоживання та тепловиділення.

На момент початку дослідження ферма використовує систему повітряного охолодження змішаного типу, яка складається з: високопродуктивних вентиляторів подачі та витяжки повітря; повітропроводів для організації спрямованих потоків; кондиціонерів промислового типу для локального охолодження. Особливістю системи є те, що: у зимовий період охолодження є достатньо ефективним завдяки використанню холодного зовнішнього повітря; влітку спостерігається значне теплове навантаження, що призводить до пікових температур 75–85°C на обладнанні; вентилятори працюють на підвищених обертах, створюючи високий рівень шуму (85–90 дБ); значна частина теплової енергії просто викидається в навколишнє середовище. Ці фактори визначили актуальність переходу до рідинного або гібридного охолодження.

Для забезпечення безперервної роботи ферма оснащена такими системами безпеки та контролю: система відеоспостереження на 32 камери з нічним режимом; датчики температури та вологості в ключових точках приміщення; моніторинг електроспоживання на рівні кожної групи стелажів; система сповіщення про пожежу, включаючи димові датчики; доступ за RFID-картками для персоналу.

Система контролю працює у напівавтоматичному режимі та потребує модернізації, зокрема: впровадження IoT-сенсорів для точнішого контролю параметрів; автоматизації логів і звітності; інтеграції з новою системою управління енергоспоживанням (EMS).

Майнінг-ферма має кілька ключових аспектів, що формують її екологічний профіль:

1. Високе споживання електроенергії. Є основним джерелом вуглецевого сліду, особливо за умови використання електромережі з високою часткою теплової генерації.

2. Значне тепловиділення. Теплова енергія не утилізується, що підвищує температуру ґрунту та повітря у локальній зоні.

3. Утворення електронних відходів (e-waste). ASIC-и мають короткий життєвий цикл (2–4 роки), що створює відчутний екологічний тиск.

4. Шумове забруднення. Рівень шуму перевищує санітарні норми для населених зон, однак розташування у промисловому секторі мінімізує соціальний вплив.

5. Залежність від сезонних температур. Підвищує ризики перегріву та прямих викидів гарячого повітря в атмосферу.

На підприємстві працює група із 10 спеціалістів, що включає: операторів майнінгових установок; інженерів з охолодження; електриків та фахівців з енергетики; IT-адміністраторів; техніків з ремонту та обслуговування.

Організаційна структура не має централізованої системи управління ефективністю, що створює: ризики нерівномірного навантаження обладнання, складнощі з обліком витрат, труднощі з взаємодією між технічними підрозділами.

Проведений аналіз дозволяє зробити висновок, що майнінг-ферма середнього масштабу є складним високотехнологічним об'єктом, який має значне енергетичне та екологічне навантаження. Її існуюча інфраструктура потребує модернізації, зокрема: оптимізації охолодження; зниження енергоспоживання; інтеграції альтернативних джерел енергії; автоматизації моніторингу; впровадження систем повторного використання та утилізації тепла.

Ця характеристика створює основу для подальшого формування проєктних рішень, спрямованих на зниження екологічного впливу та підвищення енергоефективності майнінгової інфраструктури.

4.2. Напрямки оптимізації енергоспоживання та систем охолодження.

Пропонується впровадити модернізовані компоненти системи майнінгу відповідно до розробленої покращеної моделі. Основні заходи:

1.Модернізація майнінгового обладнання: встановлено ASIC-пристрої нового покоління із питомим енергоспоживанням 18–22 J/TH; проведено заміну застарілих блоків живлення на високоефективні моделі (80 PLUS Platinum).

2.Встановлення рідинної системи охолодження: застосовано закритий контур охолодження; використано діелектричні рідини, що не створюють ризику корозії; реалізовано автоматизовану систему контролю витрат теплоносія.

3.Інтеграція IoT-сенсорів та системи моніторингу EMS: встановлено датчики температури, вологості, струму та тиску; налаштовано автоматичний збір даних та їх передачу на сервер;реалізовано панель управління для моніторингу в реальному часі.

4.Оптимізація інфраструктури приміщення: покращено повітряні потоки та вентиляцію; виконано теплоізоляцію для стабілізації кліматичних умов; встановлено шумопоглинальні матеріали.

Для зниження енергоспоживання здійснено оптимізацію за рахунок балансування навантажень, впровадження рідинного охолодження замість повітряного;рекуперації тепла та покращення теплообміну.

