

Висновок

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації «ВАРІАТИВНІСТЬ СИСТЕМ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ КОМПЛЕКСІВ ВОДОВІДВЕДЕННЯ В СТРУКТУРАХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ ЗАЛІЗОРУДНИХ ШАХТ»
здобувача вищої освіти ступеня доктора філософії за спеціальністю
141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
галузі знань **14 – Електрична інженерія**

1.1 Актуальність теми дисертації

Ефективність сучасної електроенергетики декларується як «максимізація ефективності використання всіх видів ресурсів і технологій при виробництві, передачі, розподілу та споживанні електричної енергії».

Більше 50% від усього обсягу електричної енергії, котру споживає промисловість України, споживають підприємства гірничодобувного комплексу. Ці підприємства належать до категорії енергоємних видів, що негативно відображається на рівні собівартості їх продукції – залізорудної сировини. З усього комплексу енергетичного впливу на вищезгаданий базовий показник функціонування економіки залізорудних підприємств виділяється електроенергетична складова – більше 90%.

Пов'язано це з існуючою технологією видобутку залізорудної сировини та відповідними наповненнями цього процесу енергоємними видами обладнання.

Проте, проблема енергоємності підземних залізорудних підприємств не обмежуються тільки значними обсягами встановлених електричних потужностей їх споживачів. Значний вплив, як на власну – внутрішню електроенергетику, так і на функціонування централізованих генеруючих компаній, чинять і режими споживання електричної енергії даними підприємствами. В цьому аспекті найбільшими коливаннями в рівнях споживання електричної енергії цими підприємствами характеризуються коливання в годинах доби, котрі сягають 70-80% від середніх показників. Це, перш за все, результат циклічно-поточної технології ведення гірничих робіт і, в певній мірі, фривольного адміністративного впливу на цей процес з боку самих підприємств.

Найбільшим діапазоном вищезгаданих коливань відрізняються від інших споживачів комплекси відведення природних підземних вод на поверхню у спеціальні водозбірники.

Водночас, саме ці технологічні комплекси – споживачі електроенергії, котрі класифікуються як головні водовідливні установки, споживаючи більше 30% від загально обсягу електроспоживання шахтою, являють собою найбільш енергоємний вид з усіх видів стаціонарних установок даних видів шахт.

Встановлені загальні потужності електричних двигунів водяних насосів

водовідливних установок по кожній залізорудній шахті в Україні становлять 17-18 ГВт.

1.2 Зв'язок теми дисертації з державними програмами, науковими напрямами університету та кафедри

Основний зміст роботи базується на результатах досліджень, що проводились на кафедрі автоматизованих електромеханічних систем у промисловості та транспорті Криворізького національного університету відповідно до наукового напрямку «Розроблення комплексу заходів по енергозбереженню на підприємствах залізорудної промисловості». Дисертаційна робота виконувалася відповідно до «Програми наукових досліджень і розробок Міністерства освіти і науки України за пріоритетними напрямками розвитку науки та техніки» у рамках науково-дослідних робіт № 0121U111709 «Інтеграція розумних технологій побудови електроенергетичних систем у контексті підприємств гірничо-металургійної галузі». Результати дисертаційної роботи одержано під час виконання НДР «Розроблення комплексу заходів по енергозбереженню на підприємствах залізорудної промисловості» (№ НДР 0114U003457); НДР «Розроблення енергозберігаючих заходів на підприємствах гірничодобувної промисловості» (№ НДР 0115U03180); НДР «Спосіб зниження струмів витоку в електричних комбінованих мережах залізорудних шахт» (№ 0116U1788); НДР «Аспекти теорії та практики оцінки електроенергетичної конкурентноспроможності залізорудних підприємств» (№ НДР 0118U006520).

1.3 Особистий внесок здобувача в отриманні наукових результатів

Усі наукові положення та результати дисертаційної роботи, що виносяться на захист, отримані здобувачем самостійно.

Особистий внесок здобувача в роботах, опублікованих у співавторстві, наступний:

В [1] розроблено методику, згідно якої проведено процедури експертних досліджень аналізу режимів споживання електричної енергії споживачами залізорудних шахт взагалі та енергоємних зокрема. Запропоновано алгоритм формування та вибору вхідних параметрів, розроблено технологічну структуру функціонування «АСК електропостачання - електроспоживання» даних видів підприємств.

