

РЕЦЕНЗІЯ

офіційного рецензента кандидата фізико-математичних наук, доцента **Савранської Алли Володимирівни** на дисертаційну роботу Юськів Олеси Ігорівни «Методи, моделі та інформаційна технологія аналізу енергозбереження металургійного підприємства», подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії за напрямом 124 – Системний аналіз.

Актуальність обраної теми

На сьогоднішній день Україна відчуває значний дефіцит енергоресурсів. Приблизно 60% всіх паливно-енергетичних ресурсів України використовуються промисловістю. Чорна металургія є однією з основних галузей промисловості в Україні, яка значною мірою залежить від цього виду ресурсів. Висока енергоємність металургійного виробництва в поєднанні з постійним зростанням цін на енергетичні ресурси робить економію енергії та ресурсів першочерговим завданням. Доля витрат на паливно-енергетичні ресурси в загальних заводських витратах на виробництво продукції становить понад 30 %.

В дисертаційній роботі Юськів Олеси Ігорівни була запропонована концепція підвищення енергозбереження на металургійному підприємстві, що акцентує увагу на удосконаленні структури інформаційної системи моніторингу для ідентифікації та управління еколого-економічними ризиками металургійних підприємств. Моніторинг енергоспоживання дозволить отримати більш точну вихідну інформацію для прийняття управлінських рішень щодо їх впровадження в умовах різного навантаження обладнання у зв'язку з різною інтенсивністю виробництва. Тема дисертаційної роботи Юськів О.І. є актуальною для металургійної промисловості.

Зв'язок дисертаційної роботи з науковими програмами, планами, темами

Робота виконана відповідно до планів науково-дослідних робіт (НДР) Національного університету «Запорізька політехніка»: «Математичне моделювання соціально-економічних процесів та систем» (номер реєстрації – 05038), «Розвиток методів дослідження складних соціально-економічних систем на основі інтелектуальних технологій» (номер державної реєстрації – 0121U113264).

Ступінь наукової обґрунтованості результатів, сформульованих в роботі, їх наукова новизна

Дисертаційна робота Юськів О. І. містить нові, добре обґрунтовані методи та моделі. Зокрема, спочатку автор наводить власну концепцію енергозбереження, що ґрунтується на інтеграції методів аналізу процесів енергоспоживання (енергетичний аудит, аналіз екологічних та економічних ризиків, вплив метеофакторів) з моделюванням комплексу заходів енергозбереження (підвищення точності прогнозування енергоспоживання за допомогою нейромережного моделювання, візуалізація нелінійності енергоспоживання у вигляді рекурентних діаграм). Результатом такої інтеграції

є інформаційна технологія, а саме – система моніторингу екологічних та економічних ризиків, що дозволяє вчасно реагувати на відхилення поточних показників від нормативних, а це веде до підвищення енергоефективності металургійного підприємства.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у створенні інформаційної системи управління процесами енергозбереження, а саме, розробкою моделей, методів та інформаційної технології управління процесами енергозбереження на металургійних підприємствах. Найбільш вагомими, на мою думку, результатами, які визначають наукову новизну дисертаційної роботи є:

- вперше розроблена концепція підвищення енергозбереження на металургійному підприємстві на основі інформаційної технології управління процесами енергозбереження, яка ґрунтується на аналізі динаміки енергоспоживання, економічних та екологічних ризиків;

- подальший розвиток методу зниження загальної похибки прогнозування електроспоживання для металургійного підприємства за рахунок використання штучного інтелекту у вигляді моделей нейронних мереж, що дає можливість скоротити розбіжність між прогнозованим та фактичним енергоспоживанням;

- подальший розвиток методу аналізу нелінійної динаміки енергоспоживання металургійного підприємства за рахунок побудови рекурентних діаграм часових рядів, що дасть змогу підвищити передбачуваність енергоспоживання в умовах різного навантаження обладнання;

- вдосконалення інформаційної технології моніторингу еколого-економічних ризиків металургійних підприємств за рахунок розробки інформативної моделі аналітичної панелі, що уможливіє візуалізацію відхилень від нормативних показників та відповідне оперативне реагування.

Практичну значимість отриманих результатів підсилює той факт, що дослідження проводилося на основі спостережень за складною динамічною системою погодинного споживання електроенергії ПрАТ «ДНІПРОСПЕЦСТАЛЬ». За допомогою розробленого програмного забезпечення було проаналізовано процес енергоспоживання на металургійному підприємстві.

Всі отримані автором результати є новими та належним чином обґрунтованими.

Структура і зміст дисертації

Результати дисертації відображені у 15 публікаціях: дев'яти статтях (одна з яких індексується у базі Scopus, інші - у фахових виданнях України) та шести матеріалах і тезах міжнародних та всеукраїнських конференцій. Дисертація складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг дисертації 161 сторінка.

У *вступі* обґрунтовано актуальність обраної тематики, сформульовано мету роботи та задачі дослідження, подано коротку характеристику результатів дослідження, ступінь їх апробації та публікації.