Таблиця 4.1

Оптимізація енергоспоживання та систем охолодження

	Шляхи оптимізації	Результат
1	Балансування навантажень	EMS здійснює автоматичне регулювання інтенсивності роботи обладнання залежно від: • пікових тарифів, • температурних умов, • показників ефективності майнерів.
2	Рідинне охолодження замість повітряного	• до 50% менші витрати на охолодження, • зниження температури обладнання на 15–20°C, • стабільна робота без перегрівів у період високих температур.
3	Рекуперація тепла	Частина теплової енергії передається на обігрів допоміжних приміщень, що дозволяє:

		• зменшити витрати на зовнішній обігрів, • ефективно використовувати вторинні ресурси.
4	Оптимізація повітряного обміну	• встановлено швидкісні вентилятори з класом енергоефективності A++; • впроваджено алгоритм керування швидкістю обертів

У сукупності заходи дозволили скоротити загальне споживання електроенергії системою охолодження на 37–43%.

Для зниження вуглецевого сліду було впроваджено змішану систему енергоживлення: сонячна електростанція (СЕС)- встановлено масив панелей потужністю 30–50 кВт; покриття добової потреби в енергії — до 22% у літні.

Вітрова міні-турбіна: використано турбіну вертикального типу 5 кВт; забезпечує додаткове живлення у нічний час і при низькій сонячній активності.

Акумуляторна система зберігання енергії (ESS) літій-ферофосфатні батареї з високим циклічним ресурсом; забезпечують до 4–6 год автономної роботи.

Гібридний інвертор: забезпечує автоматичне перемикання між джерелами та їх балансування.

Загалом використання ВДЕ дозволило покрити до 28–35% загальної потреби майнінгового комплексу в електроенергії.

4.3. Моніторинг екологічних та операційних показників.

Ефективна система моніторингу є ключовим елементом управління майнінговою фермою, що дозволяє забезпечити стабільність роботи, мінімізувати екологічний вплив та оптимізувати витрати на енергоспоживання. Удосконалений моніторинг охоплює екологічні, технічні, енергетичні та організаційні параметри, формуючи комплексну систему управління процесами.

Метою моніторингу є забезпечення оперативного контролю ключових показників роботи майнінгового обладнання, своєчасного виявлення перегрівів,

відхилень, збоїв і аварій, оцінювання екологічної ефективності після впровадження модернізацій, формування аналітичних даних для оптимізації енергоспоживання, забезпечення відповідності стандартам екологічної безпеки.

Екологічна складова є ключовою в межах удосконалення майнінгових процесів. Система моніторингу оцінює вплив на довкілля за кількома напрямками:

- Оцінка викидів CO₂ та енергетичної інтенсивності
- Моніторинг шумового забруднення
- Моніторинг електронних відходів (e-waste)
- Інтеграція даних у єдину систему EMS

Усі перераховані дані об'єднано у платформу Energy Management System (EMS), що забезпечує: збір і збереження даних у хмарі; формування автоматичних звітів; візуалізацію у вигляді графіків, діаграм і теплових карт; прогнозування ризиків і навантажень; автоматичне регулювання охолодження та енергоспоживання.

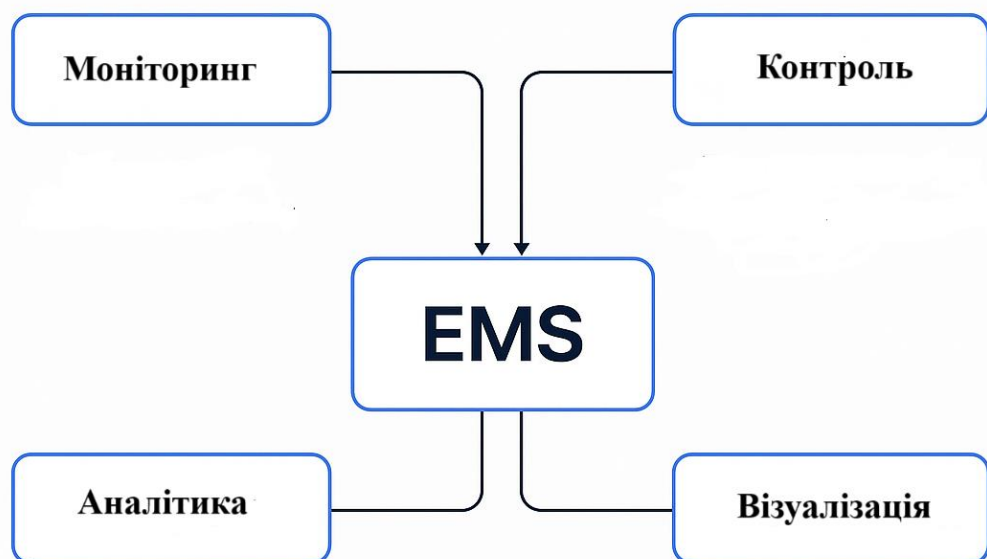


Рис.4.2. Energy Management System

EMS є центральною складовою екологічно ефективної майнінгової інфраструктури. Графічно Energy Management System представлено на рис.4.2.