В [2] обґрунтовано та запропоновано методику та схему формату оцінювання рівня електроенергоефективності залізорудних шахт взагалі та комплексу водовідведення зокрема.

В [3], як доповнення до попередніх наукових робіт, запропоновано варіативність переходу до структурування систем автоматизованого керування процесом водовідведення та оцінювання ефективності її функціонування згідно з ряду технологічних параметрів функціонування залізорудних шахт.

В [4] обґрунтовано вибір та запропоновано варіант синергетичної системи електропостачання з втілення в її структуру пікових гідроакумуючих електростанцій на основі комплексу водовідведення залізорудних шахт.

В [5] запропонована методика оцінювання енергоекономічно орієнтованих варіантів системи керування синергетичною системою водовідливним комплексом шахт.

В [6] розроблено алгоритм керування та формалізація прийняття управлінських рішень «АСК електропостачання-електроспоживання».

В [7] запропоновано модель керування рівнями електропостачання залізорудних шахт в варіанті розподільчої генерації електроенергії.

В [8] синтезовано модель з урахуванням стохастичних характеристик процесу водовідливу, обсягів накопичення води і енергозатрат за визначений час.

В [9] обґрунтовано потенціальні можливості з підвищення енергоефективності залізорудних шахт шляхом створення пікових ГАЕС на основі водовідливних комплексів, визначено перелік заходів щодо практичної реалізації в розбудові ГАЕС.

В [10] запропоновано метод керування енергоємними споживачами електричної енергії залізорудних шахт.

В [11] обґрунтовано застосування енергоефективного варіанту керування електромеханічним комплексом.

В [12] сформовано загальні принципи пошуку та розбудови шляхів підвищення електроенергоефективності залізорудних підприємств.

В [13] побудовано математичну модель для оцінювання рівня енергоефективності шахт.

В [14] розроблено метод оцінювання енергоефективності варіантів функціонування структур ГАЕС в умовах залізорудних шахт.

1.4 Достовірність та обґрунтованість отриманих результатів та запропонованих автором рішень, висновків, рекомендацій

Ступінь обґрунтованості наукових положень та висновків, сформульованих у дисертаційній роботі, забезпечується коректністю постановки задач, використанням апробованого математичного апарату, а також їх оприлюдненням на міжнародних та всеукраїнських наукових конференціях. Достовірність наукових положень та висновків дисертаційної роботи підтверджена результатами аналітичних розрахунків з послідовним впровадженням на промислових об'єктах.

1.5 Ступінь новизни основних результатів дисертації порівняно з відомими дослідженнями аналогічного характеру

вперше:

– обґрунтовано, форматизовано і проведено оцінювання потенційно нового синергетичного виду електроенергетичної структури

системи відведення вод з підземних горизонтів гірничорудних шахт, що дозволяє форматизувати цей найбільш енергоємний споживач електричної енергії даних видів підприємств у формат електроенергетичного комплексу: «споживач-регулятор-генератор електричної енергії» з отриманням значного рівня енергоефективності;

- визначено принципи формату методів оцінювання рівнів електроспоживання водовідливними комплексами залізорудних шахт і диференційно оцінено вплив на цей процес технологічних параметрів конкретних підприємств. Побудована методологічна карта, яка враховує і комплексно інтегрує такі явища, як: моніторинг споживання електроенергії водовідливними комплексами залізорудної шахти з позиції системності; формування інформаційної бази щодо оцінювання співвідношення вартості та обсягів споживання електричної енергії цими видами споживачів електричної енергії; контроль за ходом і характером змін виконання планових завдань на рівні споживання електричної енергії водовідливними комплексами для реалізації стратегії підвищення електроенергоефективності залізорудних шахт;

- на основі ретроперспективного аналізу систематизовано та розширено існуючі кордони автоматизованого керування процесом відведення підземних вод як локального процесу в підпорядкуванні комплексу управлінських рішень автоматизованої системи керування електроенергетичним комплексом «енергопостачання-енергоспоживання» залізорудної шахти, що дозволить зменшити енергоємність видобуваємих копалин;

