

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Факультет енергетики та інформаційних технологій
Кафедра електротехніки, електромеханіки і електротехнологій

ДИПЛОМНА РОБОТА

на тему:

**БАГАТОРІВНЕВА СИСТЕМА ЕНЕРГЕТИЧНОГО МОНІТОРИНГУ ЯК
ІНФОРМАЦІЙНИЙ ЗАСІБ СИСТЕМИ ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ТОВАРИСТВА З ОБМЕЖЕНОЮ
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «СТАРИНСЬКА ПТАХОФАБРИКА»**

Виконав:

здобувач вищої освіти денної форми
навчання освітнього ступеня «Магістр»,
освітньо-професійної програми
«Енергетичний менеджмент» спеціальності
141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»

_____ **Ілля ДУБИЦЬКИЙ**

Керівник: кандидат технічних наук, доцент

_____ **Павло ПОТАПСЬКИЙ**

Оцінка захисту:

Національна шкала _____

Кількість балів _____ Шкала ECTS _____

Допускається до захисту:

«_____» _____ 2023 р.

Керівник проектної групи
(гарант освітньої програми)

«Енергетичний менеджмент»
спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»

Докт. с.-г. наук, канд. техн. наук, доцент _____ **Олег ТКАЧ**

м. Кам'янець-Подільський, 2023р.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ1. ОГЛЯД ПТАХОФАБРИКИ ЯК СПОЖИВАЧА ПАЛИВНО ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ, СИСТЕМИ ЕНЕРГОМОНІТОРИНГУ ТА МЕТОДІВ ПОБУДОВИ БАЗОВИХ РІВНІВ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ.....	11
1.1 Побудова інформаційного образу птахофабрики як споживача енергоресурсів	11
1.1.1 Загальні відомості про птахофабрику	11
1.1.2 Опис технологічних процесів підприємства	14
1.1.3 Аналіз споживання енергоресурсів	16
1.1.4 Паливно-енергетичний баланс.....	19
1.2 Системи енергомоніторингу	22
1.2.1 Опис систем енергомоніторингу	22
1.2.2 Переваги системи енергомоніторингу	24
1.3 Огляд методів встановлення базових рівнів енергоспоживання та показників енергоефективності	25
1.3.1 Лінійна регресія.....	25
1.3.2 Нейронні мережі.....	26
1.3.3 Показники енергоефективності	28
1.4 Аналіз огорожуючих конструкцій пташників з позиції енергоефективності	
1.4.1 Аналіз огорожуючих конструкцій пташників.....	29
1.4.2 Порівняння Українських пташників з іноземними.....	31

Висновки до розділу 1.	32
РОЗДІЛ 2.МЕТОДОЛОГІЯ ВПРОВАДЖЕННЯ БАГАТОРІВНЕВОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОМОНІТОРИНГУ ТА ПОБУДОВИ БАЗОВИХ РІВНІВ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ.....	33
2.1 Структура та план впровадження багаторівневої системи енергомоніторингу	33
2.1.1 Структура системи енергомоніторингу та принципи її роботи	33
2.1.2 План впровадження системи енергетичного моніторингу	36
2.2 Вибір факторів, що впливають на енергоспоживання птахофабрик та встановлення базового рівня енергоспоживання.....	39
2.2.1 Визначення базового рівня енергоспоживання.....	39
2.2.2 Визначення чинників, що впливають на енергоспоживання.....	40
2.3 Методика побудови базових рівнів енергоспоживання за допомогою лінійної регресії.....	41
2.3.1 Обробка даних та методика.....	41
2.3.2 Результат аналізу	44
2.4 Методика побудови базових рівнів енергоспоживання за допомогою нейронних мереж.....	45
2.4.1 Алгоритм на навчання ШНМ.....	45
2.4.2 Рекурентні нейронні мережі.....	51
2.5 Розрахунок показників енергоефективності та недоліки існуючої системи нормування витрат	54
2.5.1 Методика розрахунку питомих витрат	54
2.5.2 Недоліки існуючої системи нормування витрат	55

