

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу **Барановського Владислава Дмитровича**
«Нечітке керування режимами електроспоживання електромеханічними системами головних водовідливних комплексів залізорудних шахт», яка подана на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Актуальність теми.

Стратегія розвитку України, як і стратегія її енергетики, передбачає зменшення енергоємності ВВП. В споживчому комплексі енергоспоживання сучасних гірничорудних підприємств електроенергетика складає майже 90 % і саме електроенергетичні затрати є негативно домінуючим фактом зі стійкою тенденцією постійного зростання в економіці цих підприємств.

Дисертацію присвячено вирішенню наукового завдання щодо підвищення електроенергоефективності головних водовідливних комплексів залізорудних шахт у напрямку збільшення рівня використання енергетичного потенціалу цього виду стаціонарних установок, шляхом розробки теоретичних аспектів і практичних рекомендацій для розбудови системи багатокритеріального нечіткого керування режимами функціонування електромеханічних систем насосних агрегатів. Базуючись на дослідницькому матеріалі, визначено необхідність розбудови двоєдиного алгоритму керування процесом функціонування ГВК: керування електроенергетичними та електромеханічними параметрами роботи електромеханічних систем насосних агрегатів на основі регульованого асинхронного електроприводу з базуванням у межах енергоефективних режимів функціонування приводних двигунів як в індивідуальному, так і груповому варіантах; керування режимами роботи водовідливного комплексу в функції технологічних параметрів його функціонування та «плаваючих» погодинних у добі тарифів за спожиту електроенергію.

Тому обрана тема дисертаційної роботи є актуальною і важливою.

Наукова новизна отриманих результатів.

Результати, отримані в процесі дисертаційного дослідження, містять нижченаведену наукову новизну:

1. На основі системного підходу, з погляду на сучасний період електрифікації гірничорудного виробництва, котрий характеризується значним підвищенням ролі показників техніко-економічної ефективності використання електроенергії у процесі видобутку залізної руди, дослідження сутності енергоємності видобутку, дозволило скоригувати, в новому баченні поточного стану, системоутворюючі енергоємні складові споживання електричної енергії енергоємними споживачами підземних залізорудних підприємств як процесу з оцінюванням характеру його протікання, в тому числі найбільш впливового на цей показник – головних водовідливних комплексів.

2. Вперше для розширення кордонів канонічних визначень електроенергоефективності, в контексті сучасних бачень відповідних заходів, як гірничодобувних підприємств у цілому, так і окремих видів енергоємних споживачів даних підприємств, зокрема, запропоновано нову концепцію

визначення цього показника, котра відрізняється від попередньої логікою оцінювання впливу електроенергетичної складової на рівень собівартості – базового економічного показника функціонування гірничих підприємств з видобутку конкретного виду корисних копалин.

3. Досліджено новий ефект процесу водовідведення як стохастичного процесу, що дозволило, шляхом використання статистичного матеріалу зі швидкості накопичення води в підземних виробках, побудувати синтезовану математичну модель, котра дає можливість визначити такі характеристики процесу водовідливу як середні та дисперсії, обсяги накопичення води на підземних горизонтах і відповідних енергозатрат на водовідведення із заданих глибин конкретних шахт за визначений поточний період часу. Здобуті результати дозволяють характеризувати водовідлив не тільки за середніми величинами, але й за дисперсіями, тобто, за їхнім розкидом, що є системоутворюючим показником для формування системи керування електроенергетикою всього водовідливного комплексу.

4. Вперше для розбудови системи керування головними водовідливними комплексами залізрудних шахт обґрунтовано та систематизовано електроенергетичні параметри функціонування електромеханічних систем з доведення залежності їх впливу на режими роботи насосних агрегатів для формування схеми алгоритму як підсистеми керування даним комплексом, у варіанті переступної до узагальненої структури керуючої системи.

5. Розроблено авторський варіант експертної системи керування споживанням електричної енергії з можливістю застосування варіанта автоматизованого керування головними водовідливними комплексами залізрудних шахт із вхідними параметрами – водоприплив і погодинна вартість електроенергії та вихідним – загальна потужність насосів, на базі нечіткого логічного виводу Мамдані, що використовує гладкі функції приналежності гаусової та сигмоїдної форм.

Ступінь обґрунтованості та достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації. Відсутність порушень академічної доброчесності.

Дисертаційна робота є завершеним науковим дослідженням. Зміст дисертації, структура, послідовність і повнота розв'язаних задач цілком відповідають темі наукової роботи.

