

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

## ДИПЛОМНА РОБОТА

на тему:

### РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ БАГАТОРІВНЕВОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МОНІТОРИНГУ ЯК ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАСОБУ СИСТЕМИ ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНУ ФІЛІЇ «ПТАХОФАБРИКА «АВІС» ПРИВАТНОГО АКЦІОНЕРНОГО ТОВАРИСТВА «АГРОХОЛДІНГ АВАНГАРД»

**Виконав:**

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

\_\_\_\_\_ **Вадим АНТОНЮК**

**Керівник: канд. техн. наук, доцент**

\_\_\_\_\_ **Ігор ГАРАСИМЧУК**

**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»

кандидат технічних наук, доцент \_\_\_\_\_ **Олег ТКАЧ**

м. Кам'янець-Подільський, 2023р.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	12
РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ПТАХОФАБРИКИ ЯК СПОЖИВАЧА ПАЛИВНО ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ, СИСТЕМИ ЕНЕРГОМОНІТОРИНГУ ТА МЕТОДІВ ПОБУДОВИ БАЗОВИХ РІВНІВ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ.....	15
1.1 Побудова інформаційного образу птахофабрики як споживача енергоресурсів .....	15
1.1.1 Загальні відомості про птахофабрику .....	15
1.1.2 Опис технологічних процесів підприємства .....	18
1.1.3 Аналіз споживання енергоресурсів .....	20
1.1.4 Паливно-енергетичний баланс.....	23
1.2 Системи енергомоніторингу .....	26
1.2.1 Опис систем енергомоніторингу .....	26
1.2.2 Переваги системи енергомоніторингу .....	28
1.3 Огляд методів встановлення базових рівнів енергоспоживання та показників енергоефективності .....	29
1.3.1 Лінійна регресія.....	29
1.3.2 Нейронні мережі.....	30
1.3.3 Показники енергоефективності .....	32
1.4 Аналіз огорожуючих конструкцій пташників з позиції енергоефективності	
33	
1.4.1 Аналіз огорожуючих конструкцій пташників.....	33
1.4.2 Порівняння Українських пташників з іноземними.....	35

Висновки до розділу .....	36
РОЗДІЛ 2 МЕТОДОЛОГІЯ ВПРОВАДЖЕННЯ БАГАТОРІВНЕВОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОМОНІТОРИНГУ ТА ПОБУДОВИ БАЗОВИХ РІВНІВ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ.....	37
2.1 Структура та план впровадження багаторівневої системи енергомоніторингу .....	37
2.1.1 Структура системи енергомоніторингу та принципи її роботи.....	37
2.1.2 План впровадження системи енергетичного моніторингу .....	40
2.2 Вибір факторів, що впливають на енергоспоживання птахофабрик та встановлення базового рівня енергоспоживання.....	43
2.2.1 Визначення базового рівня енергоспоживання.....	43
2.2.2 Визначення чинників, що впливають на енергоспоживання.....	44
2.3 Методика побудови базових рівнів енергоспоживання за допомогою лінійної регресії.....	45
2.3.1 Обробка даних та методика.....	45
2.3.2 Результат аналізу .....	48
2.4 Методика побудови базових рівнів енергоспоживання за допомогою нейронних мереж.....	49
2.4.1 Алгоритм на навчання ШНМ.....	49
2.4.2 Рекурентні нейронні мережі.....	55
2.5 Розрахунок показників енергоефективності та недоліки існуючої системи нормування витрат .....	58
2.5.1 Методика розрахунку питомих витрат .....	58
2.5.2 Недоліки існуючої системи нормування витрат .....	59

Висновки до розділу: .....	61
РОЗДІЛ 3 СТВОРЕННЯ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ БАЗОВИХ РІВНІВ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ РІЗНИМИ МЕТОДАМИ ТА ЇХ ПОРІВНЯННЯ	62
3.1 Побудова базових рівнів енергоспоживання за допомогою регресії.....	62
3.2 Побудова базових рівнів за допомогою нейронних мереж .....	67
3.3 Порівняння роботи регресії та нейронної мережі.....	79
Висновки до розділу: .....	80
РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ «ВПРОВАДЖЕННЯ БАГАТОРІВНЕВОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОМОНІТОРИНГУ	3
ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ПОБУДОВИ БАЗОВИХ РІВНІВ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ».....	81
4.1 Опис ідеї проекту .....	81
4.2 Аналіз найбільших учасників ринку первинної реалізації курячого м'яса	83
4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту .....	85
4.4 Організація реалізації стартап проекту .....	87
Висновки до розділу .....	89
ВИСНОВОК.....	90
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	92

## ВСТУП

Мета магістерської роботи полягає в розробці комплексної системи енергетичного моніторингу з метою отримання надійних даних для оптимізації функціонування системи енергоменеджменту на птахофабриках. У сучасній українській промисловості лише обмежена кількість підприємств має ефективну систему комерційного обліку паливно-енергетичних ресурсів, а технічний облік застосовується рідко, хоча дані цих систем є необхідними для підвищення енергоефективності, особливо в контексті впровадження системи енергоменеджменту. Встановлення базових рівнів енергоспоживання є важливою складовою системи енергетичного менеджменту, оскільки якість цих рівнів впливає на оцінку енергоефективності підприємства та дозволяє краще оцінювати економію від заходів з енергоефективності. Система енергомоніторингу є базою для створення надійних математичних моделей базових рівнів енергоспоживання на підприємствах.

Основними задачами роботи є:

Створення візуального зображення птахофабрики як споживача енергоресурсів.

Порівняльний аналіз різних типів пташників, включаючи порівняння з українськими та зарубіжними аналогами.