Висновки до розділу 2	57
РОЗДІЛ 3. СТВОРЕННЯ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ БАЗОВИХ РІВНІВ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ РІЗНИМИ МЕТОДАМИ ТА ЇХ ПОРІВНЯННЯ	58
3.1 Побудова базових рівнів енергоспоживання за допомогою регресії.....	58
3.2 Побудова базових рівнів за допомогою нейронних мереж.....	63
3.3 Порівняння роботи регресії та нейронної мережі.....	75
Висновки до розділу 3	76
РОЗДІЛ 4. ВПРОВАДЖЕННЯ БАГАТОРІВНЕВОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОМОНІТОРИНГУ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ПОБУДОВИ БАЗОВИХ РІВНІВ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ.....	77
4.1 Опис ідеї проекту	77
4.2 Аналіз найбільших учасників ринку первинної реалізації курячого м'яса	79
4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	81
4.4 Організація реалізації стартап проекту	83
Висновки до розділу 4.	85
ВИСНОВОК.....	86
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	88

ВСТУП

Мета дослідження полягає у створенні комплексної системи енергетичного моніторингу для отримання надійних даних, необхідних для функціонування систем енергоменеджменту на птахофабриках. У сучасній українській промисловості лише невелика частина підприємств має систему комерційного обліку паливно-енергетичних ресурсів, а про технічний облік мова йде дуже рідко. Проте дані з цих систем є необхідними і сприяють підвищенню рівня енергоефективності, особливо у поєднанні з впровадженням системи енергоменеджменту. Важливою складовою системи енергоменеджменту є встановлення базових рівнів споживання енергії для ключових споживачів, а якість цих базових рівнів впливає на оцінку енергоефективності всього підприємства і дозволяє краще оцінювати економію від заходів з енергоефективності. Система енергомоніторингу є основою для створення надійних математичних моделей базових рівнів на підприємствах.

Основними задачами роботи є:

- створення інформаційного зображення птахофабрики як споживача енергоресурсів.
- аналіз різних типів пташників, порівняння їх з українськими та закордонними аналогами.
- визначення базових рівнів енергоспоживання за допомогою лінійної регресії та методу моделювання на основі нейронних мереж.
- оцінка показників енергоефективності, виявлення недоліків їх оцінки та розгляд методичних підходів до їх визначення.
- планування впровадження системи енергомоніторингу, опис її структури та концепції.

Актуальність теми дослідження. Розвиток енергетичної сфери в Україні та світі проходить швидкими темпами, що робить актуальними питання енергоефективності та енергомоніторингу. Обмеженість ресурсів та зростання тарифів на енергію змушують підприємства шукати шляхи більш раціонального споживання енергії. Першим кроком на цьому шляху є повне розуміння енергетичних та технологічних процесів, що відбуваються на підприємствах. Багаторівнева система енергетичного моніторингу ставить перед собою завдання визначення енергетичних потоків та постійний контроль за об'єктами моніторингу.

Мета і задачі дослідження. Розробка комплексної системи енергетичного моніторингу з використанням обробки даних за допомогою простих та рекурентних нейронних мереж.

Об'єкт дослідження. Процеси енергомоніторингу на птахофабриках, а також їх технологічні процеси, споживачі паливно-енергетичних ресурсів.

Предмет дослідження. Способи, засоби та принципи роботи мультирівневої системи енергетичного моніторингу, а також її організація та програмне забезпечення.

Методи дослідження. Науково-методична основа дисертації складається з методів математичного моделювання, таких як: багатофакторна лінійна регресія, алгоритми глибокого навчання.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у використанні простих та рекурентних нейронних мереж для задачі побудови базових рівнів енергоефективності та прогнозування попиту на паливно-енергетичні ресурси.

Практичне значення результатів полягає в розробці структури та схеми впровадження багаторівневої системи енергомоніторингу з використанням алгоритмів нейронних мереж для використання на птахофабриках. Дана система повністю задовольняє інформаційні потреби підприємства, з точки зору

енергетики, а також є суттєвим підґрунтям для реалізації системи енергетичного менеджменту.

Апробація результатів роботи. Результати роботи доповідались на III Всеукраїнській студентській науково-практичній конференції «Ефективне використання енергії: стан і перспективи», 09 листопада 2023 року, Заклад вищої освіти «Подільський державний університет». м. Кам'янець – Подільський.

Публікації: Ілля ДУБІЦЬКИЙ / Методика визначення енергоємності продукції на прикладі птахофабрики // III Всеукраїнська студентська науково-практична конференція «Ефективне використання енергії: стан і перспективи» (09 листопада 2023 року) / Заклад вищої освіти «Подільський державний університет». Кам'янець – Подільський. 2023.