У *першому розділі* дисертації викладено огляд літератури щодо проблеми енергозбереження металургійного комплексу в Україні. Також

автором була запропонована концепція енергозбереження на металургійному підприємстві (ст. 43-44). На мою думку запропонована концепція підвищення енергоефективності металургійного підприємства добре структурована та обґрунтована.

У *другому розділі* проаналізовано сукупність факторів, які впливають на енергозбереження металургійного підприємства, здійснено аналіз екологічних та економічних ризиків, а також проаналізовано вплив метеофакторів, зокрема таких, як температура та хмарність. Експериментально досліджено вплив температури та хмарності на енергоспоживання металургійного підприємства за допомогою економетричного пакету Gretl. В проведеному дослідженні були проаналізовані зимовий та літній періоди на протязі 4х років та визначено, що для обох періодів зв'язок між хмарністю та енергоспоживанням вважається слабким. Для зимових періодів залежність між температурою та енергоспоживанням вища ніж в літні періоди.

У *третьому розділі* автором були проаналізовані існуючі та обрані власні математичні методи для вирішення задачі енергозбереження на металургійному підприємстві. Зокрема, прогнозування добового енергоспоживання на металургійних підприємствах здійснюється за допомогою нейронних мереж.

Метод рекурентного аналізу призначений для дослідження особливостей енергоспоживання за допомогою розрахунку кількісних показників, які використовуються для аналізу станів поведінки системи.

У *четвертому розділі* представлена інфологічна модель інформаційної технології моніторингу енергоспоживання для ідентифікації та управління еколого-економічними ризиками металургійних підприємств. Моніторинг ризиків дозволить отримати більш точну вихідну інформацію для прийняття управлінських рішень щодо їх впровадження в умовах різного навантаження обладнання у зв'язку з різною інтенсивністю виробництва.

Практичне значення отриманих результатів

Проведений рекурентний аналіз енергоспоживання та енергоаудит металургійного підприємства за сезонами зима-літо показав, що літній період характеризується більшою передбачуваністю, а також значно вищим показником затримки, який характеризує середній час, коли система може провести майже в незмінному стані. Застосування методології рекурентного аналізу до часових рядів споживання електроенергії в перспективі може призвести до позитивного економічного ефекту за рахунок підвищення енергоефективності металургійного підприємства. Моніторинг еколого-економічних ризиків дозволить отримати більш точну вихідну інформацію для прийняття управлінських рішень щодо їх впровадження в умовах різного навантаження обладнання у зв'язку з різною інтенсивністю виробництва, що зменшить негативний вплив технологій металургійних підприємств на навколишнє природне середовище.

Розроблені моделі, методи та інформаційна технологія дозволять визначити оптимальну траєкторію енергоспоживання в багатовимірному просторі параметрів та обмежень енергобалансу металургійного підприємства. За допомогою розробленої моделі можуть бути визначені сценарії розвитку, які

є можливими з точки зору вибору напрямку вектора стратегічного прогнозування.

Наукові положення, висновки і рекомендації, викладені в дисертаційній роботі, використано при підготовці дисциплін «Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень», «Аналіз часових рядів», «Системний аналіз соціально-економічних процесів» та при виконанні НДР кафедри системного аналізу та обчислювальної математики Національного університету «Запорізька політехніка» (акт впровадження від 27.02.2025).

Результати дисертаційної роботи апробовано та впроваджено у практичну діяльність ПрАТ «ДНПРОСПЕЦСТАЛЬ» (акт впровадження від 22.05.2024).

До рецензованої роботи є деякі зауваження:

1. При побудові економетричних моделей впливу метеофакторів на енергоспоживання бажано було б врахувати показник загального навантаження на обладнання підприємства.

2. Бажано приділити більше уваги різним мірам точності прогнозування не тільки в нейромережних моделях.

Наведені недоліки не впливають на позитивну оцінку дисертації. Зауваження можуть бути предметом подальших досліджень автора.

Висновок щодо відповідності дисертації встановленим нормам

Дисертаційна робота Юськів Олесі Ігорівни «Методи, моделі та інформаційна технологія аналізу енергозбереження металургійного підприємства» містить нові науково обґрунтовані теоретичні та практичні результати, які в сукупності подають нове вирішення проблеми енергозбереження для металургійних підприємств та підвищення їх конкурентоспроможності.

Дисертація повністю відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» (з наступними змінами) та «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України №44 від 12 січня 2022, що висуваються до дисертацій, а здобувач – Юськів Олеся Ігорівна, заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 124 «Системний аналіз».

Кандидат
фізико-математичних наук,
доцент, доцент кафедри
«Системного аналізу та
обчислювальної математики»
Національного університету
«Запорізька політехніка»



A. V. Savranska

А.В. Савранська

Підпис *А. В. Савранської*
Засвідчую:

Начальник відділу кадрів

Михайло Миколайович