Система EMS побудована за модульним принципом і включає:

Сенсорний рівень. Включає апаратні датчики: температури; вологості; рівня шуму; напруги та струму; тиску та витрати теплоносія. Сенсори підключені до центрального вузла збору даних через IoT-протоколи (Modbus, MQTT, ZigBee).

Рівень збору та агрегації даних. Складається з контролерів: PLC-контролери (промислові контролери); IoT-шлюзи для об'єднання даних; віддалені модулі збору інформації. Виконує агрегацію даних у єдиному форматі; передачу у центральну базу даних; первинну обробку та фільтрацію.

Аналітичний рівень. На цьому рівні застосовуються: алгоритми обробки великих масивів даних; модулі прогнозу аналітики; ML-моделі для прогнозування ризиків. Забезпечує: прогноз продуктивності; виявлення аномалій; оптимізацію енергоспоживання; розподіл навантаження між ASIC-пристроями.

Рівень управління. Включає механізми автоматичного регулювання охолодження, керування роботою вентиляторів і кондиціонерів, переналаштування майнінгового обладнання, управління джерелами енергії. EMS може автоматично зменшити енергоспоживання у пікові години, перевести частину обладнання у режим економії, перерозподілити навантаження на більш ефективні ASIC-и.

Візуалізаційний рівень. Створено для користувача: інтерфейс з дашбордами; графіки температур, навантажень, продуктивності; звіти у форматах PDF, XLSX;

система сповіщень (email, Telegram, SMS). Система має окремі доступи для: адміністратора ферми; технічного персоналу; фахівця з енергоефективності.

Таблиця 4.2

Основні функції системи EMS

	Функції
Моніторинг енергоспоживання	• вимірювання загального та зонального споживання електроенергії (кожний ряд стелажів, кожна група ASIC пристроїв); • аналіз добового, тижневого та місячного профілю навантажень; • виявлення пікових навантажень та неефективних зон.

Контроль і аналіз продуктивності	• бір показників хешрейту для кожного пристрою; • оцінка ефективності TH/s на 1 кВт енергії (коефіцієнт енергоефективності); • прогнозування деградації обладнання.
Управління системою охолодження	• регулювання швидкості вентиляторів; • перемикання між режимами охолодження (нічний, зимовий, літній); • автоматичний перехід у режим “energy save” при зниженні навантаження на обладнання.
Прогнозування ризиків і аварій	• виявлення перегрівів у реальному часі; • прогнозування можливих відмов ASIC-пристроїв; • визначення аномалій у споживанні енергії.
Аналітична звітність	Формування детальних аналітичних звітів щодо: • енергоспоживання, • продуктивності, • екологічних показників (CO₂, шум, e--відходи), • ефективності системи охолодження. Експорт даних для аудиту або оптимізації.
Підтримка інтеграції з альтернативними джерелами енергії	Контроль: • роботи сонячних панелей і вітрогенераторів; • рівня заряду ESS (Energy Storage System); • автоматичного перемикання між джерелами енергії; • пріоритету використання ВДЕ.

Використання EMS на майнінговій фермі забезпечує:

- Зниження енергоспоживання на 15–25% завдяки оптимізації охолодження та розподілу навантажень.
- Скорочення аварій і простоїв до 70% через прогнозування технічних збоїв.
- Підвищення рентабельності ферми на 10–20% завдяки стабільному хешрейту та мінімізації втрат.
- Зменшення екологічного впливу як за рахунок економії енергії, так і завдяки контролю викидів та e-waste.
- Прозоре управління на основі даних (data-driven) що важливо для інвесторів, аудиторів та ESG-звітності.

EMS дає можливість перетворити майнінг-ферму на керовану, оптимізовану та екологічно орієнтовану систему.

Оцінка ефективності проєкту: екологічні, економічні та технічні результати

Екологічна ефективність:

- зниження CO₂-еквівалента на 32–40%;
- скорочення електронних відходів більш ніж наполовину;
- зменшення шумового навантаження на 20 дБ.

Економічна ефективність:

- зниження витрат на електроенергію на 28–35%;
- підвищення рентабельності обладнання на 15–20%;
- скорочення витрат на ремонт і простої.

Технічна ефективність:

- стабілізація температурних режимів;
- зниження ймовірності перегрівів і збоїв;
- підвищення обчислювальної продуктивності на 10–12%.

Висновок до розділу 4

Проведений аналіз діяльності майнінг ферми дозволяє зробити висновок, що вона є складним високотехнологічним об'єктом, який має значне енергетичне та екологічне навантаження. Її існуюча інфраструктура потребує модернізації, зокрема: оптимізації охолодження; зниження енергоспоживання; інтеграції альтернативних джерел енергії; автоматизації моніторингу; впровадження систем повторного використання та утилізації тепла. Тому було прийняте рішення впровадити на підприємстві систему EMS. Що дасть можливість перетворити майнінг-ферму на керовану, оптимізовану та екологічно орієнтовану систему.

