

ISBN 978-83-68188-45-5

О.М. Сінчук, Т.М. Берідзе, В.О. Федотов,
В.Д. Барановський, О.О. Яловий

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА В ПАРАДИГМІ УПРАВЛІНСЬКИХ ДІЙ В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДЗЕМНИХ ГІРНИЧОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Монографія

**О. М. Сінчук, Т. М. Берідзе, В. О. Федотов,
В. Д. Барановський, О. О. Яловий**

**ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА В ПАРАДИГМІ
УПРАВЛІНСЬКИХ ДІЙ В СИСТЕМАХ
ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДЗЕМНИХ
ГІРНИЧОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

МОНОГРАФІЯ

За редакцією
доктора технічних наук, професора
О. М. Сінчука

**iScience
Warsaw, Poland - 2026**

УДК 622.33:621.311:338.5

Авторський колектив:

О. М. Сінчук, Т. М. Берідзе, В. О. Федотов, В. Д. Барановський, О. О. Яловий
За редакцією доктора технічних наук, професора О. М. Сінчука

Рекомендовано до друку Вченою радою Криворізького національного
університету Міністерства освіти та науки України
(протокол № 10 від 31 березня 2026 р.)

Рецензенти:

Олексій Чорний, доктор технічних наук, професор (Кременчуцький
національний університет імені Михайла Остроградського);

Олег Юрченко, доктор технічних наук, професор (Інститут
електродинаміки НАН України).

Сінчук О. М., Берідзе Т. М., Федотов В. О., Барановський В. Д., Яловий
О. О. Електроенергетика в парадигмі управлінських дій в системах
електропостачання підземних гірничорудних підприємств : монографія / за ред.
д-ра техн. наук, проф. О. М. Сінчука. Warsaw : iScience Sp. z o.o., 2026. 82 с.

Монографія “Електроенергетика в парадигмі управлінських дій
в системах електропостачання підземних гірничорудних підприємств”
присвячена дослідженню особливостей функціонування та підвищення
енергоефективності систем електропостачання підземних гірничорудних
підприємств. Розглянуто стохастичний характер добової варіативності
електричних навантажень, зумовлений мінливістю режимів роботи підземних
електроприймачів та рівнів використання встановлених електричних
потужностей. Проаналізовано структуру електроспоживання, встановлено
домінуючу частку підземного сегмента електроенергетичного комплексу
у загальному балансі споживання електроенергії.

Обґрунтовано підходи до підвищення електроенергоефективності
шляхом удосконалення структур систем електропостачання та впровадження
управлінських механізмів розподілу електричних навантажень у часі
з урахуванням режимів роботи підприємства і тарифних зон споживання
електроенергії. Розглянуто можливості формування синергетичних структур
електропостачання з інтеграцією автономних джерел генерації та керуванням
енергопотоками між групами споживачів.

Показано доцільність оцінювання ефективності таких рішень на основі
економічних результатів функціонування підприємства, що обумовлює
необхідність розширеного трактування понять енергоефективності та якості
електропостачання.

Монографія призначена для науковців, викладачів, аспірантів і фахівців
у галузі електроенергетики та гірничої промисловості.

ISBN 978-83-68188-45-5
УДК 622.33:621.311:338.5

© О.М. Сінчук, Т.М. Берідзе,
В. О. Федотов, В.Д. Барановський,
О.О. Яловий, 2026
© iScience Sp. z o. o.

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| ВСТУП..... | 4 |
| Розділ 1. Формати варіативності змін та розподілу електроенергопотоків енергетичних комплексів підземних гірничорудних підприємств..... | 6 |
| 1.1 Графо-аналітичний аналіз процесів електропостачання та електроспоживання підземних гірничорудних підприємств..... | 6 |
| 1.2 Встановлення електричних потужностей приймачів електроенергії залізорудних шахт..... | 29 |
| 1.3 Аналіз статистичних показників рівнів споживання електроенергії залізорудної шахти..... | 36 |
| 1.4 Прогнозне оцінювання динаміки добових рівнів споживання електроенергії аналізуємих видів залізорудних підприємств..... | 41 |
| Розділ 2. Мотиваційні засади до необхідності розробки сучасних форматів оцінювання рівнів електроенергоефективності в парадигмі сучасної варіативності структур систем електропостачання..... | 49 |
| 2.1. Теоретичні засади оцінювання електроенергоефективності та якості електропостачання гірничорудних підприємств..... | 49 |
| 2.2. Доцільність використання цінових механізмів в сплаті за споживання електроенергії..... | 55 |
| 2.3 Визначення видів, місць локацій та очікуваного потенціалу генеруємих електричних потужностей автономними джерелами живлення..... | 63 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ..... | 68 |

ВСТУП

Енергетичний сектор України, зокрема електроенергетика, у сучасних умовах функціонує в стані суттєвих викликів, зумовлених як об'єктивними, так і суб'єктивними чинниками. Безпрецедентні руйнування генеруючих потужностей, магістральних ліній електропередачі та підстанцій унаслідок воєнних дій призвели до дефіциту електроенергії та зниження рівня надійності електропостачання споживачів. У цих умовах відновлення необхідних обсягів генерації та забезпечення безперебійності електропостачання централізованими засобами є складним завданням, що потребує значних інвестицій, часу та впровадження нових підходів до організації енергозабезпечення.

Особливо гостро зазначені проблеми проявляються у функціонуванні гірничорудних підприємств, зокрема з підземним способом видобутку корисних копалин, які належать до енергозалежних і стратегічно важливих для економіки України. Для таких підприємств визначальними є вимоги до безперебійності електропостачання, достатності енергетичних ресурсів та стабільності їх вартості. При цьому специфіка технологічних процесів зумовлює підвищені вимоги до надійності електроживлення, що безпосередньо пов'язано з безпекою праці в підземних умовах, а також характеризується значною варіативністю та стохастичністю режимів електроспоживання.

За таких обставин традиційні підходи до побудови систем електропостачання виявляються недостатньо ефективними. Перспективним напрямом розвитку є реструктуризація існуючих систем із переходом від централізованого електропостачання до інтегрованих структур з розподіленою генерацією, зокрема із залученням відновлюваних джерел енергії. Гірничорудні підприємства мають значний потенціал для впровадження подібних рішень завдяки наявності як традиційних, так і специфічних джерел енергогенерації.

Водночас реалізація таких підходів супроводжується низкою науково-технічних і організаційних задач, серед яких ключовими є обґрунтування вибору типів і параметрів джерел розподіленої генерації, оцінювання їх ефективності в конкретних умовах експлуатації, а також забезпечення узгодженої роботи централізованих і локальних джерел енергії. Особливого значення набуває створення адаптивних систем керування, здатних у реальному часі забезпечувати гнучкий та адресний розподіл енергопотоків залежно від поточних і аварійних потреб виробництва.

Слід зазначити, що існуючі системи керування електропостачанням, попри їх значний рівень розвитку, не повною мірою враховують специфіку підземних гірничорудних підприємств. Поєднання технологічно обумовленої нестабільності режимів споживання електроенергії з варіативністю генерації, характерною для відновлюваних джерел, формує складну ієрархічну систему з підвищеними вимогами до гнучкості та оперативності управління. Крім того, впровадження існуючих рішень часто обмежується їх складністю та значними економічними витратами.

У зв'язку з цим актуальним науково-практичним завданням є розроблення ефективних, адаптивних і водночас економічно доцільних систем керування електропостачанням підземних гірничорудних підприємств, що базуються на дослідженні закономірностей електроспоживання та факторів впливу на нього. Саме вирішення цієї комплексної задачі, спрямоване на підвищення надійності, енергоефективності та керованості електроенергетичних процесів, і визначає зміст та спрямованість даної монографії.

РОЗДІЛ 1
ФОРМАТИ ВАРІАТИВНОСТІ ЗМІН ТА РОЗПОДІЛУ
ЕЛЕКТРОЕНЕРГОПОТОКІВ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КОМПЛЕКСІВ
ПІДЗЕМНИХ РУДНИКІВ

**1.1 Графо-аналітичний аналіз процесів електропостачання та
електроспоживання підземних гірничорудних підприємств**

Аналіз процесів функціонування електроенергетичних комплексів: електропостачання – електроспоживання підземних залізорудних підприємств проводився, як у перфектні періоди часу, так і в сьогоденні. В результаті таких, значних за обсягом та в часі, досліджень отримані цікаві, по фактам існування результати [1-10].

Окрім пізнань стану процесів споживання ЕЕ, в ті чи інші періоди роботи даних підприємств, отримані результати водночас дозволяють проаналізувати тенденцію змін та розпочати, на новому практичному інструментарію етап усучасненого варіанту пошуку [11-15].

Водночас, доцільно зазначити, що базуючись на результатах і висновках здобутків попередніх пошукачів-науковців, та усвідомлюючи необхідність нового формату підходу до стартових варіантів пошуку, прослідковується стійкість раніше встановленого факту – прямого зв'язку між обсягами видобутку ЗР та рівнями споживання ЕЕ не визначається (рис. 1.1 – 1.17). Але, є безперечний факт – рівень енергоефективності взагалі, та електроенергоефективності зокрема, в видобутку ЗР занадто низький, що вкрай негативно впливає на економіку підприємств.

**ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА В ПАРАДИГМІ УПРАВЛІНСЬКИХ ДІЙ
В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДЗЕМНИХ
ГІРНИЧОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

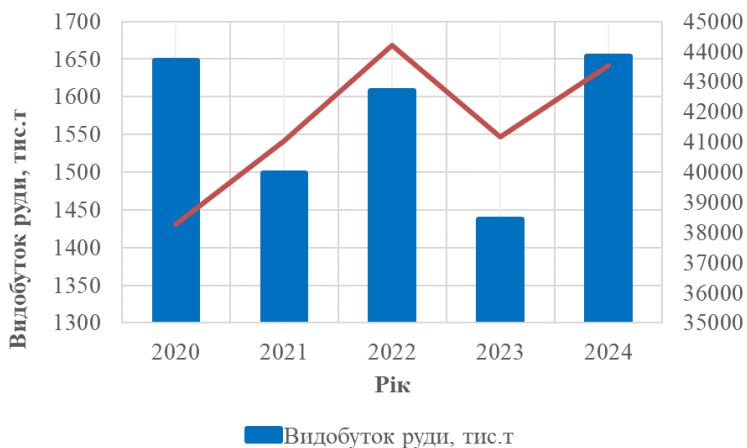


а)



б)

**ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА В ПАРАДИГМІ УПРАВЛІНСЬКИХ ДІЙ
В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДЗЕМНИХ
ГІРНИЧОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ**



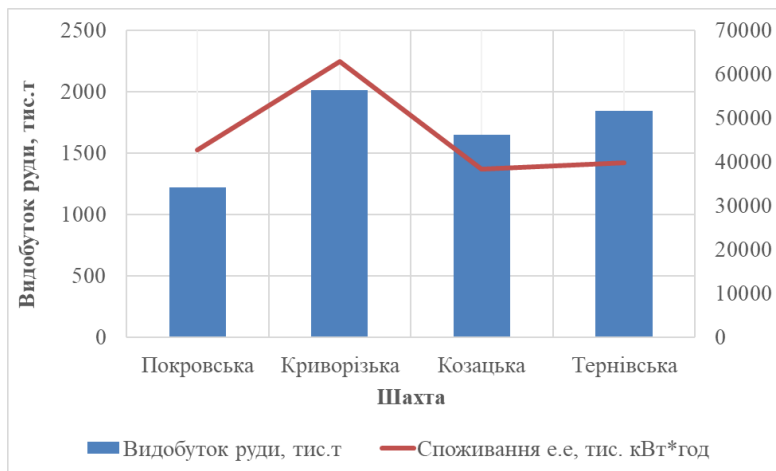
в)



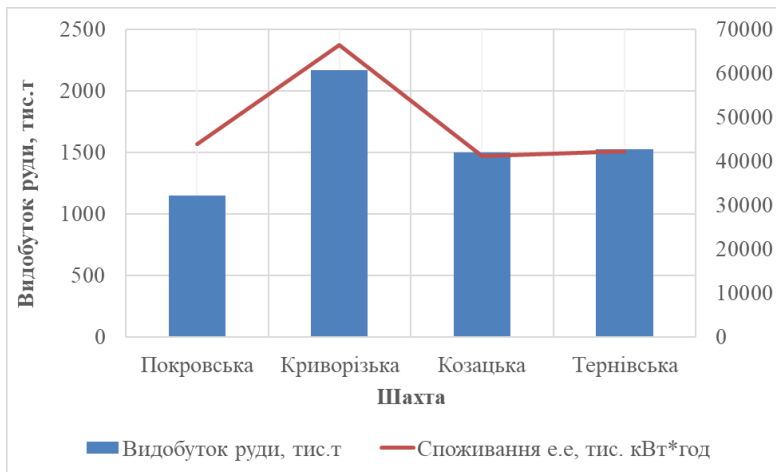
г)

Рисунок 1.1 - Еволюція змін обсягів видобутку залізної руди по залізорудним шахтам: а) № 5, б) №4, в) № 7, г) № 6 (м. Кривий Ріг)

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА В ПАРАДИГМІ УПРАВЛІНСЬКИХ ДІЙ
В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДЗЕМНИХ
ГІРНИЧОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ

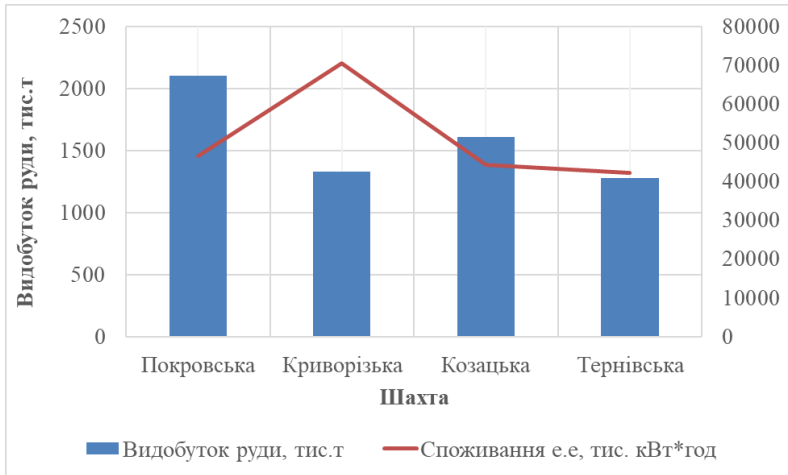


а)

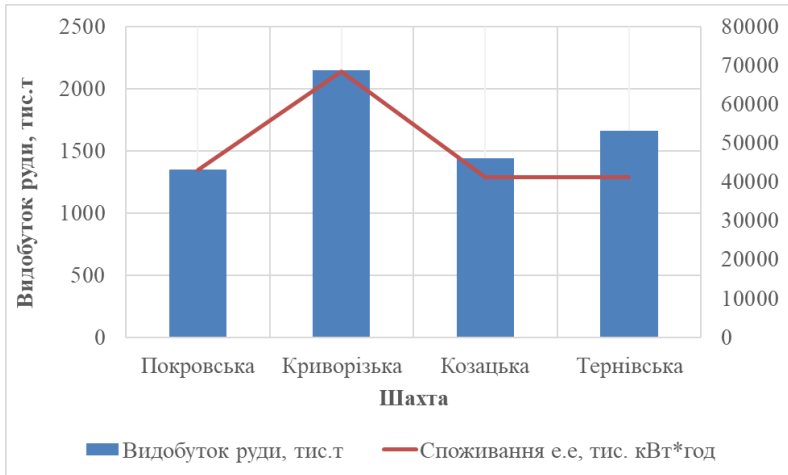


б)

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА В ПАРАДИГМІ УПРАВЛІНСЬКИХ ДІЙ
В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДЗЕМНИХ
ГІРНИЧОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ

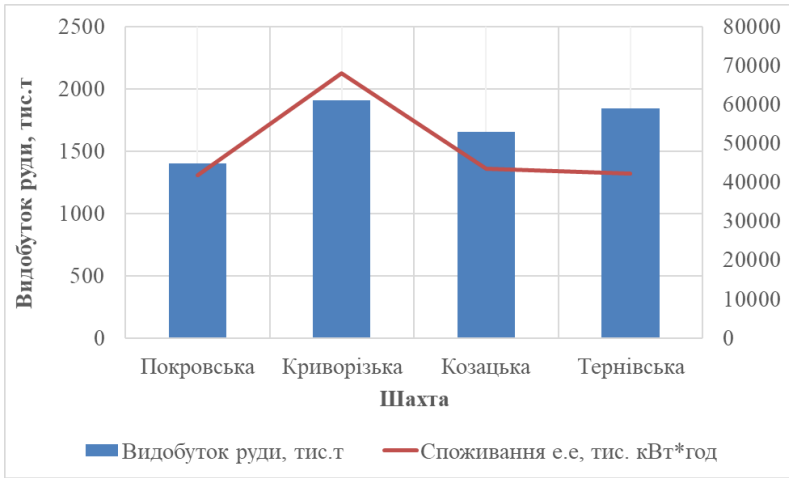


в)



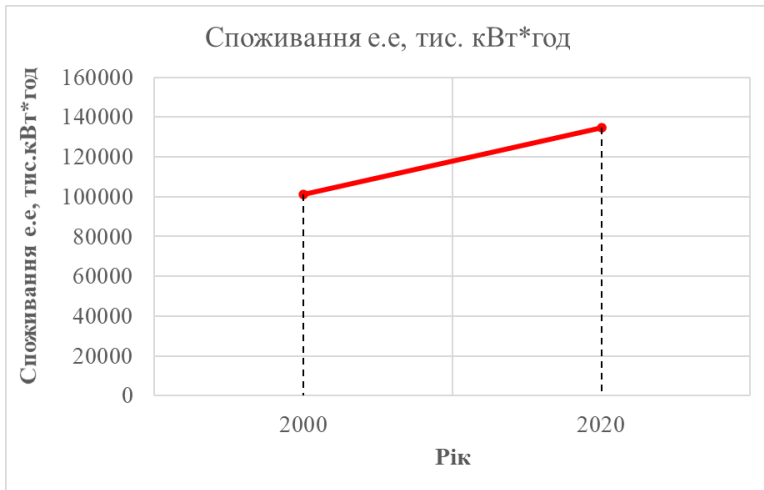
г)

**ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА В ПАРАДИГМІ УПРАВЛІНСЬКИХ ДІЙ
В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДЗЕМНИХ
ГІРНИЧОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ**



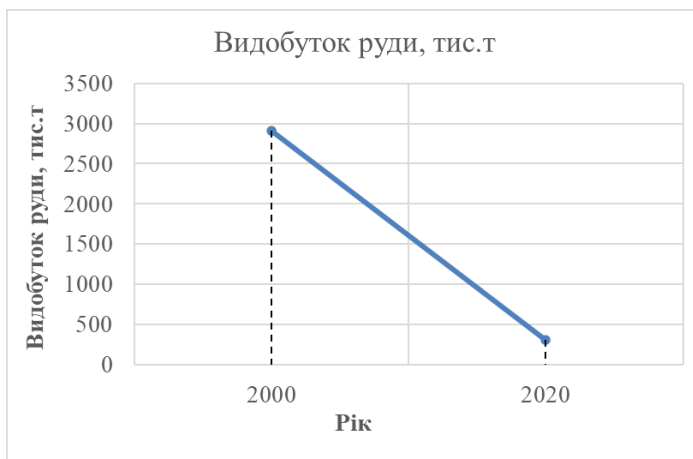
д)

Рисунок 1.2 – Динаміка змін обсягів видобутку залізної руди по залізорудним шахтам за 2020-2024 р. відповідно: а) № 5, б) №4, в) № 7, г) № 6 (м. Кривий Ріг)



а)

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА В ПАРАДИГМІ УПРАВЛІНСЬКИХ ДІЙ
В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДЗЕМНИХ
ГІРНИЧОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ



б)

Рисунок 1.3 – Динаміка змін обсягів видобутку залізної руди та обсягів споживання електроенергії по залізорудній шахті «Суха Балка» за 2000-2020 р. відповідно