розглянуто:

- методи підходу до формування комплексного оцінювання електроспоживання водовідливними комплексами залізорудних шахт, які, на відміну від існуючих, орієнтовані на розвиток інформаційно-аналітичної підтримки процесу оптимізації споживання електроенергії, модифіковані відповідно до галузевих особливостей, враховують синергетичні ефекти, що дозволило визначити і врахувати специфіку досліджуваних процесів з конкретизацією стосовно саме специфіки технології залізорудних шахт;

набули подальшого розвитку:

- формування корпоративної системи моделей процесу електроспоживання складовими водовідливних комплексів на залізорудних шахтах, яка, на відміну від існуючих, враховує технологічні етапи видобутку залізної руди, що відбуваються на різних виробничих комплексах, як єдиного цілого в системі «електропостачання-електроспоживання», що дозволяє оцінити електроенергоефективність як комплекс складових і вибрати напрямки її підвищення з урахуванням технологічних процесів;

- методичний підхід до прогнозування рівнів електроспоживання водовідливними установками залізорудних шахт на засадах екстраполяції та використання ідентифікації дискретних часових рядів, що дозволяє

визначати прогностні значення обсягів електроспоживання водовідливними установками;

– методи оцінювання ефективності застосування як окремих сегментів, так і всього енергетичного комплексу енергоємних виробництв на прикладі залізорудних підприємств із підземним способом видобутку залізорудної сировини.

1.6 Перелік наукових праць, які відображають основні результати дисертації

Монографія

[1] Fundamentals of integrating smart technologies for controlling power systems at iron ore underground mining enterprises /Monograph/ I. Sinchuk, K. Budnikov, R. Krasnopolsky.– Warsaw: iScience Sp.z.o.o.– 2021.– 123 p. ISBN 978-83-66216-50-1;

Стаття в міжнародному періодичному виданні, який внесено до міжнародної науково-метричної бази даних Scopus

[2] K. Budnikov, O. Sinchuk, I. Sinchuk, T. Beridze, Y. Filipp, O. Dozorenko, and R. Strzelecki. Assessment of the factors influencing on the formation of energy-oriented modes of electric power consumption by water-drainage installations of the mines. Mining of Mineral Deposits, Vol. 15, no 4, 2021, pp. 25-33. <https://doi.org/10.33271/mining15.04.025> (Scopus);

Статті у фахових виданнях

[3] K. Budnikov, I. Kozakevych. Predictive control of induction motor drive. Second international conference on sustainable futures: environmental, Technological, Social and Economic Matters. 19-21 may, 2021, Kryvyi Rih, Ukraine, E3S Web of Conferences 280, 05006 (2021). <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128005006>

[4] K. Budnikov, O. Sinchuk, R. Strzelecki, I. Sinchuk, A. Kupin, T. Beridze. Informational aspects at model of power consumption by main drainage facilities of iron-ore mining enterprises. Herald of Advanced Information Technology 2021; Vol.4 No.4, pp. 341 – 353. <https://doi.org/10.15276/hait.04.2021.5> (Фахове видання категорія Б).

[5] K. Budnikov, I. Sinchuk, A. Somochkyn, S. Somochkyna, V. Baranovskyi, O. Danilin. Modeling tools for improving energy efficiency of water drainage complexes at iron ore underground mines. Herald of Advanced Information Technology 2022; Vol.5 No.1, pp. 40 – 51. DOI: <https://doi.org/10.15276/hait.04.2022.4> (Фахове видання категорія Б).