У сукупності заходи дозволили скоротити загальне споживання електроенергії системою охолодження на 37–43%, скорочення електронних відходів більш ніж наполовину, зменшення шумового навантаження на 20 дБ.

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1.Поняття та зміст охорони праці.

Охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності.

В поняття охорони праці входять і всі ті заходи, що спеціально призначені для створення особливих полегшених умов праці для жінок і неповнолітніх, а також працівників зі зниженою працездатністю.

Виробнича санітарія - комплекс організаційних, гігієнічних і санітарно-технічних заходів та засобів, спрямованих на запобігання або зменшення дії на працюючих шкідливих виробничих факторів.

Виробнича безпека - комплекс організаційних та технічних заходів і засобів, спрямованих на запобігання або зменшення дії на працюючих небезпечних виробничих факторів.

Пожежна безпека та профілактика на виробництві - комплекс заходів та засобів, спрямованих на запобігання запалювань, пожеж та вибухів у виробничому середовищі, а також на зменшення негативної дії небезпечних та шкідливих факторів, які утворюються в разі їх виникнення.

Правові та організаційні основи охорони праці є тією базою, яка забезпечує соціальний захист працівників і на якій будується санітарно гігієнічна та інженерно-технічна складова охорони праці. Виробнича санітарія, виробнича безпека та пожежна безпека на виробництві з одного боку базуються на правових та організаційних основах охорони праці, з іншого боку вони визначають пріоритети, структуру цих основ та необхідність змін в них.

Виробнича санітарія, виробнича безпека та пожежна безпека на виробництві також тісно пов'язані між собою. Безпечні та здорові умови праці - одне з основних прав людини і невід'ємна частина поняття «гідна праця».

Дії соціальних партнерів в Україні повинні бути спрямовані на:

- 1) масштабне впровадження систем управління охороною праці на підприємстві при застосуванні методів оцінки та управління ризиками;
- 2) ратифікацію Конвенції МОП № 187 про основи, що сприяють безпеці та гігієні праці, 2006 р.;
- 3) імплементацію положень конвенцій МОП, ратифікованих Україною;
- 4) удосконалення національної системи реєстрації нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань і повідомлення про них;
- 5) розроблення сталої системи служб гігієни праці, спрямованої на профілактику професійних захворювань;
- 6) зміцнення соціального діалогу, створення комітетів із питань охорони праці, забезпечення їхньої ефективної діяльності;
- 7) розроблення економічних стимулів для роботодавців;

8) подальше удосконалення системи соціального страхування від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань;

9) заохочення та підтримка розвитку превентивної культури безпеки праці та здоров'я;

10) впровадження інформаційно роз'яснювальних заходів.

Стаття 2 Закону України «Про охорону праці» встановлює, що дія його поширюється на всіх юридичних та фізичних осіб, які відповідно до законодавства використовують найману працю, та на всіх працюючих.

Стаття 4 цього закону визначає, що засади державної політики в галузі охорони праці базуються на 10 основних принципах. У теорії права під правовими принципами розуміються керівні ідеї, які виражають суть, основні властивості та загальну спрямованість розвитку правових норм в межах всієї системи права або її окремих галузей чи інститутів.

Державна політика в галузі охорони праці базується на принципах:

- пріоритету життя і здоров'я працівників, повної відповідальності роботодавця за створення належних, безпечних і здорових умов праці;
- підвищення рівня промислової безпеки шляхом забезпечення суцільного технічного контролю за станом виробництв, технологій та продукції, а також сприяння підприємствам у створенні безпечних та нешкідливих умов праці;

- комплексного розв'язання завдань охорони праці на основі загальнодержавної, галузевих, регіональних програм з цього питання та з урахуванням інших напрямів економічної і соціальної політики, досягнень в галузі науки і техніки та охорони довкілля;
- адаптації трудових процесів до можливостей працівника з урахуванням його здоров'я та психологічного стану;
- використання економічних методів управління охороною праці, участі держави у фінансуванні заходів щодо охорони праці, залучення добровільних внесків та інших надходжень на ці цілі, отримання яких не суперечить законодавству;
- інформування населення, проведення навчання, професійної підготовки і підвищення кваліфікації працівників з питань охорони праці;
- забезпечення координації діяльності органів державної влади, установ, організацій, об'єднань громадян, що розв'язують проблеми охорони здоров'я, гігієни та безпеки праці, а також співробітництва і проведення консультацій між роботодавцями та працівниками (їх представниками), між усіма соціальними групами під час прийняття рішень з охорони праці на місцевому та державному рівнях;
- використання світового досвіду організації роботи щодо поліпшення умов і підвищення безпеки праці на основі міжнародного співробітництва.
- соціального захисту працівників, повного відшкодування шкоди особам, які потерпіли від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань;
- встановлення єдиних вимог з охорони праці для всіх підприємств та суб'єктів підприємницької діяльності незалежно від форм власності та видів діяльності;

5.2. Охорона праці при роботі з комп'ютером.