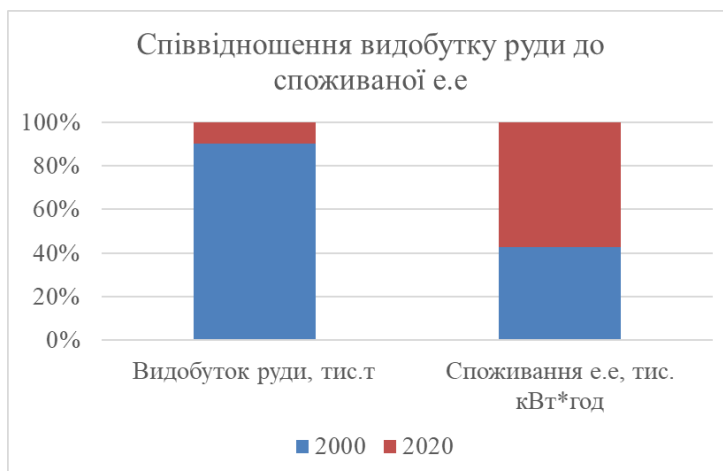


Рисунок 1.4 – Співвідношення обсягів видобутку залізної руди до обсягів споживаної електроенергії типової залізорудної шахти («Суха Балка», м. Кривий Ріг)

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА В ПАРАДИГМІ УПРАВЛІНСЬКИХ ДІЙ
В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДЗЕМНИХ
ГІРНИЧОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ

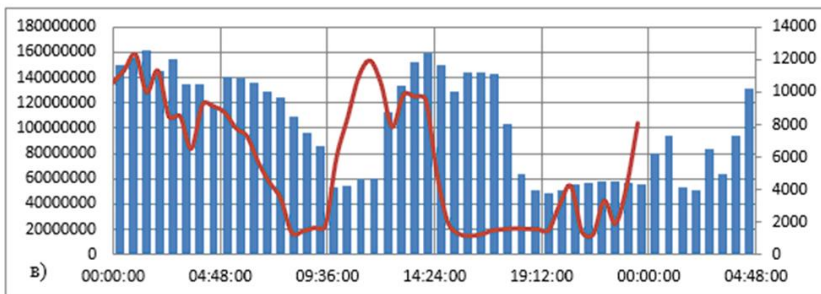
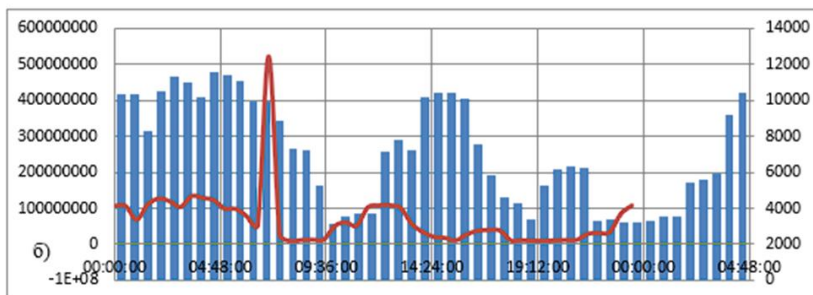
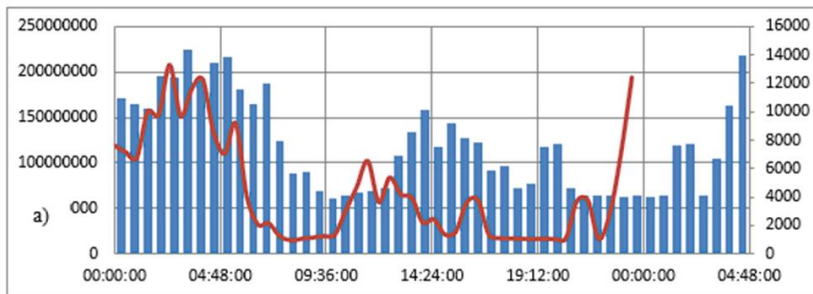


Рисунок 1.5 – Добові графіки споживання активної потужності та електроенергії шахти № 4: а) 18.12.2020 рік, б) 15.12.2021 рік, в) 18.12.2022 рік

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА В ПАРАДИГМІ УПРАВЛІНСЬКИХ ДІЙ
В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДЗЕМНИХ
ГІРНИЧОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ

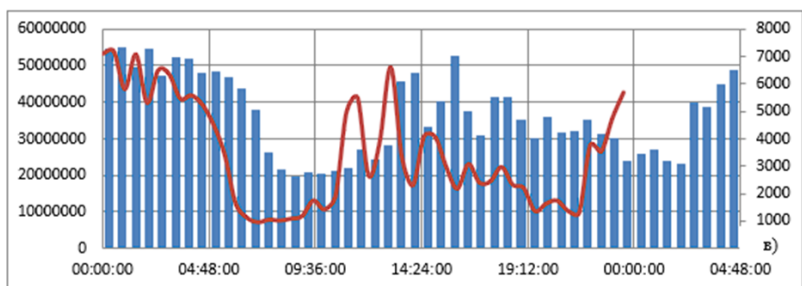
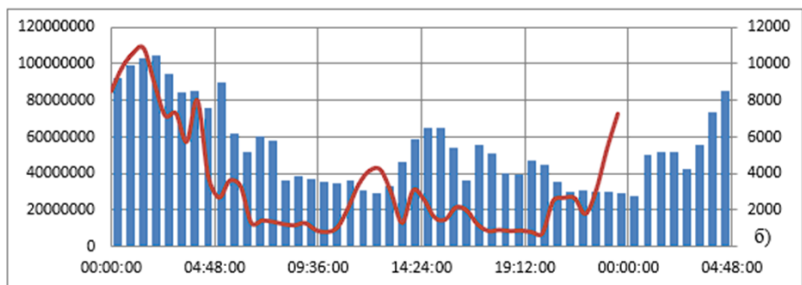
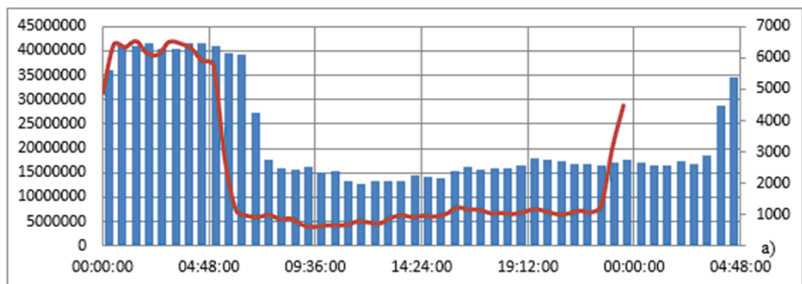


Рисунок 1.6 – Добові графіки споживання активної потужності та електроенергії шахти № 5: а) 18.12.2020 рік, б) 15.12.2021 рік, в) 18.12.2022 рік

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА В ПАРАДИГМІ УПРАВЛІНСЬКИХ ДІЙ
В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДЗЕМНИХ
ГІРНИЧОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ

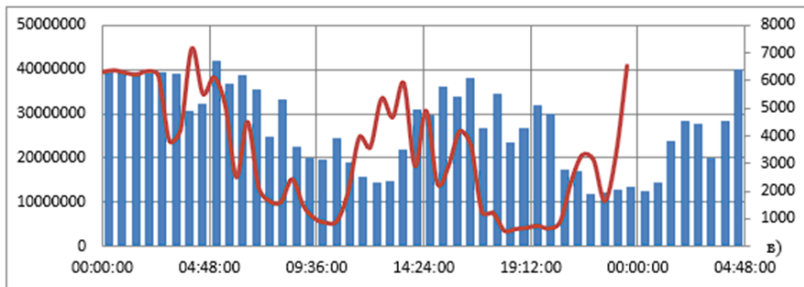
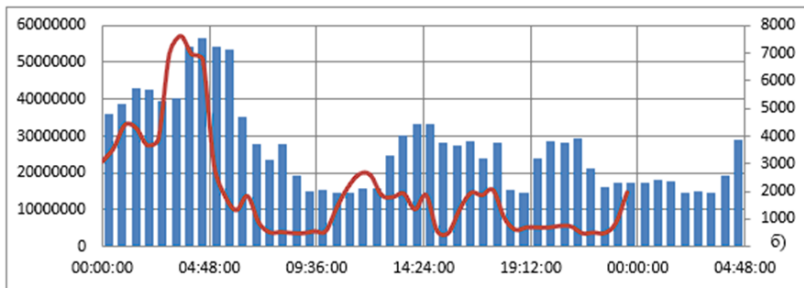
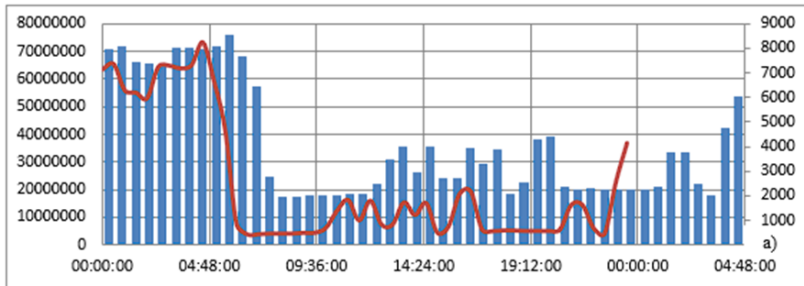


Рисунок 1.7 – Добові графіки споживання активної потужності та електроенергії шахти № 7: а) 18.12.2020 рік, б) 15.12.2021 рік, в) 18.12.2022 рік

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА В ПАРАДИГМІ УПРАВЛІНСЬКИХ ДІЙ
В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДЗЕМНИХ
ГІРНИЧОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ

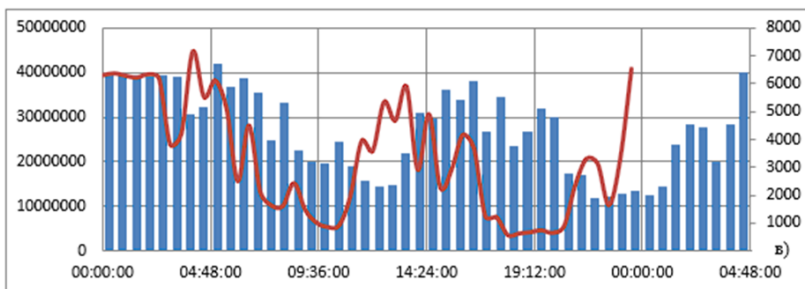
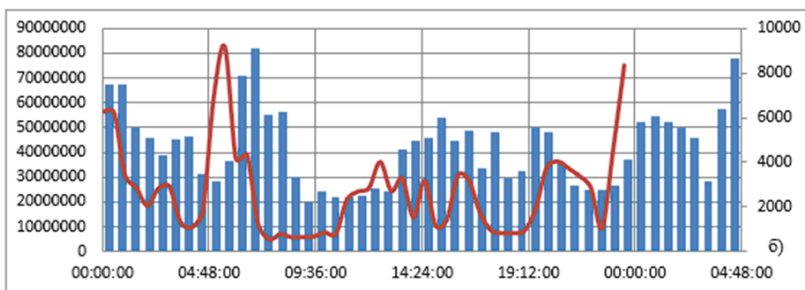
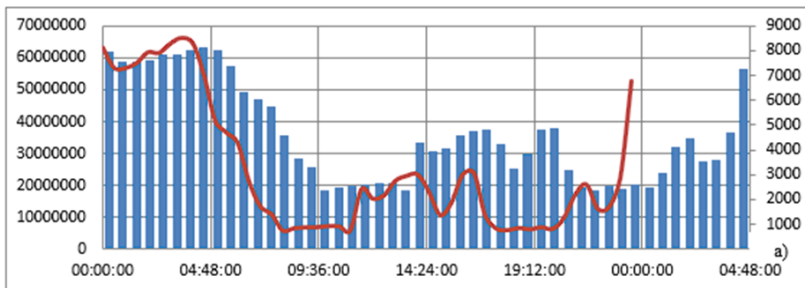


Рисунок 1.8 – Добові графіки споживання активної потужності та електроенергії шахти № 6: а) 18.12.2020 рік, б) 15.12.2021 рік, в) 18.12.2022 рік

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА В ПАРАДИГМІ УПРАВЛІНСЬКИХ ДІЙ
В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДЗЕМНИХ
ГІРНИЧОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ



а)



б)

Рисунок 1.9 – Обсяги електроспоживання групою підземних споживачів за:
а) серпень 2016-2024 років; б) грудень 2016-2024 років

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА В ПАРАДИГМІ УПРАВЛІНСЬКИХ ДІЙ
В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДЗЕМНИХ
ГІРНИЧОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ



а)



б)

Рисунок 1.10 – Рівень енергоефективності згідно прямих витрат електроенергії на суто підземне виробництво за:
а) серпень 2016-2024 років; б) грудень 2016-2024 років

**ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА В ПАРАДИГМІ УПРАВЛІНСЬКИХ ДІЙ
В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДЗЕМНИХ
ГІРНИЧОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ**



а)



б)

Рисунок 1.11 – Обсяги електроспоживання групою підземних та поверхневих споживачів за: а) серпень 2016-2024 років; б) грудень 2016-2024 років

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА В ПАРАДИГМІ УПРАВЛІНСЬКИХ ДІЙ
В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДЗЕМНИХ
ГІРНИЧОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ



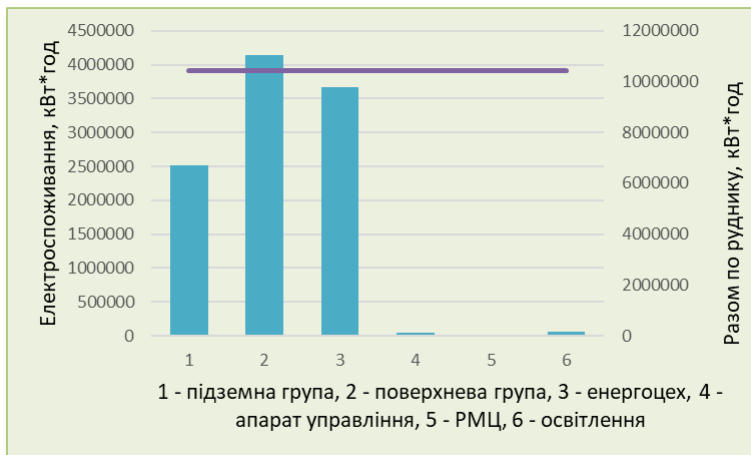
а)



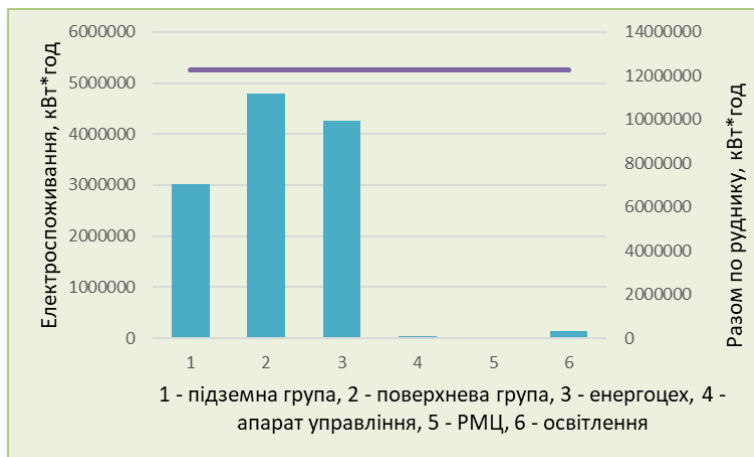
б)

Рисунок 1.12 – Рівень енергоефективності згідно прямих витрат електроенергії підземних та поверхневих споживачів за:
а) серпень 2016-2024 років; б) грудень 2016-2024 років

**ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА В ПАРАДИГМІ УПРАВЛІНСЬКИХ ДІЙ
В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДЗЕМНИХ
ГІРНИЧОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ**



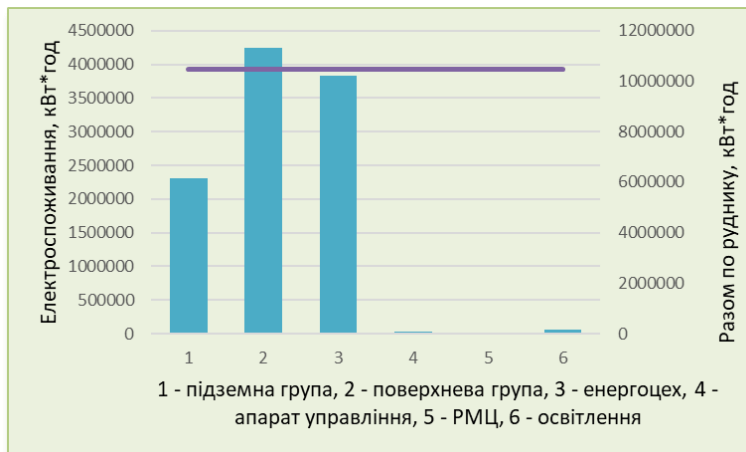
а)



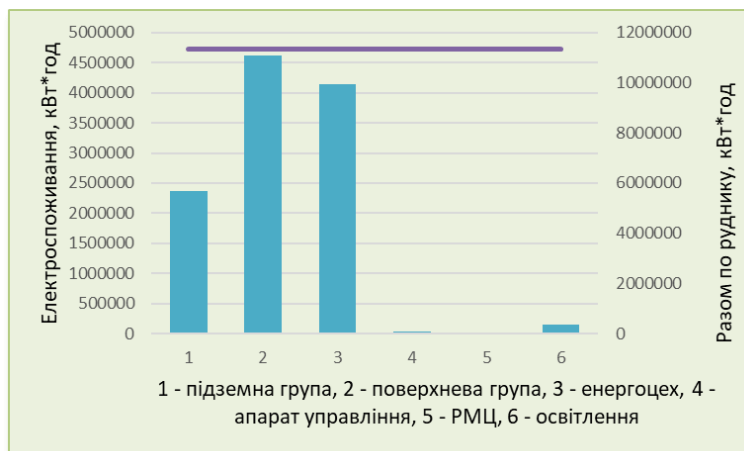
б)

Рисунок 1.13 – Обсяги споживання електроенергії споживачами рудника з підземним способом видобутку залізної руди (на правах шахти №9) за: а) серпень 2016 року; б) грудень 2016 року

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА В ПАРАДИГМІ УПРАВЛІНСЬКИХ ДІЙ
В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДЗЕМНИХ
ГІРНИЧОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ



а)



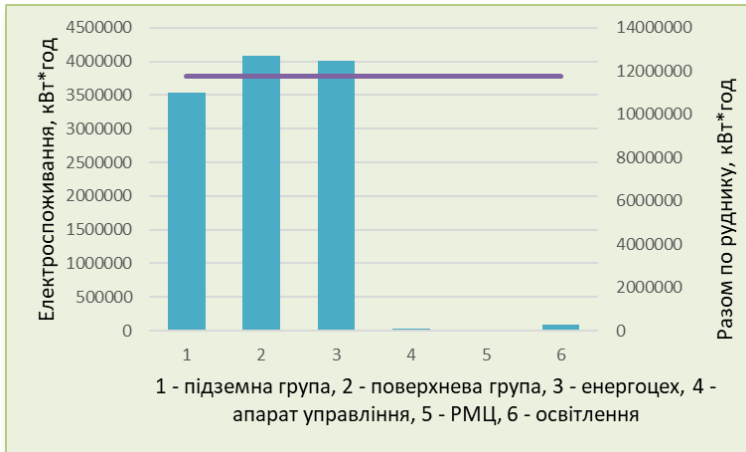
б)

Рисунок 1.14 – Обсяги споживання електроенергії споживачами рудника з підземним способом видобутку залізної руди (на правах шахти №9) за: а) серпень 2017 року; б) грудень 2017 року

**ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА В ПАРАДИГМІ УПРАВЛІНСЬКИХ ДІЙ
В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДЗЕМНИХ
ГІРНИЧОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ**