Ступінь обґрунтованості наукових положень і висновків, сформульованих у дисертаційній роботі, забезпечується коректністю постановки задач, використанням апробованого математичного апарату, а також їх оприлюдненням на міжнародних наукових конференціях. Достовірність наукових положень та висновків дисертаційної роботи підтверджена результатами аналітичних розрахунків з послідовним впровадженням на промислових об'єктах: НВО «Ракурс» (м. Кривий Ріг) і ТОВ «Рудомайн» (м. Кривий Ріг), а також у навчальний процес Криворізького національного університету.

Представлена робота відповідає принципам академічної доброчесності, а саме: відтворення в тексті наукової роботи результатів дослідження інших науковців наведено з посиланнями, що не порушує Закон України «Про авторське

право і суміжні права»; адекватність та точність наведеної інформації (без спотворення) з цитуванням із іноземних джерел.

Практичне значення отриманих результатів роботи полягає у наступному:

- розроблено та запропоновано як варіант для подальшого використання методику оцінювання рівнів споживання електричної енергії енергосмними споживачами залізрудних шахт у цілому та базових у цьому комплексі – головних водовідливних комплексів, зокрема;

- запропоновано синтезовану модель, яка дозволяє визначати такі стохастичні характеристики процесу водовідливу, як середні і дисперсії потужності енерговитрат на водовідлив, обсягів накопичення води на підземному горизонті шахти і енерговитрат на водовідлив із заданої глибини за визначений час;

- здобуті результати дозволяють характеризувати процес водовідливу не тільки за середніми величинами, але й за дисперсіями, тобто за їхнім розкидом;

- форматизовано двоєдиний алгоритм функціонування системи керування водовідведенням залізрудних шахт шляхом реалізації максимально досяжного електроенергетичного потенціалу функціональних електромеханічних параметрів агрегатів насосних модулів з асинхронними двигунами та у функції обсягів водоприпливу і «плаваючих» у годинах доби тарифів на електроенергію, що постачається;

- одержані в процесі наукового пошуку результати впроваджено шляхом передачі відповідних дослідницьких матеріалів для їх практичної реалізації спеціалізованим підприємствам із проєктування та монтажу систем електропостачання гірничорудних виробництв: НВО «Ракурс» (м. Кривий Ріг) та ТОВ «Рудомайн» (м. Кривий Ріг), що підтверджено відповідними актами про впровадження;

- результати роботи використовуються у Криворізькому національному університеті на кафедрі електричної інженерії для підготовки фахівців за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», що підтверджено актом про впровадження.

Повнота викладу в наукових публікаціях

Матеріали дисертаційної роботи відображено у 15 наукових працях, з яких 1 монографія, 2 статті у міжнародних періодичних виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus, 4 статті у наукових фахових виданнях, 1 стаття у науковому журналі, 7 – у матеріалах конференцій.

Структура та зміст дисертації.

Структура дисертації побудована відповідно до мети та задач дослідження. Викладення основного матеріалу дисертації, наукових положень, результатів та висновків логічне та аргументоване. Дисертація написана в науковому стилі та оформлена відповідно до чинних умов.

Дисертаційна робота складається із двох томів: том 1 має вступ, 4 розділи, список використаних джерел; том 2 – додатки, які містять додаткові матеріали, що доповнюють і поглиблюють основну частину дисертаційної роботи, акти впровадження результатів роботи. Загальний обсяг тома 1 дисертації: 188 сторінки, з яких основний зміст викладений на 151 сторінках, 47 рисунків, 16 таблиць, 142

найменувань списку використаних джерел; загальний обсяг тома 2 дисертації - 69 сторінок.

У **вступі** сформульовано актуальність дослідження, його мету, наукові завдання, результати дослідження, що містять наукову новизну.

У **першому** розділі на основі діагностування стану електроенергетичного комплексу з оцінюванням рейтингу споживання електричної енергії приймачами залізрудних шахт підтверджено, що головні водовідливні комплекси є енергоємними споживачами електричної енергії, а підвищення їх електроенергоефективності є актуальною проблемою. Акцентовано, що канонічні формули з визначення рівнів електроенергоефективності видів шахт, що аналізуються, як і їх окремих споживачів, потребують нового формату в умовах сучасних енергоорієнтованих спрямувань.

У **другому** розділі проведено математичне моделювання режимів постачання-споживання електричної енергії головним водовідливним комплексом залізрудних шахт як стохастичного процесу та визначено комплекс енергетичних характеристик, які пов'язані з фактом випадковості: швидкість та обсяги накопичення води на підземному горизонті шахти, енерговитрати на водовідведення із заданого підземного горизонту шахти за визначений час.