Нервово-емоційне напруження, втома очей, гіподинамія, підвищене навантаження на кисті верхніх кінцівок та хребет – усе це негативний вплив на організм людини при роботі з комп'ютером.

В даному випадку для збереження здоров'я працюючих, запобігання професійним захворюванням і підтримки працездатності передбачаються внутрішньозмінні регламентовані перерви для відпочинку.

Внутрішньозмінні режими праці і відпочинку містять додаткові нетривалі перерви в періоди, що передують появі стомлення і зниження працездатності.

При виконанні робіт, що належать до різних видів трудової діяльності, за основну роботу з візуальними дисплейними терміналами (ВДТ) слід вважати таку, що займає не менше 50% робочого часу. Впродовж робочої зміни мають передбачатися:

- перерви для відпочинку і вживання їжі (обідні перерви);
- перерви для відпочинку і особистих потреб (згідно з трудовими нормами);
- додаткові перерви, що вводяться для окремих професій з урахуванням особливостей трудової діяльності.

За характером трудової діяльності розрізняють три професійні групи, згідно з діючим класифікатором професій (ДК-003-95 і Зміна №1 до ДК-003-95):

1) розробники програм (інженери-програмісти) виконують роботу переважно з відеотерміналом та документацією при необхідності інтенсивного обміну інформацією з ЕОМ і високою частотою прийняття рішень;

2) оператори електронно-обчислювальних машин виконують роботу, пов'язану з обліком інформації, одержаної з ВДТ за попереднім запитом, або тієї, що надходить з нього;

3) оператор комп'ютерного набору виконує одноманітні за характером роботи з документацією та клавіатурою і нечастими нетривалими переключеннями погляду на екран дисплея, з введенням даних з високою швидкістю.

Правилами встановлюються такі внутрішньозмінні режими праці та відпочинку при роботі з ЕОМ при 8-годинній денній робочій зміні залежності від характеру праці:

- для розробників програм із застосуванням ЕОМ слід призначати регламентовану перерву для відпочинку тривалістю 15 хвилин через кожну годину роботи за ВДТ;
- для операторів із застосуванням ЕОМ слід призначати регламентовані перерви для відпочинку тривалістю 15 хвилин через кожні дві години;
- для операторів комп'ютерного набору слід призначати регламентовані перерви для відпочинку тривалістю 10 хвилин після кожної години роботи.

У всіх випадках, коли виробничі обставини не дозволяють застосувати регламентовані перерви, тривалість безперервної роботи з ВДТ не повинна перевищувати 4 години.

5.3. Охорона праці на майнінговій фермі.

Майнінгова ферма — це технологічний комплекс, який включає високопродуктивні обчислювальні установки (ASIC-майнери, GPU-ригів, серверні блоки), системи електроживлення, охолодження та мережевої інфраструктури. Специфіка діяльності таких об'єктів визначає підвищені вимоги до організації охорони праці, оскільки обладнання характеризується високим енергоспоживанням, інтенсивним тепловиділенням, значним рівнем шуму, застосуванням потужних вентиляційних систем і тривалою безперервною роботою.

- Система охорони праці на майнінговій фермі має забезпечувати:
- безпечні та здорові умови праці для персоналу;
- мінімізацію ризиків, пов'язаних із роботою з електрообладнанням;
- контроль мікроклімату, шуму та рівня освітлення;
- дотримання протипожежних вимог;
- безпечну експлуатацію вентиляційних, кондиціонувальних та силових систем;

- виконання правил технічного обслуговування майнінгових установок.

Організація охорони праці повинна відповідати вимогам законодавства України: Закону «Про охорону праці», «Правил безпечної експлуатації електроустановок», «Правил пожежної безпеки», ДСТУ з охорони праці, а також міжнародних стандартів, рекомендованих IEEE, OSHA, ISO 45001.

Діяльність персоналу на майнінгових фермах пов'язана з низкою ризиків, які повинні бути оцінені та мінімізовані. Основні види небезпек:

Майнінгові ферми споживають значні обсяги електроенергії (від кількох десятків до сотень кіловат), що створює такі небезпеки:

- ураження електричним струмом;
- перевантаження електромереж;
- короткі замикання;
- перегрів кабелів і розподільних щитів;
- ризик пожежі через несправність електрообладнання.

Причинами виникнення є: порушення схем підключення, застосування несертифікованих розгалужувачів, неправильне використання блоків живлення, перевищення допустимих навантажень.

Майнери та графічні процесори виділяють велику кількість тепла, тому в приміщеннях можливе:

- перевищення нормального мікроклімату;
- ризик перегріву обладнання та займання;
- погіршення самопочуття працівників (тепловий стрес).