ВИСНОВОК

1. У роботі було розглянуто теоретичні та практичні аспекти впровадження багаторівневої системи енергетичного моніторингу з використанням моделі на основі простих та рекурентних нейронних мереж для прогнозування попиту на енергетичні ресурси та формування базових рівнів енергоспоживання. Основні висновки та результати дослідження такі:

2. Українські птахофабрики відзначаються низьким рівнем енергоефективності порівняно з закордонними аналогами. Це обумовлено застарілим обладнанням, відсутністю контролю над енергоспоживанням, недоліками у методиках розрахунку витрат енергоресурсів, та іншими факторами.

3. Розроблена структура багаторівневої системи енергетичного моніторингу, яка відрізняється тим, що включає не лише енергетичні, але й неенергетичні дані. Ці дані використовуються як фактори, що впливають на енергоспоживання, та допомагають у прогнозуванні попиту на енергетичні ресурси та встановленні базових рівнів енергоспоживання.

4. Порівняно ефективне прогнозування попиту на енергетичні ресурси було здійснене за допомогою нейронних мереж у порівнянні з лінійною багатofакторною регресією, що традиційно використовується в таких системах.

5. Розроблено стартап проект "Впровадження багаторівневої системи енергомоніторингу з використанням нейронних мереж для побудови базових рівнів енергоспоживання". Проект має потенціал зацікавити споживачів, зокрема групу компаній "МХП", та виявитися важливим кроком у підвищенні енергоефективності та управління енергетичними ресурсами на птахофабриках.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Паспортні дані котла ДКВР-6,5/13: веб-сайт. URL: https://zinref.ru/000_uchebniki/02550_kotli/009_00_00_kotli_teh_harakteristiki/013.html.1. – Назва з екрана.
2. Правила улаштування електроустановок : [арх. 15 березня 2020] / Мін-енерговугілля України. — Київ : [б. в.], 2017. — 617 с.
3. РТМ 36.18.32.4-92 "Вказівки щодо розрахунку електричних навантажень". Київ, 1992.
4. Міністерство палива та енергетики України наказ від 17.04.2000 року «Про затвердження Концепції побудови автоматизованих систем обліку електроенергії в умовах енергоринку»
5. Постанова «Про затвердження Кодексу комерційного обліку електричної енергії» від 14.03.2018 // НКРЕПК.
6. Аггарвал Ч. Нейронні мережі і глибоке навчання. Навчальний курс, 2021.
7. ДСТУ ISO 50006:2016 Системи енергетичного менеджменту. Вимірювання рівня досягнутої/досяжної енергоефективності з використанням базових рівнів енергоспоживання та показників енергоефективності. Загальні положення та настанова (ISO 50006:2014, IDT)
8. ПРАКТИЧНИЙ ПОСІБНИК З ЕНЕРГЕТИЧНОГО АУДИТУ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ / А. Чернявський, А. Сафьянц, Н. Усенко, О. Соловей, О. Бориченко, П. Пертко, Ю. Шишко, А. Гоєнко// За загальною редакцією Н. Усенко та А. Чернявського. – К.: Проект «Консультування підприємств щодо енергоефективності» Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH за дорученням Федерального міністерства економічного співробітництва та розвитку Німеччини (BMZ), 2020.

9. ДСТУ 3569-97 Енергозбереження нетрадиційні та поновлювані джерела енергії. Основні положення (ГОСТ 30514-97). Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=25862. – Назва з екрана.

10. Волох П.В., Цоколенко М.П., Ревенко Л.В., Грічаненко В.А. та ін. Довідникова книга з електроенергетики : Навчальний посібник – К.: Аграрна освіта, 2014. – 506 с.

11. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель // Державне підприємство “Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій” (ДП “ДНДІБК“) . Мінрегіон України, 2022. Режим доступу: chrome-extension://efaidnbnmnibpcjpcglclefindmkaj/https://dreamdim.ua/wp-content/uploads/2022/08/DBN-V_2_6-31-2021.pdf. – Назва з екрана.

12. Кілік І. Аналіз енергоефективності птахофабрик в регіоні Бурса. Туреччина. 2014.

13. Фідарос Д., Кітас С. Енергоспоживання та енергозберігаючі заходи в птахофабриках Польщі. 2017.

14. Енергетичний аудит: Навчальний посібник / О.І. Соловей, В.П. Розен, Ю.Г. Лега, О.О. Ситник А.В. Чернявський, Г.В. Курбаса. –Черкаси, 2005.