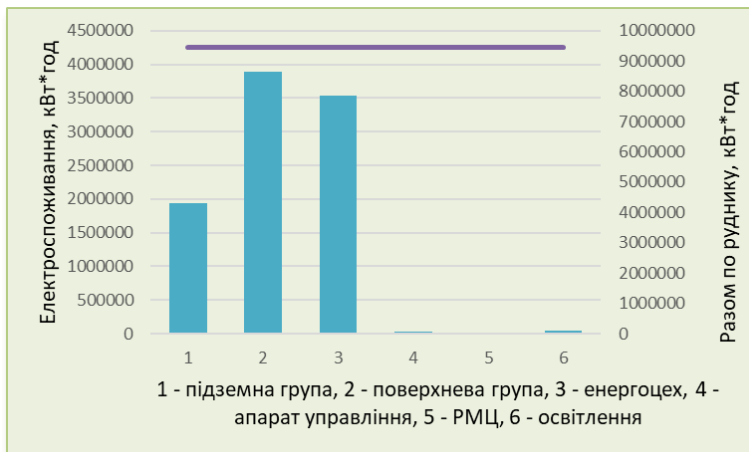
а)



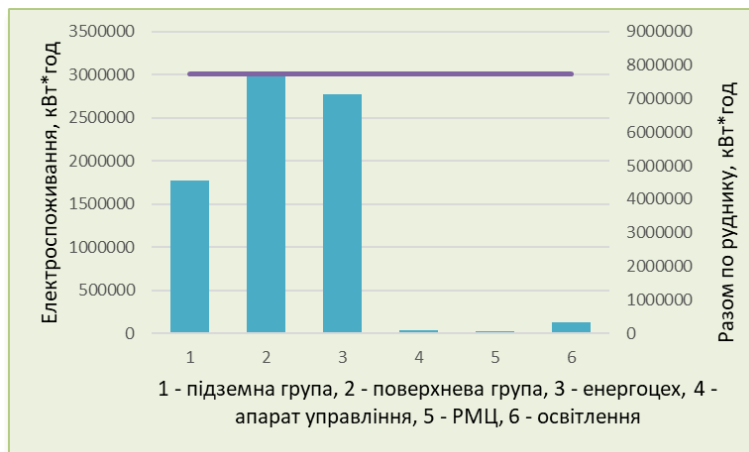
б)

Рисунок 1.15 – Обсяги споживання електроенергії споживачами рудника з підземним способом видобутку залізної руди (на правах шахти №9) за:
а) серпень 2018 року; б) грудень 2018 року

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА В ПАРАДИГМІ УПРАВЛІНСЬКИХ ДІЙ
В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДЗЕМНИХ
ГІРНИЧОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ



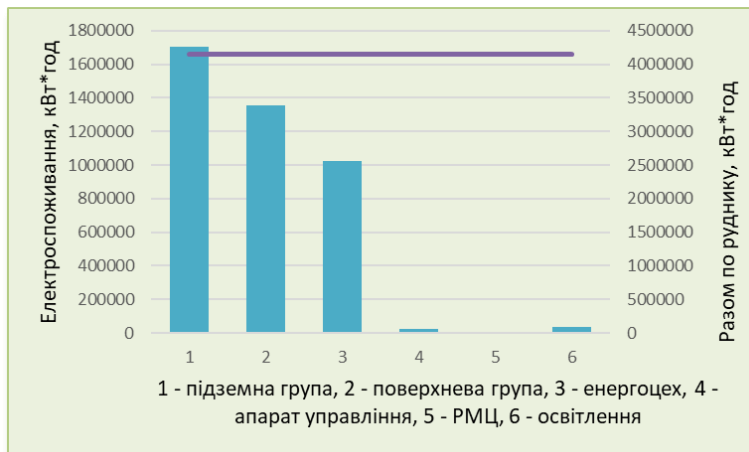
а)



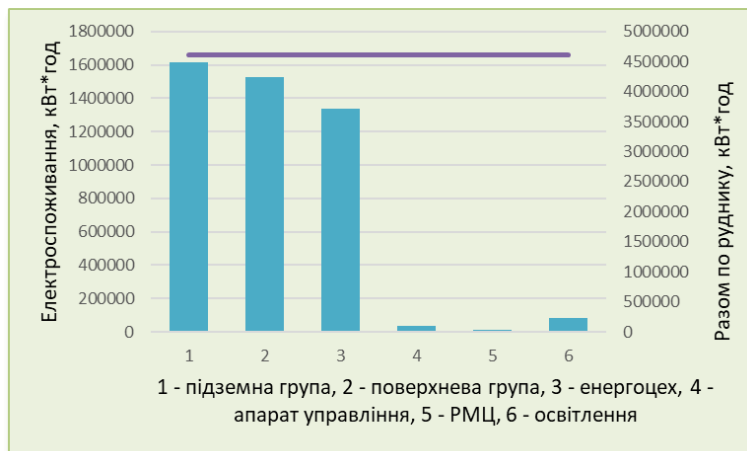
б)

Рисунок 1.16 – Обсяги споживання електроенергії споживачами рудника з підземним способом видобутку залізної руди (на правах шахти №9) за: а) серпень 2023 року; б) грудень 2023 року

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА В ПАРАДИГМІ УПРАВЛІНСЬКИХ ДІЙ
В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДЗЕМНИХ
ГІРНИЧОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ



а)



б)

Рисунок 1.17 – Обсяги споживання електроенергії споживачами рудника з підземним способом видобутку залізної руди (на правах шахти №9) за: а) серпень 2024 року; б) грудень 2024 року

Проте, враховуючи такий системостверджуючий висновок, і як продовження результатів пошуку такого стану логістика формування методики даного пошуку, в авторському баченні сучасних шляхів досягнення мети підвищення рівня електроенергоефективності видобутку ЗР підземним способом, потребує певних змін, а точніше розширення дослідницьких кордонів для більш об'ємного аналізу вищезгаданого процесу з встановленням додаткових, до раніше отриманих, і, нових варіантів пошуку, нових, більшсуттєвих висновків, щодо складових і рівнів факторів впливу на формування загальної «картини» споживання ЕЕ як процесу в форматі комплексності технології функціонування даних підприємств і відповідної реакції на це всіх складових їх електроенергетичного комплексу. На часі, саме це повинно стати стартовою складовою пошуку - базовою основою для розбудови варіантів схем можливих управлінських дій в структурі СК СЕП, з досяжністю оптимально – ефективних рівнів енергоефективності при агрегативному застосуванні та адаптивному розподілу електроенергопотоків, котрі генеруються як централізованим варіантом так і джерелами з розподіленою генерацією ЕЕ в структурах новостворених видів синергетичних, з позицій варіативності джерел генерації ЕЕ, енергетичних структур даних підприємств.

Як факт сьогодення, для більш глибокого розуміння тактики розбудови даного пошуку, зазначимо наступне, СЕП гірничорудних підприємств з підземними способами видобутку ЗР (рудники, шахти), являють собою споріднені види зі значним рівнем типовості і базуються на аутентичних технологіях і схемах технологічного функціонування локальних електроенергетичних комплексів: електропостачання – електроспоживання [16-18]. Більше того, встановлені електричні потужності приймачів ЕЕ, типи електрообладнання та режими їх функціонування, в умовах аналізуємих видів підприємств, споріднені в своїй роботі з незначними, по факту, змінам в часі [19-25]. Логістика формування СЕП даних підприємств в одночасі базується на основі відповідних розділів ПУЕ, ПТБ та ПТЕ, де в контексті рішень виступає першочерговість по безперебійності живлення споживачів ЕЕ, більшість з котрих відноситься до І-ї категорії цього формату [26-28].

Це дає змогу, без суттєвих відхилень в отриманні кінцевих результатів наукового пошуку, базуватись на даних функціонування окремовзятих підприємств даної галузі промисловості, з подальшим процесом порівнянь отриманих по факту локальних показників. Такий підхід, спрощуючи саму методологію пошуку, водночас сприяє і надає

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА В ПАРАДИГМІ УПРАВЛІНСЬКИХ ДІЙ
В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДЗЕМНИХ
ГІРНИЧОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ

можливість до більш прискіпливого аналізу як стану, того чи іншого процесу в комплексі пошуку, так і в рівні реалістичності оцінювання перспектив можливих і досяжних змін в функції індивідуальності застосування нових розробляємих, та рекомендуємих для втілення в практику роботи підприємств варіантів.

На рис. 1.18 представлено реальноіснуючу – однолінійний варіант типової СЕП підземного рудника (шахти).

Оцінюючи в загальному форматі структури СЕП, впевненим та обґрунтованим буде визначення, що вони є типовими і спорідненими для підземних гірничорудних підприємств. Проте, в конкретиці процесу їх індивідуального функціонування в структурі електроенергетичного комплексу електропостачання – електроспоживання того чи іншого підприємств, має місце своя специфіка, котра є системоутворюючим моментом в формуванні рівня мінливості обсягів споживання ЕЕ в функції технології поточного функціонування зазначених електроенергетичних комплексів. Цей факт, в контексті досягнення мети даного пошуку, націлює на необхідність отримання відповіді на те, як і завдяки чому відбуваються зміни технічних параметрів функціонування СЕП. Необхідність такого логістичного аналізу визначається вибором базової позиції для розбудови схеми і варіантів оперативної керованості розподілом електроенергопотоків в структурі електроенергетичного комплексу зі значним рівнем прогнозуємої невизначеності режимів його поточного функціонування.

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА В ПАРАДИГМІ УПРАВЛІНСЬКИХ ДІЙ В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДЗЕМНИХ ГІРНИЧОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ

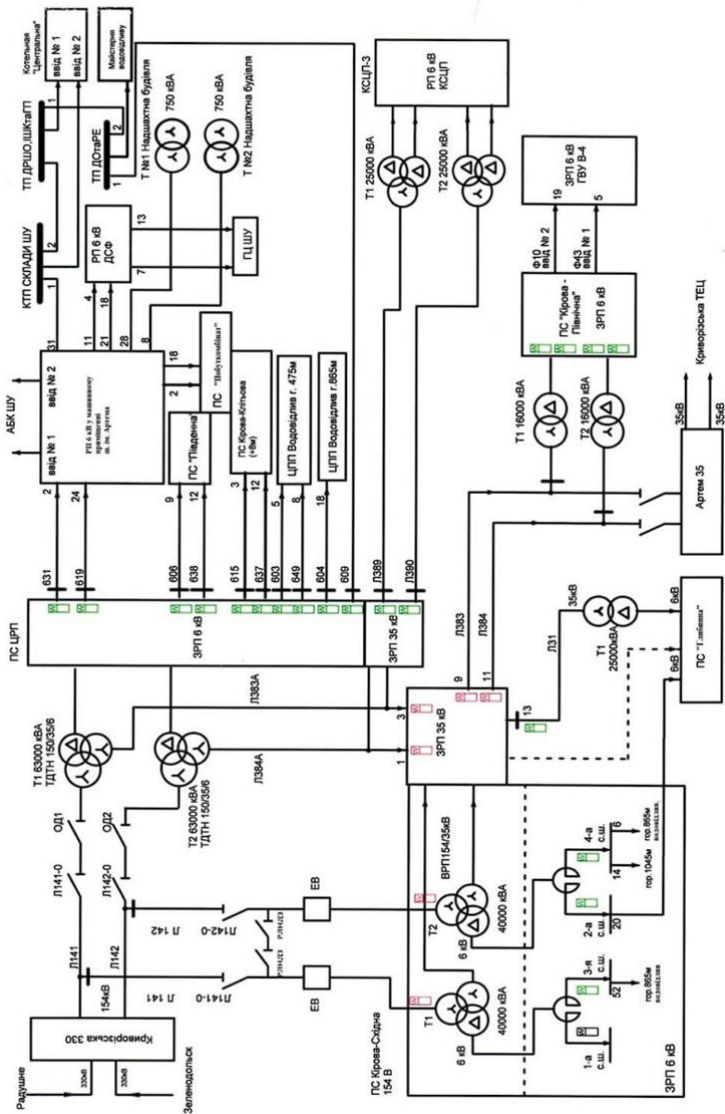


Рисунок 1.18 – Типовий варіант однолінійної схеми електропостачання підземного рудника (шахти №9, м. Кривий Ріг)

Для розбудови такого формату кінцевого пошуку потрібен відповідний аналіз стану, перспектив та превентивних в початковому варіанті висновків для подальшої розбудови системи керування процесами в структурі СЕП даних видів підприємств.

1.2 Встановлення електричних потужностей приймачів електроенергії залізородних шахт

Аналізуючи процес функціонування електроенергетичних комплексів даних видів гірничих підприємств зупинилось, перш за все, на аналізі встановлених електричних потужностей і рівнів їх використання оскільки ці дані «підсвітлюють» перспективу шляхів пошуку.

Аналіз стану встановлених потужностей електрообладнання, в тому числі трансформаторів ГПП та ДПП вітчизняних підземних гірничорудних підприємств, свідчить, що їх основні електричні параметри (табл. 1.1) лишаються без суттєвих змін на протязі десяти років [12]. Змінюються в основному, і суттєво, протяжність підземних сегментів ЛЕП з переходом видобутку ЗР на більш глибокі підземні горизонти, що теж може бути предметом наукового пошуку, оскільки цей технічний параметр впливає на рівень енергоефективності функціонування СЕП даних підприємств. Проте це не є предметом даного наукового пошуку.

Стосовно даного етапу пошуку, то тут доцільно зазначити, що, як встановлено [29-32], електричні потужності приймачів вітчизняних підземних підприємств з видобутку ЗР близькі між собою, а нерідко навіть аутентичні. Наближаючись до конкретики даних показників розглянемо це питання на прикладі типового підприємства з аналізуємих видів (табл. 1.1).

В табл. 1.1 у відповідності з прийнятою класифікацією з 1-го по 7-й пункт включно встановлена потужність складає 23735 кВт, а з 8-го по 12-й – 31800 кВт.

Враховуючи наведені показники табл. 1.1 у відповідності з вказаною нумерацією споживачі ЕЕ останні умовно можна розділити на споживачі поверхневого (п. 1-7) та підземного (п. 8-12) комплексів в загальній цілісній технології видобутку ЗР. При цьому різниця в рівнях встановлених електричних потужностей між споживачами підземного і поверхневого комплексів становить 20 % у підземній частині споживачів по відношенню до «поверхні».

**ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА В ПАРАДИГМІ УПРАВЛІНСЬКИХ ДІЙ
В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДЗЕМНИХ
ГІРНИЧОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

Таблиця 1.1 – Перелік встановлених електричних потужностей споживачів електроенергетичного комплексу підприємства з підземним видобутком залізної руди на правах шахти

| № з/п | Тип приймача | Встановлена потужність, кВт |
|-------|--|---|
| 1 | Центральна компресорна станція | 15750 (5 одиниць компресорів К-501 по 3150 кВт; постійно в роботі 1 турбокомпресор, а при необхідності – 2) |
| 2 | Ремонтно-механічний цех | 330 |
| 3 | Зовнішнє освітлення | 4700 |
| 4 | Адмінбудівля шахти, обчислювальний центр, диспетчерська служба | 150 |
| 5 | Побутовий комбінат | 630 |
| 6 | Дробильно-сортувальна фабрика, вантаження руди | 1950 |
| 7 | Інші споживачі (склад, майстерні, котельні, столова тощо) | 225 |
| 8 | Скіповий підйом | 4000 |
| 9 | Клітьовий підйом | 8200 |
| 10 | Головні вентиляційні установки | 4000 |
| 11 | Головний водовідлив | 10700 |
| 12 | Інші підземні споживачі електроенергії | 4900 |

В аспекті аналізу взаємодії процесів вищезазначеного електроенергетичного комплексу споживачів підземних гірничорудних підприємств, то тут можливо провести «тонку червону лінію», котра не пов'язує жорстко між собою ці дві складові єдиного узагальненого процесу функціонування комплексу: електропостачання-електроспоживання даних підприємств. Цей штрих надає можливість додаткового мислення процесу підвищення енергоефективності гірничорудних шахт з диференціюванням по видам споживачів: поверхневі – підземні.

Та все ж, маючи повну різницю в вимогах до якості електропостачання вищеаналізуємих споживачів зазначимо їх загальну вимогу – безперебійність електропостачання, що вимагають як вимоги ПУЕ, так і технологія ведення гірничих робіт.

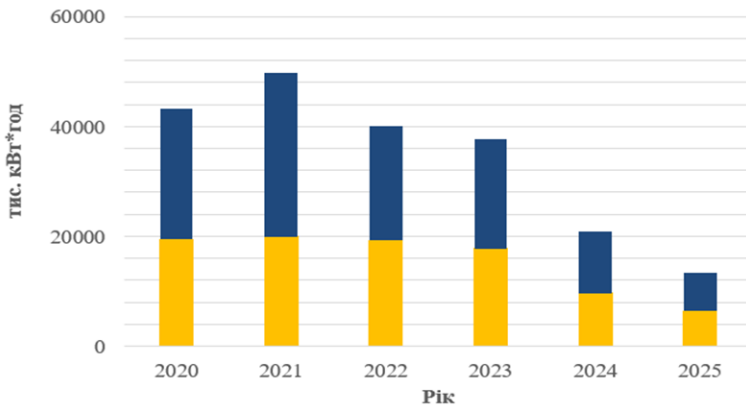
ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА В ПАРАДИГМІ УПРАВЛІНСЬКИХ ДІЙ
В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДЗЕМНИХ
ГІРНИЧОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Аналіз обсягів споживання ЕЕ свідчать про те, що в останні роки (п'ять років) доля приймачів електроенергії поверхневого комплексу, як правило, і не враховуючи екстремальні 2024-2025 роки, становила більше 60 % від загальноспоживчого обсягу (рис. 1.19). При цьому, як в денний, так і в нічний періоди часу, вищенаведені комплекси споживали менше 40 %, ніж у відповідні години доби нічні.

В продовження вищенаведеного зазначимо, що цікавим фактом для розбудови алгоритму керування електроенергопотоками виглядає те, що в обсягах споживання ЕЕ поверхневим комплексом в нічні години домінує комплекс поверхневого освітлення, а в підземній складовій – водовідливний комплекс.

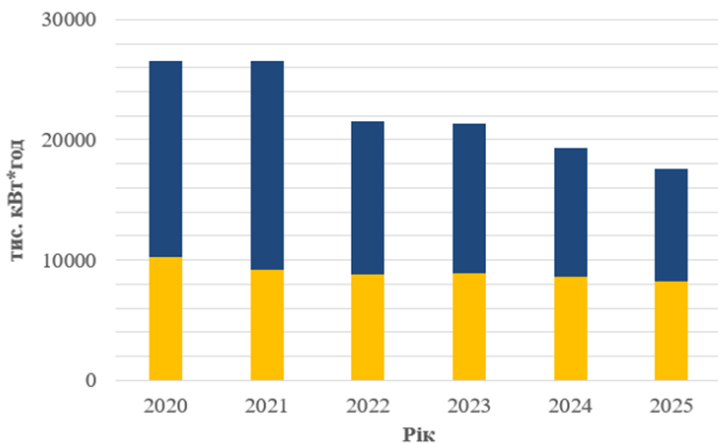
Проте, більш коректні та системодоповнюючі висновки стану функціонування електроенергетичних комплексів підземних залізородних підприємств можуть бути отримані в результаті аналізу процесів споживання ЕЕ як індивідуальними, так і групами приймачів у функції відповідних часових періодів та технологічних змін параметрів роботи підприємства.

Оцінюючи, як в сьогоднішні, так і в рівнях перфектних - проєктно нормованих показників функціонування аналізуємих видів гірничих підприємств і їх електроенергетичних комплексів в форматі авторського бачення режими споживання електричної енергії зазначимо наступне.