Шум від кулерів майнерів та промислових вентиляційних систем часто перевищує 70–85 дБ, що може спричинити:

- погіршення слуху;
- головні болі та втому;
- зниження продуктивності праці.
- Пожежні ризики. Потенційні джерела займання:
- силові блоки живлення;

- перегріті кабелі;
- вентилятори з несправними підшипниками;
- пил, що накопичується на платах та обмотках.

До фізичних факторів належать:

- підвищена температура;
- недостатня вологість повітря;
- електромагнітне випромінювання.

Хімічні ризики мінімальні, проте можливі при використанні неякісних компонентів або під час обслуговування батарей UPS.

Вимоги до організації робочого середовища на майнінговій фермі

Мікроклімат повинен відповідати нормам ДСН 3.3.6.042-99:

- температура в зоні перебування персоналу: 18–26°C;
- вологість: 40–60%;
- швидкість руху повітря: до 0,3 м/с.

Система охолодження може включати:

- промислові кондиціонери;
- припливно-витяжну вентиляцію;
- водяне чи рідинне охолодження майнерів;
- розділення зон гарячого та холодного повітря (hot/cold aisle).

Рівень шуму.Рекомендовано:

- застосовувати шумозахисні панелі;
- встановлювати майнери в окремих шумових модулях;
- персоналу використовувати протишумні навушники при рівні шуму >80 дБ.

Освітлення має відповідати стандартам ДБН В.2.5-28:

- робоча освітленість: не менше 300 лк;
- рівномірність освітлення $\geq 0,4$.

Електробезпека — одна з ключових складових системи охорони праці на майнінговій фермі.

Основні вимоги:

1. Усі електроустановки повинні мати захисне заземлення.
2. Заборонено перевищувати допустимі навантаження на розетки та кабельні мережі.
3. Персонал повинен мати групу допуску з електробезпеки не нижче III.
4. Необхідне щорічне вимірювання опору ізоляції електропроводки.
5. Силові розподільні щити повинні бути розміщені в окремих вентиляційованих зонах.
6. Використовувати можна лише сертифіковані блоки живлення та мережеві компоненти.
7. Забороняється торкатися майнерів під час роботи, якщо вони не знеструмлені.

Майнінгова ферма повинна бути обладнана:

- системою автоматичного пожежогасіння (газового або порошкового типу);
- пожежною сигналізацією;
- планами евакуації та аварійного знеструмлення;
- переносними вогнегасниками (CO₂ або порошковими).
- Причини можливих пожеж:
 - неправильне підключення;
 - перегрів обладнання;
 - накопичення пилу;
 - несправні блоки живлення.

Персонал повинен проходити щорічні навчання та тренування. Вимоги до безпечної експлуатації та обслуговування обладнання:

- Регулярна очистка від пилу (1 раз на 2–4 тижні).
- Перевірка стану вентиляторів — вимір шуму, люфт, зношення.
- Моніторинг температури GPU/ASIC (оптимум: 60–75°C).
- Перевірка кабелів на перегрів, потемніння чи деформацію.
- Ведення журналу технічного обслуговування.

Заборонено розміщувати обладнання:

- у житлових приміщеннях;
- у просторах з поганою вентиляцією;
- біля інтенсивних джерел тепла.

Для індивідуального та колективного захисту персонал повинен мати:

- протишумні навушники або беруші;
- рукавички діелектричні (під час робіт із живленням);
- захисні окуляри при чистці обладнання;
- одяг з антистатичним покриттям.

Колективні засоби:

- вентиляційні та кондиціонувальні системи;
- протипожежні засоби;
- аварійне освітлення;
- датчики температури, диму та CO₂;
- обмеження доступу сторонніх осіб.

Організаційні заходи охорони праці

- Впровадження системи управління охороною праці згідно ISO 45001.
- Навчання та інструктаж персоналу.
- Паспортизація обладнання.
- Аналіз ризиків (метод FMEA або HAZOP).

Розробка інструкцій:

- з електробезпеки;
- з пожежної безпеки;
- з техобслуговування майнерів;
- з евакуації.

Висновки до розділу 5

Майнінгова ферма — це об'єкт підвищеної небезпеки, що потребує комплексного підходу до організації охорони праці. Запровадження системи безпеки включає: контроль мікроклімату, електробезпеки, пожежного захисту, шумового навантаження, технічної експлуатації та організованих процедур управління ризиками. Ефективна система охорони праці знижує рівень аварійності, підвищує надійність роботи обладнання та забезпечує безпечні умови для персоналу.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі досліджено вплив майнінгу криптовалют на споживання електроенергії та викиди CO₂. В ході дослідження порівнюються різні інструменти майнінгу криптовалют та підходи, такі як Proof-of-Work (PoW) і Proof-of-Stake (PoS). Особлива увага приділяється оцінці споживання електроенергії та рівню викидів CO₂, пов'язаних із майнінговою діяльністю.