15. Коцар О.В., Автоматизовані системи контролю, обліку та управління енерговикористанням. 2017.

16. Гече Ф.Е., ОЮ Мулеса О.Ю., Гриненко В.В Знаходження найвпливовіших факторних ознак при побудові лінійних регресійних моделей, 2019.

17. Праховник А.В., Коцарь О.В., Прокопець В.І. Сучасні принципи побудови АСКОЕ суб'єктів ОРЕ та АСКОЕ споживачів в умовах енергоринку України, 2006.

18. Волошко А.В. Методи і засоби інформаційного забезпечення підприємств, 2004.

19. Корчемний М. Енергозбереження в агропромисловому комплексі / Корчемний М., Федорейко В., Щербань В. - Тернопіль : Підручники і посібники, 2001. - 984с.

20. Програма послідовного впровадження АСКОЕ в ОРЕ України //Затв. Радою ОРЕ, протокол від 25.11.2005.

21. ДСТУ ISO 50002:2016 Енергетичні аудити. Вимоги та настанови щодо їх проведення (ISO 50006:2014, IDT);

22. Закладний О.М., Праховник А.В., Соловей О.І. Енергозбереження засобами промислового електропривода. - К.: Кондор, 2005. - 408с.

23. Б. Х Драганов, В. В. Іщенко, О. В. Шеліманова. Експлуатація тепло-енергетичних установок і систем. К.: Аграрна освіта. 2009. - 230 с.

24. ДСТУ ISO 14051:2015 Екологічне управління. Обліковування витрат, пов'язаних із матеріальними потоками. Загальні принципи та структура (ISO 14051:2011, IDT)

25. Керівництво з впровадження системи енергетичного менеджменту відповідно до вимог міжнародного стандарту ISO 50001:2018 / О. Бориченко, Є. Іншеков, П. Пертко, О. Соловей, А. Чернявський.// Під редакцією Є. Іншекова та А. Чернявського. – UNIDO: Проєкт UNIDO-GEF UKR-IEE. 2021.

26. Енергозбереження. Посібник для загальноосвітньої школи, Львів: Праховник А.В., Мельникова О.В., Конеченков А.Є., Іншеков Є.М., Дешко В.І. / Політра Друку, 2003, - 92 с.

27. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. Режим доступу: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://kubg.edu.ua/images/stories/podii/2017/06_21_posylannia/dstu_8302.pdf. – Назва з екрана.

28. Находов В. Ф. Контроль ефективності енерговикористання в системі енергетичного менеджменту / В. Ф. Находов, О. В. Бориченко, Д. О. Іванько // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. - 2013. - № 6. - С. 67-77.

29. Находов В. Ф. Вибір математичної моделі для встановлення "стандартів" енергоспоживання виробничих об'єктів на основі багатокритеріального підходу / В. Ф. Находов, О. В. Бориченко, Д. О. Іванько // Наукові вісті Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". - 2014. - № 1. - С. 20-28.

30. Кабінет міністрів України, постанова від 15 липня 1997 «Про порядок нормування питомих витрат паливно-енергетичних ресурсів у суспільному виробництві». Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/786-97-%D0%BF#Text>. – Назва з екрана.

31. Державний комітет з енергозбереження, наказ від 22.10.2002 «Про затвердження Основних методичних положень з нормування питомих витрат паливно-енергетичних ресурсів у суспільному виробництві». Режим доступу: <https://ips.ligazakon.net/document/REG7166>. – Назва з екрана.

32. Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки Структура і правила оформлення ДСТУ 3008-2015. Режим доступу: https://science.kname.edu.ua/images/dok/derzhstandart_3008_2015.pdf. – Назва з екрана.

33. Електробезпека: Підручник / С. В. Панченко, О. І. Акімов, М. М. Бабаєв та ін. – Харків: УкрДУЗТ, 2018. – 295 с.

34. Методичні рекомендації щодо виконання та оформлення кваліфікаційної роботи магістра / Т.Д.Гуцол, Л.М.Михайлова, І.Д.Гарасимчук, В.М.Дубік, О.В.Ткач, П.В.Потапський. (За загальною редакцією Михайлової Л. М.) – ПДАТУ, 2019. – 30 с.

35. Система дистанційного навчання Moodle 2.7. – «ЗВО «ПДУ»». Режим доступу: <http://pdatu.net.ua/>. – Назва з екрана.