[6] Будніков К. В., Сінчук О. М., Купін А. І., Сінчук І. О., Барановська М. Л. До розробки алгоритму енергоефективного керування електроенергетичним комплексом з розділеною генерацією електричної енергії в умовах залізорудних шахт. Вісник Криворізького національного університету, №53, 2021, с. 118-126. <https://doi.org/10.31721/2306-5451-2021-1-53-112-118>; (Фахове видання категорія Б);

[7] Будніков К. В., Сінчук О. М., Михайленко О. Ю., Купін А. І., Пересунько І. І., Барановський В.Д. Нечітка система керування процесами

«енергопостачання-енергоспоживання» в енергосистемах залізорудних шахт з розподіленою генерацією. Гірничий вісник, Вип. 110, 2022, с. 118-126. (Фахове видання категорія Б);

[8] K. Budnikov, I. Sinchuk, T. Beridze, V. Fedotov, V. Baranovskyi, I. Peresunko. Modelling basic parameters to control a local power complex of water drainage facilities at iron ore mines. Електромеханічні і енергозберігаючі системи. 2022. № 1. с. 33–38 DOI: 10.30929/2072-2052.2022.1.57.33-38 (Фахове видання категорія Б);

Стаття у науковому журналі

[9] Будніков К. В., Сінчук О. М., Філіпп Ю. Б., Сінчук І. О., Михайленко А. Ю., Краснопольський Р. І. До проблеми створення синергетичних електроенергетичних комплексів з піковими ГАЕС на основі водовідливних систем залізорудних шахт. Гідроенергетика України, № 3-4, 2021, с. 83-89;

Тези доповідей конференцій

[10] Будніков К. В., Сінчук О. М., Краснопольський Р. І. Синергетична електроенергоефективна ситема керування електромеханічних комплексів вентиляторів головного провітрювання шахт. V Міжнародна науково-технічна конференція «Оптимальне керування електроустановками» 19-20 жовтня, 2021 р., Вінницький національний технічний університет. <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/okey/okey2021/paper/view/13820>;

[11] К. В. Будніков, І. А. Козакевич. Базові принципи формування предиктивних систем керування електроприводами змінного струму. Матеріали міжнародної науково-технічної конференції «Розвиток промисловості та суспільства» 2021, Криворізький національний університет, с. 62;

[12] Будніков К.В., Барановський В.Д., Краснопольський Р.І. Теоретичні імперативи енергоефективності залізорудних підприємств. Всеукраїнська науково-практична конференція студентів та молодих учених «Актуальні питання енергоефективності гірничо-металургійного виробництва» 25-27 листопада, 2021 р., Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг, 2022 р., с. 26-27;

[13] Будніков К.В., Краснопольський Р.І. Математичне моделювання оцінювання рівнів енергоорієнтовних режимів споживання електричної енергії водовідливними установками шахт. Всеукраїнська науково-практична конференція студентів та молодих учених «Актуальні питання енергоефективності гірничо-металургійного виробництва» 25-27 листопада, 2021 р., Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг, 2021 р., с. 24-25;

[14] Mykhailenko O., Budnikov K. Economic aspects of introducing pumped-storage hydroelectric power plants into the mine dewatering system for distributed power generation. The 3rd International Conference on Sustainable Futures: Environmental, Technological, Social and Economic Matters. Kryvyi Rih, Ukraine, 24-27 May 2022. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 20 p.

1.7 Апробація основних результатів дослідження на конференціях, симпозіумах, семінарах тощо

Основні положення роботи та її результати доповідались, обговорювались та були схвалені на таких науково-технічних конференціях і семінарах:

- Міжнародна науково-технічна конференція «Розвиток промисловості та суспільства», КНУ, м. Кривий Ріг, 2021 р.;
- Second International Conference on Sustainable Futures “Environmental, Technological, Social and Economic Matters”, Kryvyi Rih, Ukraine, 19-21 May, 2021.
- Всеукраїнська науково-практична конференція студентів та молодих учених «Актуальні питання енергоефективності гірничо-металургійного виробництва», КНУ, м. Кривий Ріг, 2022 р.;
- The 3rd International Conference on Sustainable Futures “Environmental, Technological, Social and Economic Matters”. Kryvyi Rih, Ukraine, 24-27 May 2022. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.

1.8 Наукове значення виконаного дослідження із зазначенням можливих наукових галузей та розділів програм навчальних курсів, де можуть бути застосовані отримані результати

Результати роботи також використовуються у Криворізькому національному університеті на кафедрі автоматизованих електромеханічних систем у промисловості та транспорті для підготовки фахівців за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, (Довідка про впровадження додається).