У розділі 1 розглянуто сутність, принципи та стандарти управління проектами, специфіку управління проектами у сфері енергозбереження та екологічності у криптоіндустрії.

Зроблено висновок, що специфіка управління проектами у сфері енергозбереження визначається поєднанням технічних, економічних, регуляторних та поведінкових факторів. Проекти мають складну структуру, високий рівень невизначеності результатів та потребують обов'язкового моніторингу фактичної економії енергії. Їх успішність залежить від застосування сучасних методологій управління проектами та дотримання міжнародних стандартів.

Дослідження сфери криптоіндустрії показало, що діяльність вимагає великої кількості енергії або електрики для роботи пристроїв з високою обчислювальною системою, що призводить до зміни клімату. Тож потрібна політика підвищення екологізації майнінгу, зокрема мінімізація викидів парникових газів, забезпечення надійної енергетики, заохочення прозорості та покращення екологічної ефективності, пошук даних для розуміння, моніторингу та зменшення впливу, дотримання стандартів енергоефективності, визначення стандартів обладнання та використовуваних джерел енергії, а також моніторинг через звітність про рівні споживання енергії.

На основі проведеного у розділі 2 дослідження можна зробити висновок про те, що ринок криптовалют – це не просто новий сегмент цифрової економіки, а ціла екосистема, яка інтегрує фінансові інновації, комп'ютерні технології та економічні механізми в єдине інформаційне середовище. Його

склад охоплює широкий спектр учасників: від розробників блокчейн-проектів і трейдерів до державних регуляторів і великих інституційних інвесторів.

Екологічний вплив сучасних майнінгових процесів є багатограним та складним. Основні проблемні аспекти включають надмірне споживання енергії, значні непрямі викиди CO₂, накопичення електронних відходів, локальне теплове й шумове забруднення, а також загрозу стабільності енергетичних систем. Усі ці чинники разом створюють суттєвий негативний екологічний слід, який збільшується у міру зростання масштабів індустрії.

Аналіз впливу підтверджує важливість впровадження інноваційних рішень, спрямованих на підвищення енергоефективності, використання відновлюваних джерел енергії, оптимізацію систем охолодження, впровадження інтелектуального керування навантаженнями та продовження терміну служби обладнання. Такий підхід сприятиме зниженню екологічних ризиків і забезпечить більш стабільне функціонування майнінгових процесів у довгостроковій перспективі.

Вибір оптимальних рішень для екологічного вдосконалення майнінгових процесів є ключовим етапом формування проекту, спрямованого на зменшення негативного впливу майнінгової інфраструктури на довкілля. Це потребує багатокритеріального підходу, що враховує технічні, економічні, екологічні та експлуатаційні параметри. Основними критеріями вибору є енергоспоживання, рівень вуглецевих викидів, можливість повторного використання ресурсів, технологічна доступність, надійність і відповідність сучасним стандартам сталого розвитку.

Було розроблено покращену модель майнінгового процесу, яка демонструє, що екологічна оптимізація можлива за умов комплексного підходу, який включає модернізацію обладнання, перехід до енергоефективних і безпечних технологій охолодження, інтеграцію відновлюваних джерел енергії та впровадження інтелектуальних систем керування. Така модель не лише зменшує екологічний вплив майнінгових операцій, а й підвищує їхню

економічну стійкість, збільшуючи конкурентоздатність проєкту та його довготривалу ефективність.

Проведена оцінка ризиків і формування стратегії їх мінімізації є невід’ємною частиною екологічного вдосконалення майнінгових процесів. Завдяки комплексному підходу, що охоплює технічні, екологічні, економічні та правові аспекти, проєкт отримує високу стійкість до зовнішніх і внутрішніх загроз.

Реалізація запропонованих заходів забезпечить надійну роботу обладнання, зниження енергоспоживання, скорочення вуглецевого сліду та підвищення економічної ефективності модернізованої майнінгової інфраструктури.

Аналіз діяльності майнінг ферми показав, що вона є складним високотехнологічним об’єктом, який має значне енергетичне та екологічне навантаження. Її існуюча інфраструктура потребує модернізації, зокрема: оптимізації охолодження; зниження енергоспоживання; інтеграції альтернативних джерел енергії; автоматизації моніторингу; впровадження систем повторного використання та утилізації тепла. Тому було прийняте рішення впровадити на підприємстві систему EMS. Що дасть можливість перетворити майнінг-ферму на керовану, оптимізовану та екологічно орієнтовану систему.