а)

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА В ПАРАДИГМІ УПРАВЛІНСЬКИХ ДІЙ
В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДЗЕМНИХ
ГІРНИЧОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ



б)

Рисунок 1.19 – Еволюція рівнів споживання електроенергії між приймачами поверхневого (а) і підземного (б) комплексів відповідно в годинах доби залізородної шахти №9 (м. Кривий Ріг)

Аналіз режимів функціонування електроенергетичних комплексів аналізуємих підприємств гірничорудного комплексу з метою отримання реальних результатів не можливий без базового матеріалу для цього – експериментальних даних, котрі були отримані в умовах діючих підприємств. Але, до цього тривіального формату ствердження слід додати те, що поточні дані отриманих результатів даних досліджень повинні співставлятись з даними, котрі отримувались для умов роботи цих підприємств в номінальних – проектних, або близьких до цих режимів, з оцінюванням - рогнозом подальших перспектив в цьому аспекті. Базуючись на цій логіці, для дослідницького формату такого пошуку автор використовував як власні експериментальні дослідження, котрі проводились в поточному часі, так і матеріали попередніх досліджень та архівів енергослужб конкретних підприємств [33-37]. При цьому враховувались не тільки результати експериментів попередників, а й їх логістика аналізу отриманих результатів. Це важливо, оскільки мета отримання результатів цього сегмента наукового пошуку в оцінюванні варіативності процесів споживання ЕЕ як в часі, так і персоналізовано -

в видах споживачів, або їх груп. Така схема пошуку відповідає загальній меті дослідження і є необхідною стартовою умовою для конструювання синергетичного електроенергетичного варіанту комплексу з єдиним керуючим органом.

При цьому логічним і водночас важливим моментом в цьому процесі є аналіз з диференціюванням рівнів споживання ЕЕ між споживачами і, водночас, об'єднання – згуртування останніх в сегменти керованості без втрати логіки управлінської централізації всім електроенергетичним комплексом. Ця ідеологія розбудови СЕП являє собою певний зразок наближеності варіанту до відомих зразків розбудови концепцій Smart Grid, Micro Grid та інших подібних, але в індивідуальному кінцевому форматі реалізації.

Це важливо і, що основне – базове, оскільки встановлено, що процес споживання електроенергії гірничими підприємствами, як і відповідний показник енергоефективності, більш ніж на 70% визначаються технологією ведення гірничих робіт, котра відображається в відповідному проекті підприємства [38-45].

Проте, варіативність позапроектних рішень, з боку СЕП конкретного підприємства, носить і має свою значимість як в поточному стані, так і в потенціалі досяжності в шляхах пошуку та реалізації більш ефективних – сучасних енергоефективних спрямувань рішень для вирішення проблеми збільшення енергоефективності процесу видобутку ЗР.

Для визначення стану споживання ЕЕ як процесу в функції ряду впливових факторів, були проведені експериментальні дослідження в ряді залізородних шахт. На рисунках пункту 1.1 наведені отримані в процесі експериментальних досліджень показники, котрі з позицій сьогодення, в черговий раз підтверджують раніше встановлений попередніми дослідниками факт, що загальні рівні споживання ЕЕ даних підприємств, носять мінливий та непрогнозований по рівням і в часі характер.

Проте, окрім необхідності усучасненої констатації характеру споживання ЕЕ, цікавим, для подальшої розбудови логістики даного наукового пошуку, є доцільність встановлення причин та факторів впливу окремих складових, а точніше споріднених технологією роботи даних підприємств, груп споживачів на формування цього процесу і, перш за все, на динаміку коливань рівнів, як узагальненого формату споживання ЕЕ, так і диференційовано – по видам груп приймачів.

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА В ПАРАДИГМІ УПРАВЛІНСЬКИХ ДІЙ В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДЗЕМНИХ ГІРНИЧОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Аналізуючи отримані статичні дані і водночас, з певною допустимою коректністю, не вдаючись в прискіпливий аналіз - чому і як ці факти корелюють з іншими технологічними параметрами даного підприємства, приведемо лише певні, але все ж, як буде доведено далі системоутворюючі для подальшого пошуку показники цього аналізу (рисунки пункту 1.1).

Так, в 2018 році, відносно стабільному в режимах функціонування конкретного підземного рудника, коли обсяги видобутку ЗР в серпні склали 89930 т, а в грудні - 87225 т, тобто відхилення в обсягах видобутку ЗР в грудні зменшились лише на 2705 т - близько 3%, то, водночас рівні споживання ЕЕ в цей період саме на підземні роботи - видобуток ЗР, збільшились відповідно: активної - більше ніж на 30%, реактивної - менше ніж на 11 %. Проте, логіка змін цих співвідношень з точки зору електротехніки пояснюється природними факторами, котрі формуються технологією функціонування цих підприємств. Така ж ситуація в оцінюванні загального споживання ЕЕ.

Стосовно аналогічного продовження аналізу, по іншим рокам, то тут ситуація наступна - при зменшенні обсягів видобутку ЗР в серпні 2024 р., в порівнянні з серпнем 2018 р. більш ніж на 60%, обсяги споживання ЕЕ підземними приймачами зменшились майже на 30%, а в грудні цього ж 2024 р., коли підприємства взагалі не видобувало ЗР, споживання активної енергії в порівнянні з серпнем цього року, зменшилось лише на близько 5%, а в порівнянні з аналогічним місяцем 2018 р. - зменшилось близько до 22,8%.

І якщо різниця в рівнях споживання ЕЕ в реаліях технології функціонування діючих підземних гірничорудних підприємств в умовнонаближених часових співвідношеннях: день-ніч, для підземних приймачів лежить в межах 1,4-2,3 рази, то для поверхневої групи це становить 1,3-17 рази. При цьому зрозуміло, що рівні споживання ЕЕ вищенаведеними споживачами різні, як різна частка споживання ними електроенергії в час «пік».

В серпні 2018 р. підземні приймачі спожили енергії майже на 40% більше ніж у відповідному місяці 2024р. І це логічно, оскільки різниця в обсягах видобутку ЗР в ці періоди сягала 2,3 рази.

Цікавий факт - при відсутності видобутку ЗР підземна група приймачів споживала ЕЕ в 2,45 рази більше в денний час ніж в нічний.

Аналогічна, або близько до такої, ситуація в співвідношеннях аналізуємих показників в інші роки функціонування даного гірничого

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА В ПАРАДИГМІ УПРАВЛІНСЬКИХ ДІЙ
В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДЗЕМНИХ
ГІРНИЧОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ

підприємства як і всіх інших його прототипів - гірничорудних підприємств України [46-50].

Та все ж, підводячи певні проміжні висновки, в розрізі наведеного вище етапу досліджень, з позицій оцінювання характеру споживання електроенергії приймачами підземних гірничорудних підприємств як процесу, доцільно зазначити, що загальний рівень його стахостичності зменшується з наближенням режиму роботи цих підприємств і, відповідно режимів функціонування їх СЕП, до рівнів проектних значень.

Все це в черговий раз підтверджує раніше встановлений факт про змінно-непрогнозуємий, зі значним рівнем стахостичності характер споживання ЕЕ приймачами підземних залізорудних підприємств в місяцях, роках і в годинах доби (рисунки пункту 1.1) [26]. Це, формує «високий поріг» системоутворюючих перешкод для реалізації енергоефективних заходів в структурі комплексів керування процесами функціонування електроенергетичних комплексів: електропостачання електроспоживання гірничорудних підприємств. Така констатація ставить перед дослідниками цієї проблеми генеральну мету - пошук новітніх енергоспрямованих шляхів технологічного функціонування самих споживачів ЕЕ даних підприємств, та прийняття відповідних технічних заходів щодо мінімізації негативних наслідків цього процесу на узагальнені електроенергетичні характеристики гірничих виробництв в цілому, а значить і, що головне, на їх економіку. Стосовно схеми реалізації такого варіанту проекту з комплексністю кінцевого рішення, то тут доцільно, перш за все, знайти рішення з реальною логікою в конкретиці формування структури пошуку, в тому числі базуючись на сучасних реаліях функціонування підземного і поверхневого.

До цього додамо, що, як зазначалось попереду в тексті пояснювальної записки даного дослідження, останні роки роботи вітчизняних гірничорудних підприємств не є типовими, а, у відповідності до політичної та економічної ситуації в країні - тимчасово скорегованими в бік значного зменшення, а в окремих випадках і навіть тимчасово зупиненого видобутку ЗР.

Проте це, факт реального пошуку від якого не можливо абстрагуватись. Тобто, в системі розбудови енергоефективних СЕП та їх варіантів необхідно враховувати всі можливі коливання в обсягах видобутку ЗР.

1.3 Аналіз статистичних показників рівнів споживання електроенергії залізорудної шахти

Як доповнення до вищенаведеного, з метою отримання реально наближених показників, проведено оцінювання ряду складових процесу споживання ЕЕ в умовах типового підземного гірничорудного підприємства на прикладі шахти №9, м. Кривий Ріг) з залученням до цього методів математичної статистики.

Статистичний показник – це якісно певна змінна величина, яка кількісно характеризує об'єкт дослідження або його властивості. Якісну визначеність забезпечує набір ознак, які покладені у форматі його визначення. Кількісна визначеність показника пов'язана з ознаками місця та часу [56-58].

Серед показників, які достатньо змістовно характеризують динаміку та зміну рівнів у часі, визначаються:

- абсолютний приріст;
- коефіцієнт (темп) зростання;
- темп просту;
- абсолютне значення 1 % приросту.

Абсолютний приріст характеризує, наскільки кожний наступний рівень більший чи менший за попередній:

$$\Delta_{\text{ул}} = y_i - y_{i-1} \text{ – ланцюговий;}$$

$$\Delta_{\text{уб}} = y_i - y_0 \text{ – базисний.}$$

Коефіцієнт зростання характеризує відношення поточного рівня до рівня, що прийнятий за базу порівняння:

$$K_{\text{зл}} = \frac{y_i}{y_{i-1}} \text{ – ланцюговий;}$$

$$K_{\text{зб}} = \frac{y_i}{y_0} \text{ – базисний.}$$

Темп приросту показує, на скільки відсотків рівень одного періоду збільшився стосовно рівня іншого періоду, тобто цей показник характеризує відносну величину приросту у відсотках. Порівняння абсолютного приросту та темпу приросту за той самий інтервал часу показує, що в реальних процесах уповільнення темпу приросту часто не супроводжується зменшенням абсолютних приростів.

$$T_{\text{прл}} = \frac{y_i - y_{i-1}}{y_{i-1}} \cdot 100\% \text{ – ланцюговий;}$$

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА В ПАРАДИГМІ УПРАВЛІНСЬКИХ ДІЙ
В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДЗЕМНИХ
ГІРНИЧОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ

$$T_{прб} = \frac{y_i - y_{i-1}}{y_0} \cdot 100\%$$

– базисний.

Абсолютне значення одного відсотка приросту – показник, що показує, на скільки одиниць змінився вихідний показник при зміні темпу приросту на 1%, і розраховується як відношення абсолютного приросту до темпу приросту в той самий момент часу. Він допомагає зрозуміти фактичну величину зміни, що стоїть за кожним відсотком, особливо коли початковий рівень статистичного явища змінюється.

$$A_i = 0,01 \cdot y_{i-1}$$

Вихідні дані для отримання вищезазначених показників наведено в табл. 1.2, 1.3.

Відповідно до означених аналітичних характеристик, розрахуємо показники стосовно обсягів споживання ЕЕ для підземного та поверхневого добутку ЗР.

Таблиця 1.2 - Поверхнєве використання електроенергії

| Рік / показник | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
|-----------------|------|---------|----------|----------|-----------|
| $\Delta_{ул}$ | - | 6482,00 | -9655,00 | -2453,00 | -16806,00 |
| $\Delta_{уб б}$ | - | 6482,00 | -3173,00 | -5626,00 | -22432,00 |
| $K_{зл}$ | - | 1,15 | 0,81 | 0,94 | 0,55 |
| $K_{зб}$ | - | 1,15 | 0,93 | 0,87 | 0,48 |
| $T_{прл}$ | - | 0,15 | -0,19 | -0,06 | -0,45 |
| $T_{прб}$ | - | 0,15 | -0,22 | -0,05 | -0,39 |
| A_i | - | 497,72 | 401,17 | 376,64 | 208,58 |

Таблиця 1.3 - Підземне використання електроенергії

| Рік / показник | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
|-----------------|------|--------|----------|----------|----------|
| $\Delta_{ул}$ | - | 61,00 | -5017,00 | -204,00 | -2073,00 |
| $\Delta_{уб б}$ | - | 61,00 | -4956,00 | -5160,00 | -7233,00 |
| $K_{зл}$ | - | 1,002 | 0,81 | 0,99 | 0,90 |
| $K_{зб}$ | - | 1,002 | 0,81 | 0,80 | 0,73 |
| $T_{прл}$ | - | 0,002 | -0,19 | -0,01 | -0,097 |
| $T_{прб}$ | - | 0,0023 | -0,19 | -0,19 | -0,27 |
| A_i | - | 264,55 | 265,16 | 214,99 | 212,95 |

За базовий період прийнято 2020 р. як для поверхневого так й для підземного використання ЕЕ аналізуемого підземного рудника.

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА В ПАРАДИГМІ УПРАВЛІНСЬКИХ ДІЙ
В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДЗЕМНИХ
ГІРНИЧОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Для поверхневого використання ЕЕ значення абсолютних показників – базисних, свідчать про найбільше зниження в період 2024 р. з цими показниками корелює показник - коефіцієнт (темп) зростання - базовий, який дорівнює 0, 48. Відповідно, знижка темпу росту дорівнює -0.27. Стосовно ланцюгових характеристик, то в абсолютному вимірі найбільше зниження відноситься до 2024 порівняно з 2023, а найменше в 2023 р. порівняно з 2022 р. Аналогічні зміни спостерігаються й відносних величинах, представлених в таблиці. Відсоткова змістовність представлена характеристикою абсолютного значення одного відсотка приросту.

Для підземного використання ЕЕ найбільше абсолютне базисне значення відповідає 2024 р., а ось 2023 та 2022 можемо вважати цей показник незмінним. Ланцюговий абсолютний ріст – найбільше значення стосується 2021 року по відношенню до 2020 року, а найменший в 2023 р. по відношенню до 2022р. Аналіз таблиці свідчить про відносні показники, значення яких менше одиниці, тобто перерахунок абсолютних значень в відсоткові має місце.

Загалом, можна стверджувати, що період 2024 року має найнижчі показники, хоча зміна значень цих показників ризниється як для поверхневого, так й для підземного обсягу ЕЕ. Зміна показників поверхневого обсягу ЕЕ має значні коливання, в той час як підземного такі коливання відсутні.

Для проведення досліджень, щодо кореляційних процесів в даному випадку замала даних. Для представленої вихідної інформації, зрозуміло, що існує тісний зв'язок. Тому вважаємо за потрібне продовжити дослідження стосовно даних, які визначають процес споживання ЕЕ відносно часових проміжків доби, саме- день, ніч. Відповідно, дослідження ґрунтувались на наступних вихідних даних (табл. 1.4).

Таблиця 1.4 - Таблиця вихідних даних (день, ніч)

| Рік / показник | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Поверхневий обсяг | 43290 | 49772 | 40117 | 37664 | 20858 |
| день | 19481 | 19909 | 19256 | 17702 | 9595 |
| ніч | 23809 | 29863 | 20861 | 19962 | 11263 |
| Підземний обсяг | 26465 | 26516 | 21499 | 21295 | 19222 |
| день | 10321 | 9281 | 8815 | 8944 | 8650 |
| ніч | 16144 | 17235 | 12684 | 12351 | 10572 |

**ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА В ПАРАДИГМІ УПРАВЛІНСЬКИХ ДІЙ
В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДЗЕМНИХ
ГІРНИЧОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

Відповідно до представлених аналітичних розрахунків отримує результат, наданий в відповідних таблицях 1.5-1.8.

Таблиця 1.5 - Аналітичні розрахунки (день, поверхневий обсяг)

| Рік / показник | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
|-----------------------------|-------|--------|--------|--------|--------|
| День (поверхневий обсяг) | 19481 | 19909 | 19256 | 17702 | 9595 |
| $\Delta_{уд}$ | - | 428 | -653 | -1554 | -8107 |
| $\Delta_{уб б}$ | - | 428 | -225 | -1779 | -9886 |
| $K_{зл}$ | - | 1,02 | 0,97 | 0,92 | 0,54 |
| $K_{зб}$ | - | 1,02 | 0,99 | 0,91 | 0,49 |
| $T_{прл}$ | - | 0,02 | -0,03 | -0,08 | -0,46 |
| $T_{прб}$ | -- | 0,02 | -0,01 | -0,09 | -0,51 |
| A_i | - | 194,81 | 199,09 | 192,56 | 177,02 |

Поступово, з кожним роком, зменшується споживання ЕЕ. Найбільше – в період 2022 -2023. Порівняно з базовим періодом – 2020 рік, таке зменшення можна вважати суттєвим, майже на 9886 од. Отриманим абсолютним значення відповідають й відносні.

Таблиця 1.6 - Аналітичні розрахунки (ніч, поверхневий обсяг)

| Рік / показник | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
|----------------------------|-------|--------|--------|--------|--------|
| Ніч (поверхневий обсяг) | 23809 | 29863 | 20861 | 19962 | 11263 |
| $\Delta_{уд}$ | - | 6054 | -9002 | -899 | -8699 |
| $\Delta_{уб б}$ | - | 6054 | -2948 | -3847 | -12546 |
| $K_{зл}$ | - | 0,25 | -0,30 | -0,16 | -0,44 |
| $K_{зб}$ | - | 0,25 | -0,12 | -0,16 | -0,53 |
| $T_{прл}$ | - | 0,25 | -0,30 | -0,04 | -0,44 |
| $T_{прб}$ | -- | 0,25 | -0,12 | -0,16 | -0,53 |
| A_i | - | 238,09 | 298,63 | 208,61 | 199,62 |

Стосовно нічного періоду, поверхневого обсягу добутку, ситуація інша. А саме, найбільше зниження споживання ЕЕ відноситься до періоду 2023-2024 р. зменшення майже в 10 разів. Цьому показнику відповідає значення показника темп приросту ланцюговий, що становить -0,44.

**ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА В ПАРАДИГМІ УПРАВЛІНСЬКИХ ДІЙ
В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДЗЕМНИХ
ГІРНИЧОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

Таблиця 1.7 - Аналітичні розрахунки (день, підземний обсяг)

| Рік / показник | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
|------------------------|-------|--------|-------|-------|-------|
| День (підземний обсяг) | 10321 | 9281 | 8815 | 8944 | 8650 |
| $\Delta_{ул}$ | - | -1040 | -466 | 129 | -294 |
| $\Delta_{уб б}$ | - | -1040 | -1506 | -1377 | -1671 |
| $K_{зл}$ | - | 0,90 | 0,95 | 1,01 | 0,97 |
| $K_{зб}$ | - | 0,90 | 0,85 | 0,87 | 0,84 |
| $T_{прл}$ | - | -0,10 | -0,05 | 0,01 | -0,03 |
| $T_{прб}$ | -- | -0,10 | -0,15 | -0,13 | -0,16 |
| A_i | - | 103,21 | 92,81 | 88,15 | 89,44 |

Аналіз показників щодо денних показників підземного добутку свідчить про збільшення споживання ЕЕ в період з 2022 по 2023 рр. Це віддзеркалюється в показниках – коефіцієнт зростання ланцюговий, який становить 1,01, тобто збільшення на 1%. Але по відношенню до базового показника 2020, відмічається зменшення.

Таблиця 1.8 - Аналітичні розрахунки (ніч, підземний обсяг)

| Рік / показник | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
|-----------------------|-------|--------|--------|--------|--------|
| Ніч (підземний обсяг) | 16144 | 17235 | 12684 | 12351 | 10572 |
| $\Delta_{ул}$ | - | 1091 | -4551 | -333 | -1779 |
| $\Delta_{уб б}$ | - | 1091 | -3460 | -3793 | -5572 |
| $K_{зл}$ | - | 1,07 | 0,74 | 0,97 | 0,86 |
| $K_{зб}$ | - | 1,07 | 0,79 | 0,77 | 0,65 |
| $T_{прл}$ | - | 0,07 | -0,26 | -0,03 | -0,14 |
| $T_{прб}$ | -- | 0,07 | -0,21 | -0,23 | -0,35 |
| A_i | - | 161,44 | 172,35 | 126,84 | 123,51 |

Відповідно до нічних показників, маємо зазначити: постійне зменшення споживання ЕЕ, що підтверджують отримані розрахунки. Найбільше зменшення відповідає періоду 2021-2022 рр. й становить – 4551 од. цьому відповідає значення показника – темп приросту ланцюговий, що становить -0,26.