Визначення базових рівнів енергоспоживання за допомогою лінійної регресії та моделювання на основі нейронних мереж.

Аналіз показників енергоефективності, виявлення їх недоліків у оцінці та розгляд методичних підходів до їх визначення.

Планування впровадження системи енергомоніторингу, у тому числі опис структури та концепції системи.

**Актуальність теми дослідження.** Швидкий розвиток енергетичної галузі в Україні та світі насуває питання енергоефективності та енергомоніторингу на передній план. Збільшення обмеженості ресурсів та зростання тарифів на енергію підштовхують підприємства до раціонального споживання. Один з перших кроків у досягненні енергоефективності - це глибоке розуміння енергетичних та технологічних процесів, що відбуваються на підприємствах. Багаторівнева система енергетичного моніторингу відповідає цьому завданню, спрямовуючи зусилля на визначення енергетичних потоків та постійний контроль за об'єктами моніторингу.

**Мета і задачі дослідження.** Створення комплексної системи

енергетичного моніторингу з використанням обробки даних засобами простих та рекурентних нейронних мереж.

**Об'єкт дослідження.** Моніторинг енергетичних процесів на птахофабриках, включаючи їх технологічні процеси та споживачі паливно-енергетичних ресурсів.

**Предмет дослідження.** Методи, інструменти та функціональні можливості багаторівневої системи енергетичного моніторингу, а також її структура та програмне забезпечення.

**Методи дослідження.** Основу науково-методичної роботи формують методи математичного моделювання, включаючи багатofакторну лінійну регресію та алгоритми глибокого навчання..

**Наукова новизна** отриманих результатів полягає у використанні простих та рекурентних нейронних мереж для створення базових рівнів енергоефективності та прогнозування попиту на паливно-енергетичні ресурси.

**Практичне значення** полягає в розробці структури та схеми впровадження багаторівневої системи енергомоніторингу з використанням алгоритмів нейронних мереж для застосування на птахофабриках.

## ВИСНОВОК

У роботі розглянуто практичне та теоретичне розв'язання завдання впровадження багаторівневої системи енергетичного моніторингу. Для прогнозування попиту на енергетичні ресурси та побудови базових рівнів енергоспоживання використано модель, засновану на простих та рекурентних нейронних мережах.

Основні результати та висновки роботи такі:

1. Показано, що українські птахофабрики мають низький рівень енергетичної ефективності порівняно з закордонними аналогами. Це пов'язано з застарілістю обладнання, відсутністю контролю над енергоспоживанням, поганим станом огорожуючих конструкцій пташників та застосуванням неефективних методик розрахунку питомих витрат енергії.

2. Розроблена структура багаторівневої системи енергетичного моніторингу, яка відрізняється від аналогів тим, що збирає не лише енергетичні, а й неенергетичні дані об'єктів моніторингу. Ці дані використовуються як фактори, що впливають на енергоспоживання при прогнозуванні попиту на енергію та встановленні базових рівнів енергоспоживання.

3. Розроблено стартап-проект "Впровадження багаторівневої системи енергомоніторингу для побудови базових рівнів енергоспоживання". Проведено аналіз його потенційних споживачів та ринкових можливостей. План реалізації проекту передбачає організацію реалізації протягом 12 місяців, але точна вартість важко оцінюється, оскільки система має встановлюватися індивідуально для кожного підприємства.

## 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](https://zinref.ru/000_uchebniki/02550_kotli/009_00_00_kotli_teh_harakteristiki/013.html) (дата звернення 04.11.2021).
2. Правила улаштування електроустановок: вид.3-є, перероб. І доп. Офіц. Вид. Київ : Міненерговугілля України, 2018.
3. РТМ 36.18.32.4-92 "Указания по расчёту электрических нагрузок". Москва 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 «Консультавання підприємств щодо енергоефективності» Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH за дорученням Федерального міністерства економічного співробітництва та розвитку Німеччини (BMZ), 2020.
11. ДБН В.2.6-31:2016 Теплова ізоляція будівель
12. Кілік І. Аналіз енергоефективності птахофабрик в регіоні Бурса, Туреччина, 2014.



13. Фідарос Д., Кітгас 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
18. Автоматизовані системи обліку електричної енергії. Структура, функції та види забезпечення. Функції керування і допоміжні функції
19. Праховник А.В., Коцарь О.В., Прокопець В.І. Сучасні принципи побудови АСКОЕ суб'єктів ОРЕ та АСКОЕ споживачів в умовах енергоринку України, 2006
20. Волошко А.В. Методи і засоби інформаційного забезпечення підприємств, 2004
21. Програма послідовного впровадження АСКОЕ в ОРЕ України //Затв. Радою ОРЕ, протокол від 25.11.2005.
22. ДСТУ ISO 50002:2016 Енергетичні аудити. Вимоги та настанови щодо їх проведення (ISO 50006:2014, IDT);
23. Купчак В.Р. Оцінки енергоефективності та резервів енергозбереження в промисловості регіонів, 2015
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. Гудфеллоу Ян., Бенджио Йошуа, Курвиль Аарон Глибоке навчання, 2018
27. Находов В.Ф., Головка А.В., Іванько Д.О. Вибір методів математичного моделювання процесів енергоспоживання в системах оперативного контролю енергоефективності, 2013
28. Кабінет міністрів України, постанова від 15 липня 1997 «Про порядок нормування питомих витрат паливно-енергетичних ресурсів у суспільному виробництві»
29. Державний комітет з енергозбереження, наказ від 22.10.2002 «Про затвердження Основних методичних положень з нормування питомих витрат паливно-енергетичних ресурсів у суспільному виробництві»
30. Звіт про результати дослідження загальнодержавного ринку м'яса курячого, Терентьєв Ю., 2018.