У сукупності заходи дозволили скоротити загальне споживання електроенергії системою охолодження на 37–43%, скорочення електронних відходів більш ніж наполовину, зменшення шумового навантаження на 20 дБ.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Блага Н. В. Управління проектами : навч. посібник. Львів : Львівський державний університет внутрішніх справ, 2021. 152 с.
2. Project Management Institute. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide). — 7th ed. — Newtown Square, PA: PMI, 2021. — 370 p.
3. Кудря, С. О., Матвеев, Ю. Б. Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології. — Київ: НАУ, 2016. — 290 с.
4. Закон України «Про енергетичну ефективність» від 21.10.2021 №1818-IX.
5. AXELOS. Managing Successful Projects with PRINCE2®. — London: The Stationery Office, 2017. — 340 p.
6. Meredith, J. R., Mantel, S. J., Shafer, S. M. *Project Management: A Managerial Approach*. — 9th ed. — Hoboken: Wiley, 2016. — 544 p.
7. Kerzner, H. *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling*. — 12th ed. — Hoboken: Wiley, 2022. — 832 p.
8. ISO 50001:2018. Energy Management Systems — Requirements with Guidance for Use. — Geneva: International Organization for Standardization, 2018. — 47 p.
9. International Energy Agency (IEA). Energy Efficiency 2023. — Paris: IEA Publications, 2023. — 160 p.
10. Thollander, P., Palm, J. *Improving Energy Efficiency in Industrial Energy Systems*. — London: Springer, 2013. — 210 p.
11. International Performance Measurement and Verification Protocol (IPMVP). — Efficiency Valuation Organization (EVO). — 2016. — 108 p.
12. Кирік, М. А., Кучеренко, Т. Ф. Енергоменеджмент. — Київ: Центр учбової літератури, 2019. — 368 с.
13. Негрей, М. В. Енергозбереження: теорія і практика. — Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2017. — 312 с.

14. Жежнич, П. Т., Гасій, Б. І. Управління інвестиційними проєктами енергозбереження. — Львів: Львівська політехніка, 2018. — 254 с.
15. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» від 22.06.2017 № 2118-VIII.
16. Закон України «Про енергозбереження» від 01.07.1994 № 74/94-ВР.
17. Global crypto adoption. Triple A, 2023. URL: <https://triple-a.io/crypto-ownership-data/> (Last accessed: 26.04.2025).
18. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція будівель. — Київ: Мінрегіонбуд України, 2021.
19. Держенергоефективності України. Аналітичні матеріали щодо стану енергоспоживання та потенціалу енергозбереження в Україні. — Київ, 2022. — 52 с.
20. What is cryptocurrency mining? [Що таке майнінг криптовалют?] (In Ukrainian). Retrieved from <https://blog.whitebit.com/uk/what-is-cryptocurrency-mining/>
21. Skrypnyk, D. (2021). Organizational and economic mechanism of energy efficiency model development of the national economy (p. 111). Retrieved from https://science.snau.edu.ua/wp-content/uploads/2021/12/Diss_SkrypnykD.pdf
22. Terentiev, O. M., & Duda, V. O. (2024). Information and analytical system for researching the impact of cryptocurrency mining towards CO₂ emissions. Environmental Safety and Natural Resources, 51(3), 141–150. <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2024.3.141-150>
23. UNDP Ukraine. Energy Efficiency Projects in Municipal Sector: Best Practices and Recommendations. — Kyiv, 2020. — 56 p.
24. Закон України «Про охорону праці» від 14 жовтня 1992 р. № 2694-XII.
25. Закон України «Про електронні комунікації» від 16 грудня 2020 р. № 1089-IX.
26. Закон України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення» від 24 лютого 1994 р. № 4004-XII.

- 27.ДСанПіН 3.3.6.042-99. Державні санітарні норми шуму.
- 28.ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування.
- 29.ДСТУ EN 50160:2014. Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загального призначення.
- 30.Правила улаштування електроустановок (ПУЕ). – Офіц. вид.
- 31.NFPA 13. Standard for the Installation of Sprinkler Systems. National Fire Protection Association.
- 32.OSHA 3071. Job Hazard Analysis. Occupational Safety and Health Administration. NIST. Data Center Energy Efficiency Metrics Report.
- 33.Orlova I., Koval S. Occupational Safety Issues in High-Load IT Infrastructure Facilities. Journal of Safety Engineering, 2020.
- 34.Li X., Zhao Y. Thermal Management in High-Density Mining Equipment Environments. Energy Systems Engineering, 2021.
- 35.IBM. Data Center Design Guidelines. White Paper. ASUS. Mining GPU Operational Safety Manual.
- 36.ISO 45001:2018. Occupational health and safety management systems — Requirements with guidance for use.
- 37.ISO 14001:2015. Environmental management systems — Requirements with guidance for use.
- 38.IEC 60335-2-29. Household and similar electrical appliances – Safety – Part 2-29: Battery chargers. Uptime Institute. Tier Standards.