Проведений аналіз засвідчив загальне зниження споживання ЕЕ, як в денний так й в нічний періоди.

Опрацьований статистичний матеріал дозволив дійти наступних висновків: загальні аналітичні розрахунки щодо підземного обсягу

споживання ЕЕ вказують на менші коливання відносно поверхневого. Добові коливання стосовно підземного й поверхневого споживання ЕЕ не мають однозначної відповіді, тобто для більш ретельного аналізу необхідно збільшити обсяг статистичної інформації.

1.4 Прогнозне оцінювання динаміки добових рівнів споживання електроенергії аналізуємих видів залізорудних підприємств

Як відомо, дослідження, побудова та кількісне оцінювання прогнозу, в тому числі для оцінювання очікуємих рівнів споживання ЕЕ формується на основі інформаційної бази – динамічних рядів [1]. В класичному трактуванні [2] динамічний ряд – це послідовність чисел, які характеризують зміну того чи іншого процесу. Елементами динамічного ряду є перелік хронологічних моментів, в даному випадку – час доби і конкретні значення відповідних статистичних показників, які формують рівні ряду – споживання електричної енергії.

При вивченні динаміки важливі не лише числові значення рівнів, але й їх послідовність. Узявши будь-який інтервал за одиницю, послідовність рівнів записуємо так: $U_1, U_2, U_3, \dots, U_n$.

Передумовою аналізу будь-якого динамічного ряду є порівнянність статистичних даних, які його формують.

При вирішенні проблеми щодо прогнозування рівнів споживання ЕЕ на гірничорудних підприємства вважаємо за доцільне провести усереднення кількісних показників. Середні рівні використовують насамперед для узагальнення коливань рядів. Середні рівні необхідні також для забезпечення порівнянності чисельника і знаменника при побудові динамічних рядів похідних показників. Метод обчислення середнього рівня динамічного ряду залежить від статистичної структури показника.

Будь-який динамічний ряд у межах періоду з більш-менш стабільними умовами розвитку виявляє певну закономірність зміни рівнів – *загальну тенденцію*. Одним рядам притаманна тенденція до зростання, іншим – до зниження рівнів. Зростання чи зниження рівнів динамічного ряду, у свою чергу, відбувається по-різному: рівномірно, прискорено чи уповільнено. Нерідко ряди динаміки через коливання рівнів не виявляють чітко вираженої тенденції [3]. На рис. 1.20-1.24 – представлені розрахункові прогнозні значення показників рівнів споживання ЕЕ для окремих залізорудних шахт. Графіки будувались на

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА В ПАРАДИГМІ УПРАВЛІНСЬКИХ ДІЙ
В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДЗЕМНИХ
ГІРНИЧОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ

основі обчислень у відповідності до експериментальних даних, що були отримані в процесі їх практичної діяльності.



Рисунок 1.20 – Прогнозне значення рівнів споживання електроенергії для шахти № 4

Візуальний аналіз отриманих значень дає підстави стверджувати про однозначне зменшення рівнів споживання ЕЕ на протязі всієї доби. Суттєві коливання рівнів ЕЕ, які склали основу формування динамічного ряду вочевидь набули значного впливу на кількісні показники відповідних прогнозних значень.

Аналогічні розрахунки проведені для шахти № 5 (рис. 1.21).

Результати візуального аналізу дають подібні результати щодо шахти № 4. Це підтверджує наше припущення про вплив значних коливань на формування прогнозних кількісних значень показників рівнів ЕЕ.

На відміну від прогнозу для шахт № 4 й № 5, можемо спостерігати прогноз рівнів споживання ЕЕ який різниться значними коливаннями (рис. 1.20, 1.213). Можемо зазначити деяке дзеркальне відображення вихідних даних рівнів споживання ЕЕ для шахти № 6 отриманим прогнозним значенням. Виділяються часові проміжки з різким зростанням рівнів споживання ЕЕ з 3.00:00 до 7.00:00 проміжків часу доби, а також з 12.00:00 до 15.00:00.

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА В ПАРАДИГМІ УПРАВЛІНСЬКИХ ДІЙ В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДЗЕМНИХ ГІРНИЧОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Наразі проведемо дослідження отриманих прогностичних кількісних значень показників рівнів споживання ЕЕ для шахти № 7 (рис. 1.23).

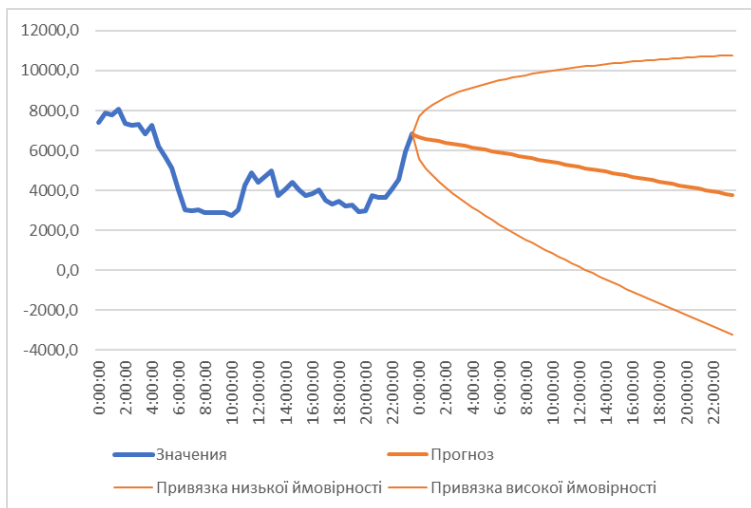


Рисунок 1.21 – Прогноз рівнів споживання електроенергії шахти № 5

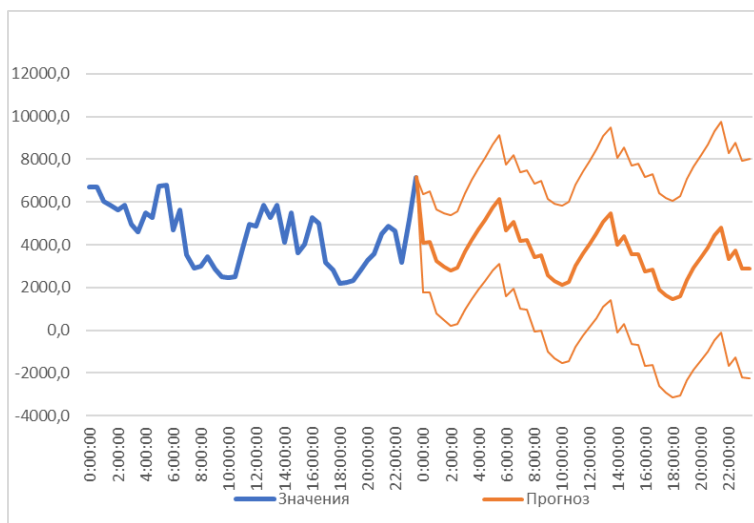


Рисунок 1.22 – Прогноз рівнів споживання електроенергії шахти № 6

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА В ПАРАДИГМІ УПРАВЛІНСЬКИХ ДІЙ В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДЗЕМНИХ ГІРНИЧОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ

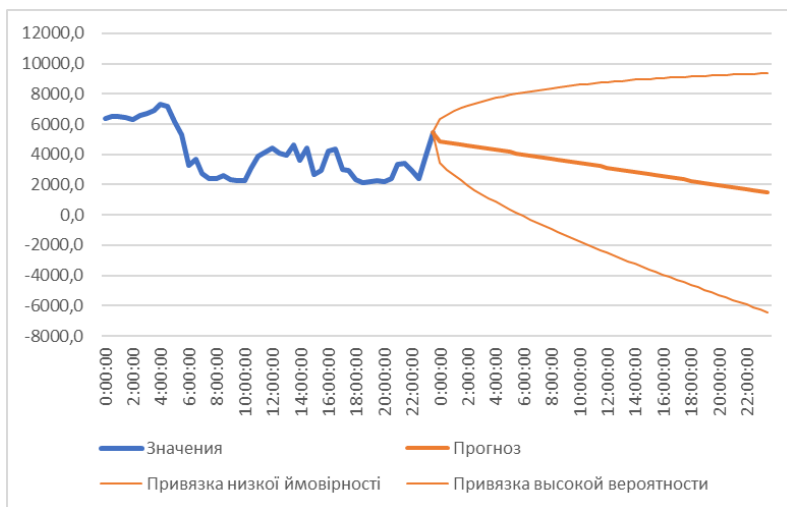


Рисунок 1.23 – Прогноз рівнів споживання електроенергії шахти № 7

Візуалізація отриманих прогностичних значень щодо рівнів споживання ЕЕ дає підстави визначити лінійне постійне зменшення прогностичного значення.

Таким чином, проведений аналіз дозволяє зробити наступний попередній висновок: на значення прогностичних значень рівнів споживання значною мірою ЕЕ впливає, , коливання вихідних даних. Так, для шахт № 4, № 5, № 7 маємо лінійні, без коливань, отримані прогностичні значення. На відміну для шахти 6, значні коливання прогностичних значень обумовлені значними коливаннями вихідними даними рівнями споживання ЕЕ.

Безумовно, треба враховувати кількість даних інформаційної бази. Тут слід зазначити складність щодо отримання вихідних даних в умовах діючих підземних підприємств [4].

Доцільно отримані результати доповнити аналітичними дослідженнями задля повноти вирішення проблеми оцінювання динаміки добових рівнів споживання ЕЕ.

Аналітичні дослідження спрямуємо на виділення тренду часового ряду з послідовним визначенням відповідного рівняння та перевірки на адекватність (рис. 1.24-1.27).

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА В ПАРАДИГМІ УПРАВЛІНСЬКИХ ДІЙ
В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДЗЕМНИХ
ГІРНИЧОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ

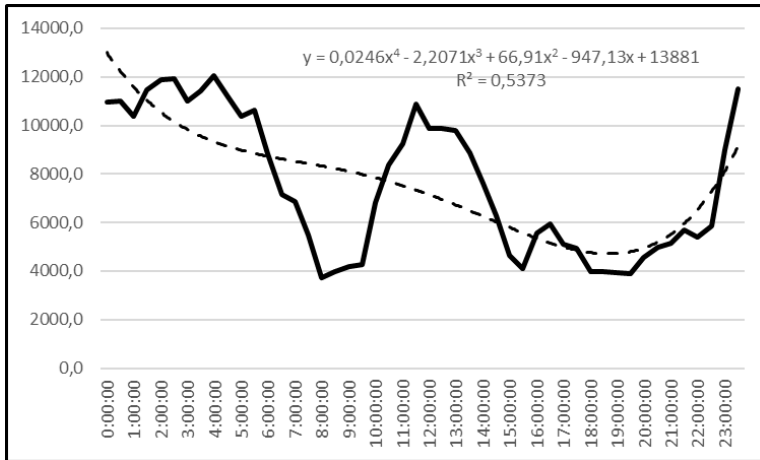


Рисунок 1.24 – Формування тренду динаміки рівнів споживання електричної енергії шахти №4

Рівняння тренду має наступну аналітичну залежність

$$y = 0,0246x^4 - 2,271x^3 + 66,91x^2 - 947,13x + 13881$$

де y – функція тренду;

x – фактори впливу на формування тренду.

R^2 – показник адекватності дорівнює приблизно 54%, що свідчить про відповідність отриманого рівняння вимогам адекватності.

Але слід звернути увагу на отриманий поліном, а саме четверту ступінь. Це говорить про складну структуру факторів впливу [5, 6]. Як правило рекомендовано використовувати поліном не вище третьої ступені, тому як вважається, що тренд буде однозначно повторювати часовий ряд. В нашому випадку ми відслідковуємо відповідність тренду й часового ряду, тому можемо аргументовано застосовувати отримане рівняння.

Рівняння тренду

$$y = 6,147x^2 - 365,01x + 8666,2$$

Відповідно, адекватність оцінена на рівні 70%.

Візуально можемо відмітити відносно плавну поліноміальні криву, що відповідає аналітичній залежності другого порядку.

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА В ПАРАДИГМІ УПРАВЛІНСЬКИХ ДІЙ
В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДЗЕМНИХ
ГІРНИЧОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ

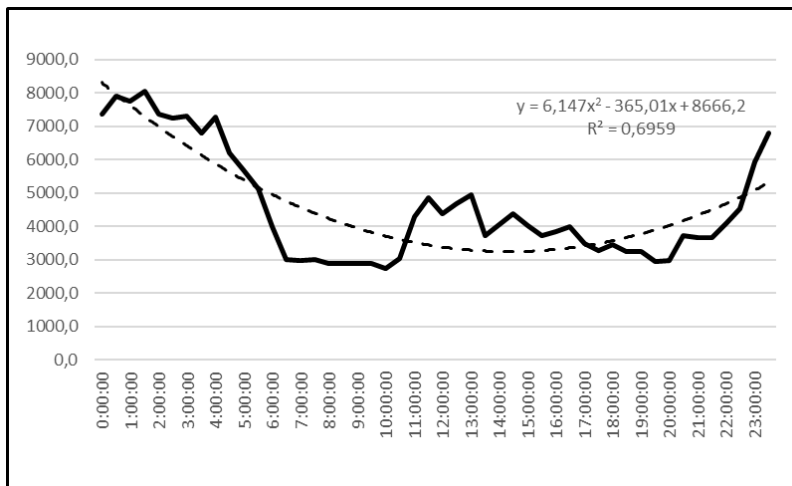


Рисунок 1.25 – Формування тренду динаміки рівнів споживання електричної енергії шахти №5

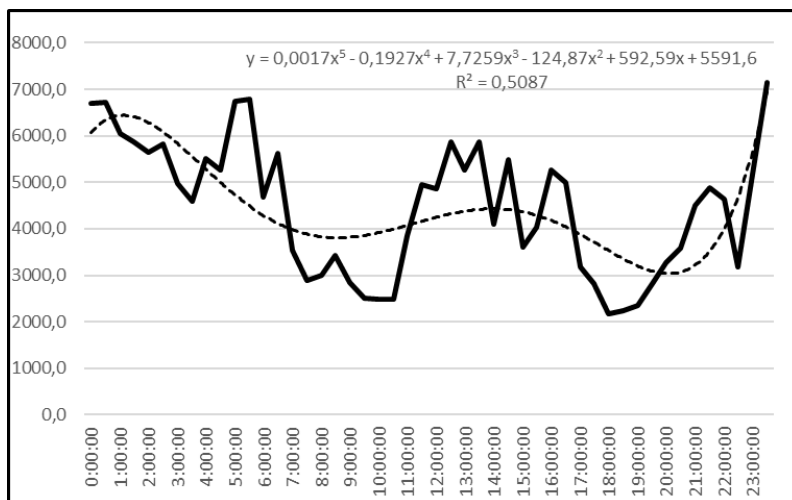


Рисунок 1.26 – Формування тренду динаміки рівнів споживання електричної енергії шахти №6

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА В ПАРАДИГМІ УПРАВЛІНСЬКИХ ДІЙ
В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДЗЕМНИХ
ГІРНИЧОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Рівняння тренду:

$$y = 0,0017x^5 - 0,192x^4 - 7,729x^3 + 124,87x^2 + 592,59x + 5591,96$$

Адекватність оцінена на рівні практично 50%. Поліном ступені 5, зустрічається в практичній реалізації в разі недостатньої кількості вихідних даних, або в разі складної структури факторів впливу. В нашому випадку, вочевидь це – недостатність вихідної інформації

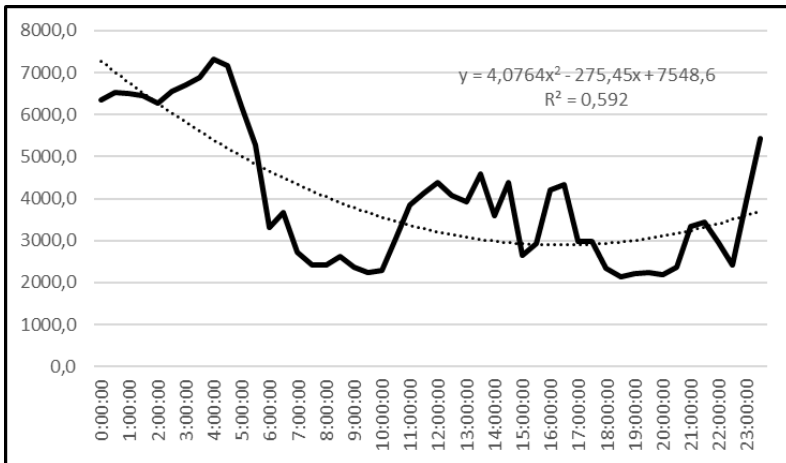


Рисунок 1.27 – Формування тренду динаміки рівнів споживання електричної енергії шахти №7

Рівняння тренду:

$$y = 4,0764x^2 - 275,45x + 7548,6$$

Адекватність на рівні 59 %.

Тобто візуальний аналіз дозволяє зазначити плавність змін квадратичного поліному, що відображає зміни тренду.

Таким чином, можемо зазначити: отримані рівняння тренду для шахт 4-7, можуть бути практично використані для розрахунку прогнозних значень рівнів споживання ЕЕ, тому для всіх визначених аналітичних залежностей показники адекватності перевищують 50%. Найбільш проблематичними можемо визначити трендові рівняння для шахт № 4 та № 6. Вихідні дані цих шахт мають стрибкоподібний характер, що затрудняє визначення поліноміальних функцій.

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА В ПАРАДИГМІ УПРАВЛІНСЬКИХ ДІЙ
В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДЗЕМНИХ
ГІРНИЧОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Проведені дослідження формують підґрунтя та мають вагомість для формування подальших напрямків з поліпшення ефективності функціонування електроенергетичних комплексів: електропостачання-електроспоживання.

РОЗДІЛ 2
МОТИВАЦІЙНІ ЗАСАДИ ДО НЕОБХІДНОСТІ РОЗРОБКИ
СУЧАСНИХ ФОРМАТІВ ОЦІНЮВАННЯ РІВНІВ
ЕЛЕКТРОЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ В ПАРАДИГМІ
СУЧАСНОЇ ВАРІАТИВНОСТІ СТРУКТУР СИСТЕМ
ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

2.1 Теоретичні засади оцінювання електроенергоефективності та якості електропостачання гірничорудних підприємств

Як відомо з наукової класики, показники енергоефективності взагалі, та електроенергоефективності зокрема, промислових підприємств являють собою науково обґрунтовану абсолютну, або відносну, величину споживання конкретних видів енергетичних ресурсів (з урахуванням їх нормативних втрат) на виробництво одиниці продукції (робіт, послуг) будь-якого призначення [5-25].

Під поняттям - енергоефективність, згідно ДСТУ ISO 180:2016 (ISO 50006:2014, STD) мається на увазі міра для вимірювання рівня досяжності цього показника. Для цього, вона – міра енергоефективності, може бути виражена відносно до різних видів енергії, включаючи електроенергію. Стосовно гірничих підприємств – це відношення загальної спожитої енергії до тони видобутого корисного копалина того чи іншого виду. В аналізованому випадку під конкретним видом корисного копалина мається на увазі залізна руда. При цьому, щодо кількісного визначення рівня досягнутої/досяжної електроенергоефективності даних видів гірничбвидобувних підприємств, то тут ця дія полягає, як правило, в обчисленні значень – витрат ЕЕ (кВт·год) на 1 т видобутої залізної руди за два періоди: базового рівня електроенергоспоживання, та за звітний період при еквівалентних умовах [15-20].

Враховуючи основний закон енергетики, енергії повинно бути спожито стільки, скільки її вироблено, або скільки заявлено споживачем для використання. Різниця в показниках процесу: електропостачання-електроспоживання на основі існуючих і нових, пропонуємих технологій аналізованих виробництв, визначає рівень досягнутої електроенергоефективності або рівень наявності електроенергетичного потенціалу конкретного підприємства.