Було впроваджено матеріали дисертаційних досліджень до лекційного курсу та практичних занять дисципліни «Системи генерації та передачі електричної енергії в умовах гірничо-металургійних підприємств»:

до лекційного курсу:

- метод прогнозування електроспоживання водовідливними комплексами залізрудних шахт задля прийняття відповідних управлінських рішень щодо забезпечення електроенергоефективності даних видів енергоємних споживачів електричної енергії даних видів підприємств;
- методику для порівняльного аналізу електроенергоефективності функціонування водовідливних комплексів при варіативності алгоритмів їх функціонування.

до практичних занять:

- створено комп'ютерну модель «АСК-електроспоживання», що, своєю чергою, дозволяє моделювати та робити математичні розрахунки основних параметрів керування процесом відведення вод з підземних горизонтів залізрудних шахт.

1.9 Практична цінність результатів дослідження із зазначенням конкретного підприємства або галузі народного господарства, де вони можуть бути застосовані.

Практичне значення отриманих результатів роботи полягає у розробці методології зниження витрат електроенергії, а відповідно і вартісних показників щодо процесу відкачування води з підземних горизонтів залізорудних шахт.

Одержані наукові результати, а саме: методологія підвищення енергоефективності комплексів водовідведення залізорудних шахт, впроваджено в ТОВ «НВК Криворіжелектромонтаж», що підтверджено актом про впровадження.

Згідно з дисертаційних досліджень Буднікова Кирила Всеволодовича, ТОВ «НВК Криворіжелектромонтаж» використовують наступні доробки:

- метод, який використовується для оцінки стану та потенціалу з підвищення енергоефективності комплексів відведення вод з підземних горизонтів залізорудних шахт (рудників);
- методика яка спрямована на форматизації структури розбудови в складі загальношахтної «АСК-електроспоживання» підсистеми автономного керування процесом відведення вод з підземних горизонтів залізорудних шахт.

Оцінка структури дисертації, її мови та стилю викладення

Стиль викладання та глибина подання матеріалу дозволяють оцінити дисертаційну роботу Буднікова К. В. як завершену наукову працю. Тема дисертації «Варіативність систем енергоефективного функціонування комплексів водовідведення в структурах електричних мереж залізорудних шахт», її зміст, висновки та положення відповідають спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка і вимогам Порядку присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінетом Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

У ході обговорення дисертації до неї не було висунуто жодних зауважень щодо самої суті роботи.

2. З урахуванням зазначеного, на засіданні кафедри автоматизованих електромеханічних систем в промисловості та транспорті ухвалили:

2.1 Дисертація Буднікова Кирила Всеволодовича, здобувача вищої освіти ступеня доктора філософії «Варіативність систем енергоефективного функціонування комплексів водовідведення в структурах електричних мереж залізорудних шахт», є завершеною науковою працею, у якій розв'язано конкретне наукове завдання щодо розроблення методів та засобів зниження

електроенергоємності гірничовидобувних виробництв шляхом підвищення енергоефективності процесу функціонування головних водовідливних комплексів залізорудних шахт, що має важливе значення для галузі знань 14 – Електрична інженерія.

1. У 14 наукових публікаціях повністю відображені основні результати дисертації, з яких 1 монографія, 1 стаття у міжнародному періодичному виданні, яке внесено до міжнародної науково-метричної бази даних Scopus, 6 статей у наукових фахових виданнях, 1 стаття у науковому журналі, 5 – у матеріалах конференцій.

2. Дисертація відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

3. З урахуванням наукової зрілості та професійних якостей Буднікова Кирила Всеволодовича, здобувача вищої освіти ступеня доктора філософії, дисертація «Варіативність систем енергоефективного функціонування комплексів водовідведення в структурах електричних мереж залізорудних шахт» рекомендується для подання до розгляду та захисту у разовій спеціалізованій вченій раді.

За затвердження висновку проголосували:

«ЗА»	19
«ПРОТИ»	немає;
«УТРИМАЛИСЬ»	немає;

Головуючий на засіданні кафедри,
зав. кафедри, д.т.н., професор

« 8 » вересня 2022 р.

О. М. Сінчук



Підпис	
ЗАСВІДЧУЮ:	
Учений секретар Криворізького національного університету	
« 8 » вересня 20 22 р.	