У **третьому** розділі, враховуючи постійну мінливість параметрів режимів функціонування головних водовідливних комплексів, розглянуто впровадження системи автоматизованого управління з використанням системи ПЧ-АД та врахуванням сигналів датчиків стану, а також прийняття управлінських рішень по включенню певної кількості насосів і режимів їх роботи.

У **четвертому** розділі запропоновано для впровадження систему експертного керування енергоспоживанням шахтними водовідливними комплексами на базі алгоритму нечіткого логічного виводу Мамдані; вищу якість керування продемонструвала система з базою нечітких правил типу кон'юнкція у порівнянні із системою нечіткого логічного виводу з кусково-лінійними функціями з подальшим удосконаленням нечітких систем шляхом введення додаткового обмеження на рівень потужності насосних агрегатів, котрі працюють одночасно, під час фазифікації відповідної лінгвістичної змінної.

У **заключних висновках** викладено квінтесенцію отриманих результатів наукового пошуку та певні рекомендації до їх практичного використання в практиці розробки та проектування енергоефективних систем керування рівнями споживання електроенергії енергоємними споживачами в структурі загальної системи керування електроенергетичними потоками підземних залізрудних підприємств.

Відповідність дисертаційної роботи вимогам МОН України

Матеріал дисертації викладено логічно і обґрунтовано, усі розділи мають виражену специфіку, яка у сукупності свідчить про цілісність та завершеність дисертаційної роботи. Дисертаційна робота викладена науковою мовою. Зміст, структура, послідовність і повнота розв'язаних задач цілком відповідають темі роботи і вимогам порядку присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінетом Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Недоліки та зауваження до роботи:

1. У дисертаційній роботі використовуються терміни «управління» і «керування», які мають різні відтінки сенсу для технічної сфери. Логічно вислухати думку автора з цього питання.

2. На стор. 41 вказано, що рівень електроенергоефективності гірничих підприємств визначається як частка від ділення обсягів споживання електричної енергії на одиницю виробленої продукції. Було б доцільно навести формулу в оригінальному вигляді та посилатися на неї.

3. На стор. 45 є посилання на розділ 1.1, де необхідно посилатися на підрозділ 1.1.

4. На стор. 40 заголовок пункту (п. 1.2, п. 1.2.1) відірвано від основного тексту дисертації.

5. На стор. 79, рисунок 2.1 – рисунок 2.4 відсутні позначення осей графіків.

6. На стор. 89 вважаю некоректним вживання словосполучення «в черговий раз підкреслимо».

7. У дисертаційній роботі розроблений формат «нечіткої системи керування режимами функціонування головних водовідливних комплексів» на базі алгоритму Мамдані, але цікавим було б порівняння з іншими моделями нечіткого керування.

Висновки щодо відповідності дисертації встановленим вимогам.

Детальний аналіз матеріалу дисертаційної роботи та опублікованих наукових праць дає змогу стверджувати, що дисертаційна робота Барановського Владислава Дмитровича «Нечітке керування режимами електроспоживання електромеханічними системами головних водовідливних комплексів залізрудних шахт» містить усі ознаки завершеної наукової роботи. В ній отримано нові науково обґрунтовані теоретичні результати, що дають змогу підвищити експлуатаційні показники роботи водовідливних установок залізрудних шахт.

Матеріал дисертації викладено послідовно, стиль викладання доказовий, чіткий і лаконічний. Висновки до кожного розділу і дисертації в цілому тісно пов'язані з її змістом і відображають суть виконаних досліджень. Публікації автора повністю висвітлюють наукові положення і результати наукових досліджень. Викладені зауваження не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Враховуючи актуальність теми дисертаційної роботи, а також отримані достовірні наукові результати, що мають наукову і практичну значимість, та, враховуючи достатню повноту висвітлення основних положень дисертаційної роботи в опублікованих працях, вважаю, що представлена дисертаційна робота відповідає вимогам щодо дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії, а її автор Барановський Владислав Дмитрович заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 141. Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

Рецензент,

кандидат технічних наук, доцент,

доцент кафедри електромеханіки

Криворізького національного університету

Підпис *Рожненко*

ЗАСВІДЧУЮ:

Учений секретар
Криворізького національного
університету

М.Б. Кудрик

« 08 » « 04 » 20 24 р.

Жанна РОЖНЕНКО