Логічно, що першим превентивним кроком в досягненні мети підвищення енергоефективності того чи іншого виробництва, повинне

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА В ПАРАДИГМІ УПРАВЛІНСЬКИХ ДІЙ
В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДЗЕМНИХ
ГІРНИЧОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ

бути усталене визначення цього поняття як показника для його оцінювання, як в реальному стані – на сьогодні і в порівнянні з регламентованими. Важливим при цьому є і виявлення причин надмірних витрат електроенергоресурсів, якщо такі є. При цьому при визначенні основних причин надмірних витрат електроенергоресурсів доцільно їх розділити на 3 групи:

1. Організаційні та експлуатаційні: низька культура експлуатації, недостатня технологічна дисципліна, відсутність ряду приладів контролю та обліку, засобів автоматизації, низька якість ремонтів котрі проводяться.

2. Сировинні: низька якість сировини, основних і допоміжних матеріалів та речовин, що надходять на підприємство для технологічного його функціонування.

3. Виробничі й технологічні: граничний, з рівнем незадовільності, технічний стан основного і допоміжного технологічного обладнання, низький рівень впровадження нового технічно усучасненого устаткування, технологічних процесів та інших новинок науково-технічного прогресу, котрі спрямовані на підвищення електроенергоефективності даного виробництва.

Останній з вищенаведених показників відноситься суто до споживачів енергії і, як узагальнений показник суто для оцінювання ефективності функціонування внутрішньої енергетики гірничо-промислового підприємства чи-то галузі, як споживача енергії, визначається рядом його визначальних варіантів.

В світовій енергетиці взагалі і, як віддзеркалення, в українській зокрема, існує ряд сформованих, на рівні канонізаційних показників, котрі призначені дати змогу якісно оцінювати процеси функціонування електроенергетичних комплексів підприємств. Логічно, що саме за цими показниками відтворюються та оцінюються і ряд інших додаткових показників, які відповідно відтворюють і характеризують ряд інших, необхідних для більш повного оцінювання рівнів технології функціонування даних електроенергетичних систем та комплексів. Такий формат оцінювання водночас надає можливість не тільки визначати стан функціонування конкретних систем, а й, що не менш важливо, визначати очікуємий потенціал досяжності нових технічних рішень.

Про необхідність перегляду формату існуючого визначення енергоефективності вже йшла мова в ряді досліджень [1-25]. На думку доктора технічних наук, професора Сінчука О.М. доцільно визначити

рівень енергоефективності гірничорудних підприємств по рівню матеріальних затрат в комплексі собівартості видобутку ЗР.

Цікавими, як факт в сфері енергоефективності залізорудних підприємств, виглядають деякі показники з історії розвитку цього процесу. Так, в 1950-1988 рр. тодішньої держави котра називалась – СРСР і до складу якої входила на правах республіки Україна, збільшилися майже в 10 разів, в 2017 р. цей показник досяг рівня 45,0 млрд. кВт·год, а на 2022 - 81 млрд. кВт·год.

По залізорудним підприємствам з підземними способами видобутку ЗР України питомі витрати електроенергії на 1 тону сирової руди знаходяться в діапазоні 25-45 кВт·год/т.

Не вдаючись прискіпливо в аналіз існуючих варіантів оцінювання рівнів енергоефективності, зазначимо, що тривіально, для отримання реальних показників електроенергоефективності використання енергії у виробництві, а також для визначення та оцінювання рівнів ефективності заходів їх поліпшення необхідні об'єктивні показники, які могли б відобразити реальний стан і водночас давали б можливість вбачання орієнтирів з реально досяжним потенціалом можливостей очікуємих та бажаних рівнів енергоефективності.

При цьому логічно, що саме від якісного оцінювання цього показника в значній мірі будуть залежати реалії рівнів досягнення мети, в тому числі для варіантів таких непростих щодо процесу споживання ЕЕ, виробництв як гірничовидобувних.

В новітній історії узагальнених обґрунтувань, щодо формату оцінювання показників електроенергоефективності, по факту сьогодення, існують декілька варіантів підходів та відповідних пропозицій щодо цього показника. Одним із таких варіантів визначення енергоефективності є ККВ електроенергії [49]. На думку авторів цієї пропозиції ККВ дає можливість судити про досконалість енергопостачального процесу в цілому, включаючи його науково-технічний рівень, організацію управління та культуру експлуатації. ККВ можна визначити для окремого енергоспоживчого процесу конкретного підприємства. Тобто ККВ, на думку авторів, постає як найважливіший показник ефективності процесу енергопостачання - електроспоживання будь-якого окремо взятого підприємства - складової ланки узагальненого показника. По співвідношеннях часткових ККВ, в агрегативному варіанті оцінювання, можна судити

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА В ПАРАДИГМІ УПРАВЛІНСЬКИХ ДІЙ
В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДЗЕМНИХ
ГІРНИЧОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ

про енергетичну ефективність як кожної окремо взятої ланки, так і всього енергетичного комплексу споживання ЕЕ.

Стосовно підприємств, і особливо енергоємних видів, то тут одним з критеріїв їх електроенергоефективності, котрий дозволяє оцінювати його динаміку і тенденції до змін, є показник ЕЕРВ [55].

ЕЕРВ дозволяє проводити оцінювання процесу реалізації енергоефективних технологій, енергоекономічних схем обладнання, тощо:

$$EERB = \frac{D}{\sum W}, \quad (2.1)$$

де D – результат господарської діяльності виробництва, тис. грн;
 $\sum W$ – сумарне споживання електроенергоресурсів на технологічні цілі, тощо.

Між тим, на практиці, як це було зазначено в тексті попередню, найбільш вживаним, на сьогодні, показником енергоефективності в тому числі для залізорудних підприємств є показник, котрий відображає відношення обсягів споживання електроенергії на тону видобутку ЗР:

$$E = \frac{W}{P}, \quad (2.2)$$

де W – обсяг електроенергії, спожитої промисловим підприємством, кВт·год;

P – обсяг видобутку залізної руди.

У недалекому майбутньому в форматі змісту цієї ж формули вживалось поняття - питома вага електроенергії на одиницю виготовленої продукції. І перше, і друге визначення були логічними і реальними на час, коли експлуатувались СЕП з централізованими – єдиними варіантами постачання ЕЕ. Стосовно сучасних новітніх варіантів структур СЕП та засобів керування енергопотокami в них, то тут апріорно виникають сумніви щодо достатності такого визначення, оскільки головна генеральна мета досяжності нових структур СЕП - ефективне використання ЕЕ, котра надається підприємству шляхом керуваності енергопотоків, котрі поступають від ряду генеруючих індивідумів на порціально основі прогнозного оцінювання необхідних обсягів їх споживання в поточному часі кожним приймачем індивідуально з загального комплексу споживачів.

Згідно з тактикою підходу до вирішення проблеми електроенергоефективності, саме цим спрямуванням, то вони по формату відповідають визначенню як «псевдоенергоефективні».

Тобто, формально в такому варіанті СЕП загальні обсяги споживання ЕЕ не змінюються - не зменшуються. Але за рахунок джерел розосередженої генерації та керування їх розподілом між споживачами в часі, сума матеріальних сплат підприємств-споживачів електроенергії централізованим зовнішнім енергопостачальним організаціям зменшується [12]. Тобто, позитивний вплив на внутрішню економічну ситуацію з боку електроенергетики має місце, а рівень електроефективності цього заходу згідно з формулою (2.2) вирахувати неможливо.

Таким чином, підводячи підсумки до вищенаведених аргументів доцільно зазначити, що прогресивність процесу пошуку й отримання позитивних рішень варіантів розбудови енергоефективних систем електропостачання промислових підприємств та застосування сучасних засобів управлінських дій, щодо керування електричними процесами в них, потребують розробки нового усучасненого варіанту оцінювання рівня енергоефективності.

Одним із можливих для подальшої дискусії на предмет доцільності застосування того чи іншого варіанту, є варіант оцінювання відсотку змін в обсягах споживання ЕЕ в функції змін в об'ємах, або, що більш реальніше, в зміні собівартості вибутку ЗР по відношенню до умовно прийнятого базового показника. Останній може і доцільно брати у відповідності з проектними прогнозами, або як максимальний за останні п'ять - десять років.

Показник такого формату може бути і буде доцільним серед ряду інших в сучасній економіці гірничовидобувних підприємств [55-63].

До вищенаведеного доцільно зазначити ще один факт, котрий необхідно дослідити з метою вибудови фундаменту подальших досліджень в напрямку підвищення ефективності функціонування електроенергетичних комплексів: електропостачання-електроспоживання.

До таких потенційно необхідних визначень для процесу подальшого ефективного розвитку енергосистеми України та її складових, доцільно внести та закріпити законодавчо, перш за все, поняття якості електропостачання. Зазначимо – не показників якості електроенергії, котрі існують і регламентовані [55-63], а якості електропостачання.

В ході наукових пошуків автора в складі членів відповідної наукової школи був сформований комплекс з ряду складових, котрі, на думку ініціаторів, характеризують та наповнюють додатковим та

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА В ПАРАДИГМІ УПРАВЛІНСЬКИХ ДІЙ
В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДЗЕМНИХ
ГІРНИЧОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ

необхідним в сьогоденні змістом поняття якості електропостачання. Цей комплекс показників висвітлений для подальшої наукової дискусії.

До основних, або базових показників якості електропостачання, на категоричну думку автора, можуть бути на правах дискусії віднесені такі як:

- безперебійність процесу електропостачання;
- надійність електропостачання;
- живучість систем електропостачання;
- відповідність добових лімітів на обсяги централізованого постачання електроенергії рівням заявленим споживачем на добу наперед;
- відповідність реальних ПЯЕ стандартизованим значенням; мінімізація втрат ЕЕ в елементах системи електропостачання;
- оптимальна ціна, за можливістю варіативності, за 1 кВт/год спожитої електроенергії.

Формуючи відзначений попереду формат комплексу показників якості електропостачання, ми розуміємо і більше того не стверджуємо, що це догма.

Вищенаведене націлює, перш за все автора цього наукового пошуку, на необхідності вирішення навіть однієї, чи декількох, локальних показників цього формату в варіант необхідності подальшого процесу пошуку комплексного рішення з відповідними комунікаційними зв'язками між собою.

Для витримання коректності при оцінюванні якості електропостачання, перш за все, необхідно підходити з позицій, що це процес у всій своїй складності взаємодій електричних параметрів - показників цього стану.

Та все ж, підводячи підсумки в форматі «рамочного» оцінювання для подальшої дискусії вищенаведених показників, зазначимо, що в реаліях сьогодення ні один з них не витримує необхідного рівня регламентованих меж в практиці роботи електроенергетичних комплексів: електропостачання – електроспоживання підземних гірничорудних підприємств. Це негативно впливає на процес пошуку шляхів поліпшення стану їх загальної економіки, та на конкурентоспроможність продукції – ЗР України на світовому ринку сировини.

Все це в черговий раз підкреслює необхідність в пошуку реальних науково обґрунтованих заходів зі сторони електроенергетики,

щодо підвищення енергоефективності видобутку ЗР через визначення поняття енергоефективності та якості електропостачання.

2.2 Доцільність використання цінових механізмів в сплаті за споживання електроенергії

Як було зазначено в попередніх розділах даного наукового дослідження, введення в дію з 01 січня 2019 р. відповідного Закону України [1], змінивши формат розрахунків за споживану електроенергію між споживачами та генеруючими організаціями, в певній мірі, і потенційно, надав для генеруючих ЕЕ організацій додаткові матеріальні важелі впливу на споживачів, а для останніх – необхідності для креативу активізації процесу підвищення електроенергоефективності в усій комплексності складових цього поняття та пошуку для цього власних резервів.

Ці резерви закладені як в технічних, що основне, рішеннях, так і в суто матеріальних затратах підприємств за сплату споживаної ЕЕ. В ідеалі ці складові призвані вирішувати економічні проблеми споживачів ЕЕ [15-25].

Одним з таких спрямувань в комплексі потенційних пошуків є варіативність обсягів споживання ЕЕ в години доби, оскільки саме добові тарифи формують ціну сплати підприємств за спожиту електроенергію [59].

Тарифи на електроенергію, як і форми сплати за неї, для промислових підприємств відрізняються від тарифів на електроенергію для житлово-комунального комплексу [59].

На рис. 2.1 представлено графічне представлення граничних цін станом на 2024 рік на енергетичному ринку «на добу вперед» та внутрішньодобовому ринку України. Аналіз зазначених графіків (рис. 2.1) підтверджує відомий і існуючий факт, що найменша ціна електроенергії спостерігається з 00:00 до 07:00 часів і становить 5 600 грн/МВт·год. Далі ціна електроенергії збільшується - з 07:00 до 17:00 часів і становить 6 900 грн/МВт·год. Найбільшої величини ціна електроенергії досягає з 17:00 до 23:00 часів і становить 9 000 грн/МВт·год. Нарешті, з 23:00 до 24:00 часів ціна електроенергії зменшується до 6 900 грн/МВт·год.

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА В ПАРАДИГМІ УПРАВЛІНСЬКИХ ДІЙ
В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДЗЕМНИХ
ГІРНИЧОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ

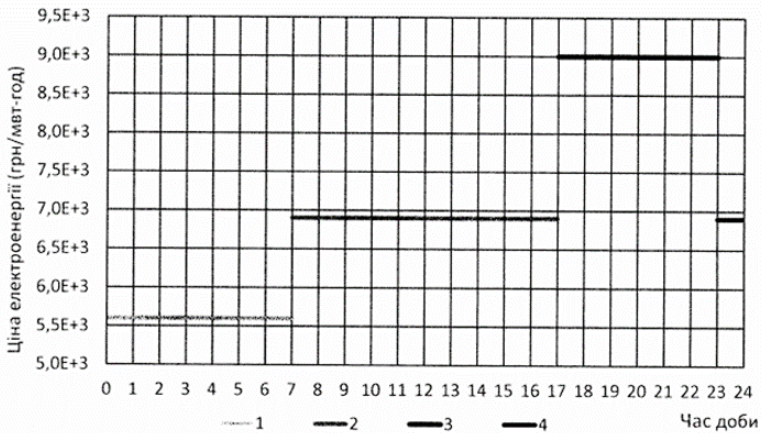


Рисунок 2.1 – Графіки граничних цін на внутрішньодобовому ринку

Порівняно з чинною постановою НКРЕКП про встановлення «прайс-кепів», пропонується, в подальшому, підвищити граничну ціну у часовий проміжок з 11:00 до 17:00 з нинішніх 5600 грн до 6900 грн за МВт·год. У той же час максимальні граничні ціни на ринку електроенергії, що балансує, пропонується залишити без змін.

Перегляд граничних цін ринку електроенергії обумовлений необхідністю забезпечити умови для комерційного імпорту електричної енергії з країн Європи з метою покриття можливого дефіциту потужності.

З точки зору забезпечення протягом доби відповідного рівня якості споживаної електроенергії важливо, щоб її споживання відповідало найменшій вартості згідно графіка цін на внутрішньодобовому ринку. Це дає можливість математично сформулювати відповідне завдання.

По-перше, треба визначити об'єм електроенергії, яку необхідно спожити протягом доби

$$W_0 = \int_0^T N(t) dt, \quad (2.3)$$

де W_0 – заданий об'єм електроенергії, МВт·год,

$T = 24$ год (довжина доби),

$N(t)$ – потужність спожитої електроенергії, МВт.

Крім того, потужність електроенергії обмежена межами

$$N_{\min} \leq N(t) \leq N_{\max}, \quad (2.4)$$

де N_{\min} – нижня межа потужності електроенергії, МВт,

N_{\max} – верхня межа потужності електроенергії, МВт,

В свою чергу, споживання електроенергії протягом доби для забезпечення необхідного рівня якості, повинно відповідати, як підкреслено вище, найменшій вартості спожитої електроенергії згідно графіка на внутрішньодобовому ринку, що визначається умовою

$$C = \int_0^T c(t)N(t)dt \rightarrow \min_{N(t)}, \quad (2.5)$$

де $c(t)$ – ціна електроенергії залежно від часу згідно тарифу цін на внутрішньодобовому ринку, МВт·год.

Враховуючи кусочно постійний спосіб завдання тарифу граничних цін на внутрішньодобовому ринку, який представлений на рис. 2.1, інтеграл в умові (2.3) може бути представлений у вигляді суми інтегралів по відрізкам постійних значень, тобто

$$\int_0^T c(t)N(t)dt = \int_0^{T_1} c_1 \cdot N(t)dt + \int_{T_1}^{T_2} c_2 \cdot N(t)dt + \int_{T_2}^{T_3} c_3 \cdot N(t)dt + \int_{T_3}^T c_4 \cdot N(t)dt, \quad (2.6)$$

де $T_1 = 7$ год, $T_2 = 17$ год, $T_3 = 23$ год, $T_4 = 24$ год,

$c_1 = 5600$ грн/МВт·год, $c_2 = 6900$ грн/МВт·год, $c_3 = 9000$

грн/МВт·год,

$c_4 = 6900$ грн/МВт·год.

Враховуючи сталість тарифних цін, їх значення можливо винести за знаки інтегралів, тобто записати у вигляді

$$\begin{aligned} & \int_0^{T_1} c_1 \cdot N(t)dt + \int_{T_1}^{T_2} c_2 \cdot N(t)dt + \int_{T_2}^{T_3} c_3 \cdot N(t)dt + \int_{T_3}^T c_4 \cdot N(t)dt = \\ & = c_1 \int_0^{T_1} N(t)dt + c_2 \int_{T_1}^{T_2} N(t)dt + c_3 \int_{T_2}^{T_3} N(t)dt + c_4 \int_{T_3}^T N(t)dt \end{aligned}, \quad (2.7)$$

або, згідно (2.6),

$$\int_0^T c(t)N(t)dt = c_1 \cdot W_1 + c_2 \cdot W_2 + c_3 \cdot W_3 + c_4 \cdot W_4, \quad (2.8)$$

де $W_i = \int_0^{T_i} N(t)dt$ – об'єм спожитої електроенергії за проміжок часу $[0; T_i]$,

$$\begin{aligned}
 W_2 &= \int_{T_1}^{T_2} N(t)dt - \text{об'єм спожитої електроенергії за проміжок часу } [T_1; T_2], \\
 W_3 &= \int_{T_2}^{T_3} N(t)dt - \text{об'єм спожитої електроенергії за проміжок часу } [T_2; T_3], \\
 W_4 &= \int_{T_3}^T N(t)dt - \text{об'єм спожитої електроенергії за проміжок часу } [T_3; T].
 \end{aligned}$$

Маючи на увазі формулу (2.3) і позначання (2.8), можна записати умову, яка накладається на об'єм спожитої електроенергії протягом доби

$$W_1 + W_2 + W_3 + W_4 = W_0. \quad (2.9)$$

Враховуючи умову (2.4), знаходимо обмеження на об'єми спожитої електроенергії у виділені тарифні часи доби. Для проміжка часу $[0; T_1]$ отримуємо

$$\begin{aligned}
 \int_0^{T_1} N_{\min} dt &\leq \int_0^{T_1} N(t)dt \leq \int_0^{T_1} N_{\max} dt, \\
 N_{\min} \int_0^{T_1} dt &\leq \int_0^{T_1} N(t)dt \leq N_{\max} \int_0^{T_1} dt, \\
 N_{\min} \cdot T_1 &\leq W_1 \leq N_{\max} \cdot T_1.
 \end{aligned} \quad (2.10)$$

Для проміжку часу $[T_1; T_2]$ маємо обмеження

$$N_{\min} \cdot (T_2 - T_1) \leq W_2 \leq N_{\max} \cdot (T_2 - T_1), \quad (2.11)$$

для проміжку часу $[T_2; T_3]$ маємо обмеження

$$N_{\min} \cdot (T_3 - T_2) \leq W_3 \leq N_{\max} \cdot (T_3 - T_2) \quad (2.12)$$

для проміжку часу $[T_3; T]$ маємо обмеження

$$N_{\min} \cdot (T - T_3) \leq W_4 \leq N_{\max} \cdot (T - T_3). \quad (2.13)$$

Враховуючи (2.13) і (2.8), можна записати умову оптимізації споживання електроенергії протягом доби

$$C(W_1; W_2; W_3; W_4) = c_1 W_1 + c_2 W_2 + c_3 W_3 + c_4 W_4 \rightarrow \min_{W_1, W_2, W_3, W_4}. \quad (2.14)$$

Враховуючи умову (2.14) і обмеження (2.9-2.13), ми здобуваємо математичну постановку задачі мінімізації витрат електроенергії протягом доби на внутрішньодобовому ринку згідно заданих граничних цін. З математичної точки враховуючи лінійність мінімізованого функціонала (2.14) і лінійність обмежень (2.9-2.14) має місце задача лінійного програмування, розв'язання якої проводиться стандартним алгоритмом за допомогою «симплекс-метода».

Для спрощення розв'язання сформульованою задачі (2.9-2.14) представляється доцільним перейти до питомих величин, розділивши усі змінні на заданий об'єм споживання електроенергії (2.3). В результаті математична постановка задачі мінімізації витрат електроенергії протягом доби на внутрішньодобовому ринку прийме вигляд

$$\hat{C}(\hat{W}_1; \hat{W}_2; \hat{W}_3; \hat{W}_4) = c_1 \hat{W}_1 + c_2 \hat{W}_2 + c_3 \hat{W}_3 + c_4 \hat{W}_4 \rightarrow \min_{\hat{W}_1, \hat{W}_2, \hat{W}_3, \hat{W}_4}, \quad (2.15)$$

$$\hat{W}_1 + \hat{W}_2 + \hat{W}_3 + \hat{W}_4 = 1, \quad (2.16)$$

$$\frac{N_{\min} \cdot T_1}{W_0} \leq \hat{W}_1 \leq \frac{N_{\max} \cdot T_1}{W_0}, \quad (2.17)$$

$$\frac{N_{\min} \cdot (T_2 - T_1)}{W_0} \leq \hat{W}_2 \leq \frac{N_{\max} \cdot (T_2 - T_1)}{W_0}, \quad (2.18)$$

$$\frac{N_{\min} \cdot (T_3 - T_2)}{W_0} \leq \hat{W}_3 \leq \frac{N_{\max} \cdot (T_3 - T_2)}{W_0}, \quad (2.19)$$

$$\frac{N_{\min} \cdot (T - T_3)}{W_0} \leq \hat{W}_4 \leq \frac{N_{\max} \cdot (T - T_3)}{W_0}, \quad (2.20)$$

$$\hat{W}_i = \frac{W_i}{W_0} \quad (i = 1, \dots, 4)$$

де

$$\hat{C}(\hat{W}_1; \hat{W}_2; \hat{W}_3; \hat{W}_4) = \frac{C(W_1; W_2; W_3; W_4)}{W_0}$$

Нехай розв'язання задачі за допомогою програми Microsoft Excel алгоритму «лінійне програмування» дало наступний результат

$$\hat{W}_i = \hat{W}_{i\text{opt}} \quad (i = 1, \dots, 4) \quad (2.21)$$

Зрозуміло, що

$$\hat{C}(\hat{W}_{1\text{opt}}; \hat{W}_{2\text{opt}}; \hat{W}_{3\text{opt}}; \hat{W}_{4\text{opt}}) = \hat{C}_{\min} \quad (2.22)$$

при виконанні умов (2.14), ..., (2.18)

$$\hat{W}_{1\text{opt}} + \hat{W}_{2\text{opt}} + \hat{W}_{3\text{opt}} + \hat{W}_{4\text{opt}} = 1, \quad (2.23)$$

$$\frac{N_{\min} \cdot T_1}{W_0} \leq \hat{W}_{1\text{opt}} \leq \frac{N_{\max} \cdot T_1}{W_0}, \quad (2.24)$$

$$\frac{N_{\min} \cdot (T_2 - T_1)}{W_0} \leq \hat{W}_{2\text{opt}} \leq \frac{N_{\max} \cdot (T_2 - T_1)}{W_0}, \quad (2.25)$$

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА В ПАРАДИГМІ УПРАВЛІНСЬКИХ ДІЙ
В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДЗЕМНИХ
ГІРНИЧОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ

$$\frac{N_{\min} \cdot (T_3 - T_2)}{W_0} \leq \hat{W}_{3opt} \leq \frac{N_{\max} \cdot (T_3 - T_2)}{W_0}, \quad (2.26)$$

$$\frac{N_{\min} \cdot (T - T_3)}{W_0} \leq W_{4opt} \leq \frac{N_{\max} \cdot (T - T_3)}{W_0}. \quad (2.27)$$

Для переходу до реальних значень величин (2.21) і (2.22) треба помножити їх на заданий об'єм споживання електроенергії (2.3), тобто скористатися формулами

$$W_{iopt} = \hat{W}_{iopt} \cdot W_0 \quad (i = 1, \dots, 4). \quad (2.28)$$

$$C_{\min} = C(W_{1opt}; W_{2opt}; W_{3opt}; W_{4opt}) = \hat{C}(\hat{W}_{1opt}; \hat{W}_{2opt}; \hat{W}_{3opt}; \hat{W}_{4opt}) \cdot W_0. \quad (2.29)$$

Середня величина споживаної потужності електроенергії на кожній ділянці розглянутої тарифної сітки протягом доби визначається за формулами

$$\bar{N}_{1opt} = \frac{1}{T_1} W_{1opt}, \quad (2.30)$$

$$\bar{N}_{2opt} = \frac{1}{T_2 - T_1} W_{2opt}, \quad (2.31)$$

$$\bar{N}_{3opt} = \frac{1}{T_3 - T_2} W_{3opt}, \quad (2.32)$$

$$\bar{N}_{4opt} = \frac{1}{T - T_3} W_{4opt}. \quad (2.33)$$

Здобуті результати (2.28-2.33) розв'язання задачі (2.9-2.14) визначають відповідну якість споживання електроенергії протягом доби за наявності тарифу граничних цін на внутрішньодобовому ринку, визначених графіками на рис. 2.1.

В якості прикладу було розглянуто чисельний розрахунок розв'язання задачі про заявлену якість споживання електроенергії протягом доби за наявності тарифу граничних цін на внутрішньодобовому ринку, визначених графіками на рис. 2.13 при таких параметрах

$$W_0 = 2400 \text{ МВт} \cdot \text{год}, \quad N_{\min} = 50 \text{ МВт}, \quad N_{\max} = 150 \text{ МВт}. \quad (2.34)$$

З урахуванням (2.34) задача мінімізації споживання електроенергії (2.9-2.14) запишеться у вигляді

$$C(W_1; W_2; W_3; W_4) = 5600 \cdot W_1 + 6900 \cdot W_2 + 9000 \cdot W_3 + 6900 \cdot W_4 \rightarrow \min_{W_1, W_2, W_3, W_4}, \quad (2.35)$$

$$W_1 + W_2 + W_3 + W_4 = 2400, \quad (2.36)$$

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА В ПАРАДИГМІ УПРАВЛІНСЬКИХ ДІЙ
В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДЗЕМНИХ
ГІРНИЧОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ

$$50 \cdot 7 \leq W_1 \leq 150 \cdot 7, \quad 350 \leq W_1 \leq 1050, \quad (2.37)$$

$$50 \cdot (17 - 7) \leq W_2 \leq 150 \cdot (17 - 7), \quad 500 \leq W_2 \leq 1500, \quad (2.38)$$

$$50 \cdot (23 - 17) \leq W_3 \leq 150 \cdot (23 - 17), \quad 300 \leq W_3 \leq 900, \quad (2.39)$$

$$50 \cdot (24 - 23) \leq W_4 \leq 150 \cdot (24 - 23), \quad 50 \leq W_4 \leq 150. \quad (2.40)$$

Далі переходимо до питомих величин, що приведе до такої постановки задачі

$$\hat{C}(\hat{W}_1; \hat{W}_2; \hat{W}_3; \hat{W}_4) = 2.333 \cdot \hat{W}_1 + 2.875 \cdot \hat{W}_2 + 3.75 \cdot \hat{W}_3 + 2.875 \cdot \hat{W}_4 \rightarrow \min_{\hat{W}_1, \hat{W}_2, \hat{W}_3, \hat{W}_4}, \quad (2.41)$$

$$\hat{W}_1 + \hat{W}_2 + \hat{W}_3 + \hat{W}_4 = 1, \quad (2.42)$$

$$0.146 \leq \hat{W}_1 \leq 0.4375, \quad (2.43)$$

$$0.208 \leq \hat{W}_2 \leq 0.625, \quad (2.44)$$

$$0.125 \leq \hat{W}_3 \leq 0.375, \quad (2.45)$$

$$0.0208 \leq \hat{W}_4 \leq 0.0625. \quad (2.46)$$

Розв'язання задачі (2.41-2.46) за допомогою програми Microsoft Excel алгоритму «лінійне програмування» дало наступний результат

$$\hat{W}_{1opt} = 0.4375, \quad \hat{W}_{2opt} = 0.4187, \quad \hat{W}_{3opt} = 0.125, \quad \hat{W}_{4opt} = 0.0208. \quad (2.47)$$

При цьому мінімальна величина цільової функції (2.41) становить

$$\hat{C}_{min} = 6593.75. \quad (2.48)$$

Для переходу до реальних значень треба скористатися формулами (2.47), (2.48) з урахуванням (2.28) і (2.29)

$$W_{1opt} = 0.4375 \cdot 2400 = 1050 \text{ МВт} \cdot \text{год}, \quad (2.49)$$

$$W_{2opt} = 0.4187 \cdot 2400 = 1000.08 \text{ МВт} \cdot \text{год}, \quad (2.50)$$

$$W_{3opt} = 0.125 \cdot 2400 = 300 \text{ МВт} \cdot \text{год}, \quad (2.51)$$

$$W_{4opt} = 0.0208 \cdot 2400 = 49.92 \text{ МВт} \cdot \text{год}, \quad (2.52)$$

$$C_{min} = 6593.75 \cdot 2400 = 15825000 \text{ грн}. \quad (2.53)$$

Середня величина споживаної потужності електроенергії на кожній ділянці розглянутої тарифної сітки протягом доби визначається з урахуванням (2.49-2.52) за формулами (2.30-2.33)

$$\bar{N}_{1opt} = \frac{1050}{7} = 150 \text{ МВт}, \quad (2.54)$$

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА В ПАРАДИГМІ УПРАВЛІНСЬКИХ ДІЙ
В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДЗЕМНИХ
ГІРНИЧОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ

$$\bar{N}_{2opt} = \frac{1000.08}{10} = 100.008 \text{ МВт}, \quad (2.55)$$

$$\bar{N}_{3opt} = \frac{300}{6} = 50 \text{ МВт}, \quad (2.56)$$

$$\bar{N}_{4opt} = \frac{49.92}{1} = 49.92 \text{ МВт}. \quad (2.57)$$

На рис. 2.2 представлені графіки оптимальних величин витрат заданої величини електроенергії (3.34) протягом доби.

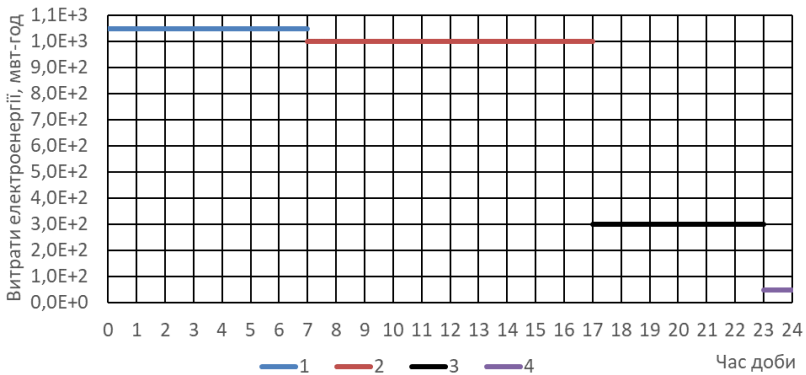


Рисунок 2.2 – Графіки оптимальних величин витрат електроенергії протягом доби

Аналіз приведених графіків показує, що найбільші витрати припадають на часи доби, коли граничні ціни на внутрішньодобовому ринку мінімальні. Так, на проміжку часу від 0.00 до 7.00 гранична ціна на електроенергію мінімальна, тому і витрати електроенергії повинні бути найбільшими. На проміжку часу від 17.00 до 23.00 гранична ціна на електроенергію найбільша, тому і витрати електроенергії є найменшими.

Загально відомим є перелік вимог щодо якості електроенергії, які стосуються більшою мірою технічних характеристик. Ми вважаємо логічним, закладення в вартість відповідних технічних характеристик, що забезпечують якість ЕЕ в технологічному сенсі. Ми розглядаємо якість ЕЕ з позиції вартісно-цільових показників. Такий підхід має вирішити проблему синергії якісно-вартісних характеристик.

Системність такого підходу забезпечує всебічність дослідження якості ЕЕ, як складової відкритої системи, якій притаманний обмін з зовнішнім середовищем енергією, інформацією і речовиною. Тобто, можемо зазначити принцип системності, який проявляється в синергетичній етіології ефектів.

Встановлення ринкових відносин в електроенергетиці приводить до того, що електроенергія розглядається як товар, який повинен відповідати певній якості. Тому вважаємо за доцільне якість електроенергії визначати не тільки однобічно, за технічними характеристиками, а враховуючи її вартісно-цільову складову, яка визначається через показники тарифів на електроенергію. Знаючи сітку тарифів на електроенергію протягом доби і необхідний об'єм застосування електроенергії за добу, можна так розподілити витрати цього об'єму електроенергії за добу, щоб загальна сума витрат електроенергії була мінімальна. Такий підхід до використання електроенергії дає можливість заощадити матеріальні затрати за сплату електроенергії, тобто забезпечити її відповідні якісно-вартісні характеристики

Математична постановка та знаходження рішення задачі мінімізації вартості сплати за спожиту підприємством електроенергію протягом доби привела до задачі лінійного програмування. Можливість розв'язання цієї задачі шляхом застосування стандартних програмних засобів відкриває шлях до широкого використання на практиці при формуванні схеми розподілу енергопотоків генеруємих від різних джерел ЕЕ в єдиній структурі СЕП підприємства, що підтверджено відповідним аналітичним прикладом і, про що, більш детально буде викладено в подальшому текстовому викладенні матеріалів даного наукового пошуку.

2.3 Визначення видів, місць локацій та очікуваного потенціалу генеруємих електричних потужностей автономними джерелами живлення

Підземні гірничорудні підприємства з видобутку ЗР (шахти, рудники) в Україні, як правило, розташовуються в межах міст та інших видів населених пунктів. Така локація даних підприємств, в реаліях технології їх існування, обмежує, в певній мірі, потенціал територій, котрі потенційно можуть бути задіяні для відведення, в необхідному обсязі, площі земельних ділянок в межах займаємих ними

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА В ПАРАДИГМІ УПРАВЛІНСЬКИХ ДІЙ
В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДЗЕМНИХ
ГІРНИЧОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ

проммайданчиків, що, в свою чергу, обмежує енергетичний та технічний потенціал АДГЕ та рівень його задіяності для розташування на цих законодавчо виведених з кадастрів землекористування площах автономних джерел генерації ЕЕ.

Останнє, поряд зі специфікою технології функціонування цих підприємств, в значній мірі корелює з обмеженням обсягів встановлення електрогенеруючих потужностей – для необхідного, або бажано – досяжного рівня генерації ЕЕ.

Окрім цього, до існуючих ускладнень, в природній обмеженості потенціалу генерації ЕЕ, додамо, що, як зазначалось в попередньо викладених матеріалах, дані види підприємств відносяться до енергоємних видів виробництв зі значними по рівнях потужності споживачами ЕЕ, котрі задіяні в технології їх роботи. Проте, різновид та кількість таких споживачів не значна.

Доповнюючи останній тезис, в контексті допустимої упередженості тактики розбудови СК енергопотоками в аналізуємих варіантах СЕП, зазначимо, що на діючий період часу, функціонування гірничорудних підприємств, сегменти обсягів в загальному рівні споживання ними ЕЕ в денні години доби більше за нічні. При цьому для споживачів поверхні ця пропорція виглядає не так категорично.

На рис. 2.3 наведена обгрунтована структура варіативності АДГЕ для синергетичного їх застосування в структурах внутрішніх СЕП даних видів гірничих підприємств, а в Додатку наведено теоретичні розрахунки з позицій можливих обсягів виробництва ЕЕ конкретними АДГЕ.

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА В ПАРАДИГМІ УПРАВЛІНСЬКИХ ДІЙ
В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДЗЕМНИХ
ГІРНИЧОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ

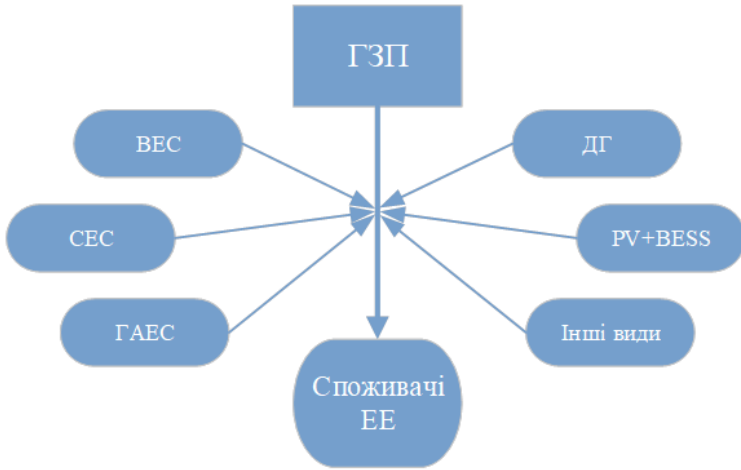


Рисунок 2.3 – Варіанти задіяння видів автономної генерації електроенергії для агрегативного включення їх в структуру внутрішніх електромереж з розподіленою генерацією для умов підземних залізрудних підприємств, де: ГЗП – головна знижувальна підстанція; ВЕС – вітроенергетичні станції; СЕС – сонячні електростанції; ГАЕС – гідроакumuлюючі електростанції; ДГ – дизель-генератори; PV+BESS – мікромережі + системи накопичення енергії на акумуляторах

На рис. 2.4 наведено варіант розміщення АДГЕ на мапі типового варіанту проммайданчика підземного залізрудного підприємства з видобутку ЗР. При цьому, знову таки зазначимо, що специфіка цих підприємств, з процесом підземного видобутку ЗР, визначається і форматом розбудови їх промислових будівель в форматі цілісності технології їх функціонування.

**ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА В ПАРАДИГМІ УПРАВЛІНСЬКИХ ДІЙ
В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДЗЕМНИХ
ГІРНИЧОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

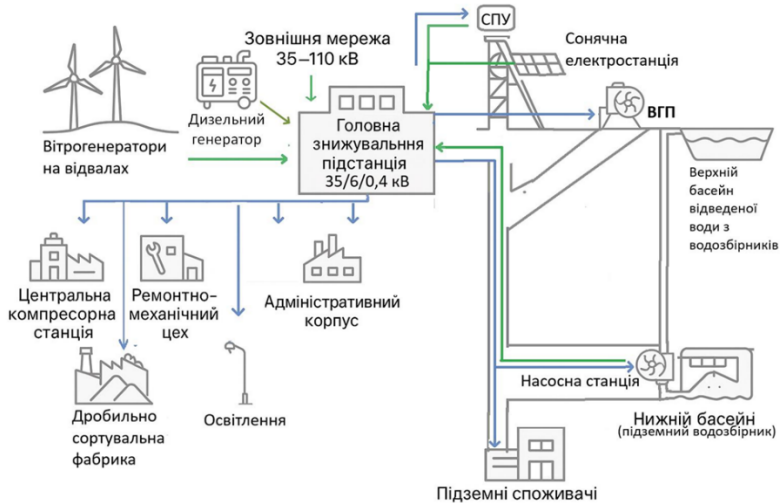


Рисунок 2.4 – Мапа варіанту розташування джерел відновлювальної генерації електроенергії в структурі систем електропостачання з розподіленою генерацією для умов гірничорудних підприємств з підземними способами видобутку залізної руди

Водночас, говорячи про можливі варіанти застосування АДГЕ слід враховувати і той факт, що підземні гірничі підприємства являють собою виробництва з високим ризиком для життя працюючих – гірників. Тому розбудовуючи СЕП з розподіленою генерацією ЕЕ окрім варіантів, котрі базуються на природних, знову таки, альтернативних джерелах генерації ЕЕ потрібно розуміти необхідність мати аварійні джерела живлення, котрі можуть працювати незалежно від стану природних факторів, а при необхідності генерувати необхідний обсяг ЕЕ – мінімум для роботи клітьових підйомів гірників з підземних виробок на поверхню. Такими АДГЕ, як приклад, можуть бути дизель-генераторні установки.

Як обгрунтовано в Додатку, у середньому ВЕС встановленою потужністю 3 МВт за добу може згенерувати близько 45,71 МВт·год. ЕЕ, за місяць – 1,39 ГВт·год. В свою чергу, СЕС встановленою потужністю 145,14 кВт за добу може згенерувати близько 551,5 кВт·год., за місяць – 16,54 МВт·год.

**ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА В ПАРАДИГМІ УПРАВЛІНСЬКИХ ДІЙ
В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДЗЕМНИХ
ГІРНИЧОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

В табл. 2.1 представлено потенційно можливі потужності автономних джерел ЕЕ в умовах підземних гірничорудних підприємств.

Таблиця 2.1 – Потенційно можливі електричні потужності автономних джерел генерації ЕЕ в умовах підземних гірничорудних підприємств

| № з/п | Вид АДГЕ | Потужність генерації, МВт·год./доба |
|-------|------------------|--|
| 1 | ВЕС на відвалах | 45,71 |
| 2 | СЕС на копрі | 0,5515 |
| 3 | ГАЕС | 1600 |
| 4 | Вентиляційні ВЕУ | достатньо обмежена потужність |
| 5 | PV + BESS | необмежена |
| 6 | ДГ | необмежена |

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Енергетична стратегія України на період до 2035 р. // сайт Міністерства енергетики та вугільної промисловості України: [Електронний ресурс]. Режим доступу: [https:// mpe.kmu.gov.ua](https://mpe.kmu.gov.ua).
2. Єрмілов С.Ф. *Енергетична стратегія України на період до 2030 року – проблемні питання змісту та реалізації*: [Енергозбереження, енергоефективність в Україні]/ Єрмілов С.Ф. // Енергоінформ.-2006. - №48 (28.11-04.12)с. 3-4.
3. Денисюк С.П., Таргонський В.А. Енергоефективність України: проблеми та шляхи її зростання. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2017. №4. С. 7-28.
4. Кириленко О.В., Денисюк С.П., Блінов І.В. Цифрова трансформація енергетики: сучасні тенденції та завдання. *Праці Інституту електродинаміки Національної академії України*. 2023. №65. С. 5-14.
5. Денисюк С.П. Формування технологічного базису модернізації розподільних електричних мереж на основі концепції Smart Grid. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2012. №1. С. 90-97.
6. Денисюк С.П. Технологічні орієнтири реалізації концепції Smart Grid в електроенергетичних системах. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2014. 31. С. 7-21.
7. Кириленко О.В., Блінов І.В., Денисюк С.П., Зайцев Є.А., Васильченко В.І. впровадження базових міжнародних стандартів Smart Grid в Україні: сучасний стан справ. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2022. №4. С. 44-53.
8. Кириленко О.В., Стогній Б.С., Денисюк С.П., Сопель М.Ф. Smart – моніторинг електроенергетичних систем. *Технічна електродинаміка*. 2024. №5. С. 48-62.
9. Синчук І.О., Гузов Э.С., Яловая А.Н., Бойко С.Н. Потенциал электроэнергоэффективности и пути его реализации на производствах с подземными способами добычи железорудного сырья: Монография. Под редакцией доктора технических наук, профессора О.Н. Синчука – Кременчуг: ЧП Щербатых А.В. – 2015.- 296с.
10. Синчук І.О., Гузов Э.С., Бойко С.Н. Энергоэффективность железнорудных производств. Оценка, практика повышения: Монография – Ламберт. – 2016. -351 с.
11. Синчук І.О. Базові засади форматизації структури і алгоритму функціонування автоматизованої системи управління

- електроенергопотоками залізорудних шахт: Монографія – Кременчук: ПП Щербатих О.В. – 2019. – 144 с.
12. Яловая А.Н. *Электроэнергоэффективность и методы повышения при подземном способе добычи железнорудного сырья*, дис. на соиск. уч. степени к.т.н., Кривой Рог, 2015.
 13. Сінчук І.О. Коментар до стану електроенергетики залізорудних підприємств як сегмента їх конкурентоспроможності: монографія – Кременчук: ЧП Щербатих А.В. – 2018. – 166с.
 14. Сінчук І.О. Методологічні засади оцінювання електроефективності залізорудних підприємств: монографія, ПП Щербатих, (2019), 284 с.
 15. Sinchuk O.M., Mykhailenko O. Yu., Kobeliatskyi D.V. A heuristic system for controlling the levels of electricity in the conditions of mining enterprises with underground methods of iron ore mining : monograph / Warsaw: iScience Sp z.o.o. 2024. 77 p. ISBN 978-83-66216-99-0.
 16. Kotyakova M.G. Aspects of development of modern control systems for improving the quality of electric energy in the distribution networks of iron ore enterprises : monograph : Edited by associate professor I.O. Sinchuk. Warsaw : Science Sp. Z.o.o. 2023. 61 p.
 17. Sinchuk I., Budnikov K., Krasnopolsky R. Fundamentals of integrating smart technologies for controlling power systems at iron ore underground mining enterprises /Monograph/– Warsaw: iScience Sp. z.o.o. – 2021.– 123 p. ISBN 978-83-66216-50-1
 18. Sinchuk I., Kupin A., Budnikov K., Baranovska M. Preventive theses to options for developing smart control systems for power flows distribution among consumers of iron ore underground mines /Monograph/ – Warsaw: iScience Sp. z.o.o. – 2023. – 92 p.
 19. Energy-efficient system of power supply of remote consumers of mining and concentration plants: monograph / I. Sinchuk, O. Dozorenko, M. Baranovska, O. Zamytskyi, P. Polishchuk. Warsaw: iScience Sp. z.o.o. 2023. 107 p.
 20. Сінчук І. та Котякова М. “Підхід до покращення якісних показників електроенергії залізорудних підприємств”. *Вісник Криворізького національного університету*, 21(2), 2023. с. 43-52. URL:<https://doi.org/10.31721/2306-5451-2023-1-57-43-52>
 21. Сінчук І. та Котякова М. “Контроль якості електричної енергії в аспекті впровадження технології Micro Grid”. *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки*, том 34 (73) № 2, 2023. с. 288 - 292. URL:<https://doi.org/10.32782/2663-5941/2023.2.1/45>

22. Сінчук О. М. Розроблення енергозберігаючих заходів на підприємствах гірничодобувної промисловості : звіт про НДР (заключний) / кер. теми О. М. Сінчук; № держ. реєстр. 0115Н003180; № 30-102-15. - Криворізький національний університет, Кривий Ріг, 2016. - 309 с.
23. Сінчук І. О. Аспекти теорії та практики оцінки електроенергетичної конкурентоспроможності залізрудних підприємств : звіт про НДР (заключний) / кер. теми І. О. Сінчук; № держ. реєстр. 0118Ш06520; НР/П-84-18. - Криворізький національний університет, Кривий Ріг, 2020. - 144 с.
24. Сінчук О. М. Розроблення комплексу заходів по енергозбереженню на підприємствах залізрудної промисловості : звіт про НДР (заключний) / кер. теми О. М. Сінчук; № держ. реєстр. 0114Ш03457; № 30-98-14. - Криворізький національний університет, Кривий Ріг, 2015.-288с.
25. Сінчук О. М. Інтеграція розумних технологій побудови електроенергетичних систем у контексті підприємств гірничо-металургійної галузі : звіт про НДР (проміжковий) / кер. теми О. М. Сінчук; № держ. реєстр. 0121Ш11709; № дог. 30-114-21. - Криворізький національний університет, Кривий Ріг, 2021. - 165 с.
26. Барановський, В. Д. *Нечітке керування режимами електропоспоживання електромеханічними системами головних водовідливних комплексів залізрудних шахт* : дис. доктора філософії (техн. науки): 141 — Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / Криворізький національний університет. - Кривий Ріг, 2024. - У 2 т. - Т. 1:188 с.; Т. 2: 69 с.
27. Бойко, С. М. *Електромеханічний комплекс вітроенергетичної установки автономного живлення електроприймачів шахт та рудників* : дис. канд. техн. наук : 05.09.03 - Електротехнічні комплекси та системи / Вінницький національний технічний університет. - Вінниця, 2014.
28. Sinchuk I.O., Kotiakova M.G. Preface to the development of rapid response systems to deviations of electricity quality indicators from standard values in internal mine electric networks : monograph, Edited by Professor Sinchuk O.M. Warsaw : iScience Sp. z.o.o., 2025. 85 p.
29. Бойко С. М. Електромеханічний комплекс вітроенергетичної установки автономного живлення електроприймачів шахт та рудників. Дисертація на здобуття наукового ступеня канд. техн. наук, Кременчук, 2024. 227 с.

30. Будніков, К. В. *Варіативність систем енергоефективного функціонування комплексів водовідведення в структурах електричних мереж залізорудних шахт* : дис. доктора філософії (техн. науки): 141 - Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / Криворізький національний університет. - Кривий Ріг, 2022. - У 2 т. - Т. 1: 188 с.; Т. 2: 91 с.
31. Козакевич І. та Котлякова М. "Аналіз впливу джерел розосередженої генерації на якість електричної енергії". *Вісник Криворізького національного університету*, 19(1), 2021. с. 175-179. URL: <https://doi.org/10.31721/2306-5451-2021-1-52-175-179>
32. Operating modes of mining enterprises. Condition, problems.: monograph / O. Dozorenko, I. Peresunko, O. Mykhailenko, V. Fedotov, A. Ryuzhenko. Warsaw: iScience Sp. z.o.o. 2023. 114 p.
33. Денисюк С.П., Базюк Т.М. Активний споживач електроенергії. Проблеми та перспективи його функціонування в Україні. *Енергетика та електрифікація*. 2013. №11. С. 38-42.
34. Денисюк С.П., Таргонський В.А., Артем*єв М.В. Локальні електроенергетичні системи з активним споживачем: методи побудови та алгоритми їх функціонування. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2018. №3. С. 7-22.
35. Сінчук І.О., Бойко С.М., Щербак М.А. *Обґрунтування можливості використання вітрового генератора з вертикальною віссю в умовах шахт*, на X Міжнар. наук. – техн. конф. молодих учених і спеціалістів. Електротехнічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації, Кременчук, КрНУ, 2012. С. 326-328.
36. Бойко С.М., Сінчук І.О., Жуков О.А., Савицький О.І. Комплексне використання відновлювальних джерел енергії: Підручник. За редакцією доктора технічних наук, професора О.М. Сінчука – Кривий Ріг: ПП Щербатих О.В. – 2021. -204 с.
37. Сінчук О.М., Бойко С.М., Сінчук І.О., Ялова О.М. Нетрадиційна та відновлювальна енергетика: Підручник -0 Кременчук: ПП Щербатих О.В. – 2017. – 218 с.
38. Денисюк, С., Дерев'янюк, Д. і Белоха, Г. 2022. Синтез моделей локальних електроенергетичних систем з джерелами розосередженої генерації *Технічна електродинаміка*. 2022, 4 (Лип 2022), 048. <https://doi.org/10.15407/techned2022.04.048>
39. S. Denysiuk and D. Derevianko, "A novel method of complex reliability assessment in microgrids with distributed generation," 2017 International Conference on Modern Electrical and Energy Systems

- (MEES), Kremenchuk, Ukraine, 2017, pp. 212- 215, doi:10.1109/MEES.2017.8248892.
40. Денисюк С.П., Дерев'яно Д.Г., Белоха Г.С., Зайченко С.В. Цінові моделі агрегування для Microgrid систем з розосередженими джерелами енергії. *Енергетика: економіка, технологія, екологія*. №3. 2022. С.7-12, <https://doi.org/10.20535/1813-547.0.3.2022.270225>
41. Дерев'яно, Д. і Швірські К. 2024. Побудова моделей оптимальної взаємодії джерел розосередженої генерації та систем акумулювання енергії у мережах Microgrid систем. *Технічна електродинаміка*. 1 (Січ 2024), 053. <https://doi.org/10.15407/techned2024.01.053>.
42. Дерев'яно Д.Г. Особливості режимів функціонування інтегрованих систем енергозабезпечення споживачів / Д. Г. Дерев'яно, О. С. Ярмолюк, О. А. Беспалий // *Електромеханічні і енергозберігаючі системи*. - 2018. - № 2. - С. 61-67 <https://doi.org/10.30929/2072-2052.2018.2.42.61-67>
43. Денисюк С.П., Дерев'яно Д.Г., Горенко Д.С. Особливості оцінюваїгая режимів функціонування локальних систем з джерелами розосередженої генерації та накопичувачами. *Енергетика: економіка, технологія, екологія*. №1, 2020. С.7-20, <https://doi.org/10.20535/1813-5420.1.2020.217558>.
44. Кириленко О.В., Блінов І.В., Денисюк С.П., Зайцев Є.А., Василенко В.І. Впровадження базових міжнародних стандартів Smart Grid в Україні: сучасний стан справ. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2022. №4. С. 44-53.
45. Денисюк С.П., Енергетичний перехід - вимоги до якісних змін у розвитку енергетики. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2019. Ш.С. 7-28.
46. Денисюк С.П., Мельничук Е.В., Чернещук І.С., Лисий В.В. Техніко - економічні механізми розвитку локальних систем енергозбереження (Microgrid). *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2021. №4.С. 7-22.
47. Денисюк С.П., Стржелецькі Р. Формування складових інтелектуальної платформи керування енергетичними системами та мережами. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2019. №3. С. 7-22.
48. Основи ефективного використання електричної енергії в системах електроспоживання промислових підприємств: навч. Посіб./ Соловей О.І., Розен В.П., Плешков П.Г. та ін.; М-во освіти і науки

- України, Кіров. нац.техн.ун-т.- Черкаси: видавець Чабаненко Ю.. 2015.-316с.
49. Папаїка Ю.А. *Енергетична ефективність систем електропостачання гірничих підприємств з нелінійними навантаженнями*. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.09.03 «Електротехнічні комплекси та системи», 2019, Дніпровська політехніка. – 320 с.
 50. Светличный П.Л. *Выбор и эксплуатация электрооборудования участка шахты*, М., Недра, 1980.
 51. Дремлин А. *Стратегия электросбережения при добыче и переработке железных руд*, Горный журнал, №12, с. 45-47, 2006.
 52. Щетка В.Ф. *Разработка и внедрение высокоэффективных систем электроснабжения шахт с переходом на большие глубины в условиях интенсификации горных работ, увеличение единичных мощностей и использование тиристорных преобразователей*, Кривой Рог, Отчет по НДР, 1981.
 53. Клименко Н.А. *Повышение качества напряжения в системах электроснабжения шахт*. – М. Недра, 1977, 159 с.
 54. Щетка В.Ф. *Разработать и выдать рекомендации по созданию рациональных схем электроснабжения и электрооборудования для перевода железнорудных шахт на повышенное напряжение 660 – 1000 В*. Отчет НИР, Кривой Рог, 1983, 82 с.
 55. Синчук О.Н., Синчук И.О., Гузов Э.С., Пархоменко Р.А. *Повышение эффективности функционирования подземных участковых подстанций*, Наук. пр. ДонНТУ. Серія «Електротехніка і енергетика», №1(14), с. 256-260, 2013.
 56. Sinchuk I., Budnikov K., Krasnopolsky R. *Fundamentals of integrating smart for controlling power systems at iron ore underground mining enterprises: Monograph*. – Warsaw: iScience Sp. z. o. o. – 2021. – 123 p.
 57. Папаїка Ю.А. *Енергетична ефективність систем електропостачання гірничих підприємств з нелінійними навантаженнями*. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.09.03 «Електротехнічні комплекси та системи», 2019, Дніпровська політехніка, 320 с.
 58. Вілкул Ю.Г., Азарян А.А., Колосов В.О. *сучасний стан гірничо-видобувної промисловості України*. Гірничий вісник. Науково-технічний збірник Кривий Ріг Випуск 110, с. 3-9.
 59. Синчук І.О., Берідзе Т.М., Федотов В.О., Барановська М.Л., Сменова М.Л. Пироженко А.В. *Сучасний ринок електричної енергії:*

Підручник. Курс лекцій. За редакцією доктора технічних наук, професора О.М.Сінчука – Кременчук: ПП Щербатих О.В. – 2021. – 232 с.

60. Моркун В. С., Тонкошкур Л. С., Гарковенко Е. Е. Електроустаткування і електропостачання гірничих підприємств. Кривий Ріг, Мінерал, 2005. – 269 с.
61. Півняк Г.Г. Енергетична ефективність систем електропостачання [Текст] : монографія / Г.Г.Півняк, І.В.Жежеленко, Ю.А.Папаїка; М-во освіти і науки України, Нац.техн. ун-т «Дніпровська політехніка». -2-ге вид., переробл. і допов. - Дніпро: НТУ «ДП», 2018. – 148 с.
62. Денисюк С.П. Формування політики підвищення енергетичної ефективності – сучасні виклики та європейські орієнтири. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2019. №1. С. 7-28.
63. Денисюк С.П., Таргонський В.А. Сталий розвиток енергетики України світових вимірах. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2017. №3. С. 7-31.

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА В ПАРАДИГМІ УПРАВЛІНСЬКИХ ДІЙ
В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДЗЕМНИХ
ГІРНИЧОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

Сінчук Олег Миколайович
Берідзе Тетяна Михайлівна
Федотов Владислав Олександрович
Барановський Владислав Дмитрович
Яловий Олександр Олександрович

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА В ПАРАДИГМІ УПРАВЛІНСЬКИХ ДІЙ В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДЗЕМНИХ ГІРНИЧОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ

МОНОГРАФІЯ

За редакцією
доктора технічних наук, професора
О. М. Сінчука

Subscribe to print 14/04/2026. Format 60×90/16.
Edition of 300 copies.
Printed by “iScience” Sp. z o. o.
Warsaw, Poland
08-444, str. Grzybowska, 87
info@sciencecentrum.pl, <https://sciencecentrum.pl>

Монографія “Електроенергетика в парадигмі управлінських дій в системах електропостачання підземних гірничорудних підприємств” присвячена дослідженню особливостей функціонування та підвищення енергоефективності систем електропостачання підземних гірничорудних підприємств. Розглянуто стохастичний характер добової варіативності електричних навантажень, зумовлений мінливістю режимів роботи підземних електроприймачів та рівнів використання встановлених електричних потужностей. Проаналізовано структуру електроспоживання, встановлено домінуючу частку підземного сегмента електроенергетичного комплексу у загальному балансі споживання електроенергії.

Обґрунтовано підходи до підвищення електроенергоефективності шляхом удосконалення структур систем електропостачання та впровадження управлінських механізмів розподілу електричних навантажень у часі з урахуванням режимів роботи підприємства і тарифних зон споживання електроенергії. Розглянуто можливості формування синергетичних структур електропостачання з інтеграцією автономних джерел генерації та керуванням енергопотоками між групами споживачів.

Показано доцільність оцінювання ефективності таких рішень на основі економічних результатів функціонування підприємства, що обумовлює необхідність розширеного трактування понять енергоефективності та якості електропостачання.

Монографія призначена для науковців, викладачів, аспірантів і фахівців у галузі електроенергетики та гірничої промисловості.



ISBN 978-83-68188-45-5

