

Заклад вищої освіти „Подільський державний університет”
Факультет енергетики та інформаційних технологій
Кафедра [електротехніки, електромеханіки і електротехнологій](#)

ДИПЛОМНА РОБОТА

на тему:

«МОНІТОРИНГ РІВНЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТОВАРИСТВА З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «НАРКЕВИЦЬКИЙ ЦУКРОВИЙ ЗАВОД»

Виконав:

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

ТИМЧИК Олег Миколайович

Керівник канд. техн. наук, професор
МИХАЙЛОВА Людмила Миколаївна

Оцінка захисту:

Національна шкала _____

Кількість балів _____ Шкала ECTS _____

«___» _____ 2023 р.

Допускається до захисту:

«___» _____ 2023 р.

Гарант освітньо-професійної програми
«Енергетичний менеджмент» спеціальності
141 «Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка»
доктор с.г. наук, канд. техн. наук, доцент

Олег ТКАЧ

ЗМІСТ

ВСТУП	9
1 ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ МОНІТОРИНГУ РІВНЯ ДОСЯГНУТОЇ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ	12
1.1 Напрямки розвитку стандартів у сфері енергоефективності в Україні та світі.....	12
1.2 Базовий рівень енергоспоживання як інструмент моніторингу ефективності заходів з енергозбереження	21
1.3 Методи прогнозування енергоспоживання	20
1.4 Методи моніторингу рівня досягнутої енергоефективності на підприємстві.....	23
Висновки до розділу 1	26
2 ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ ПІДПРИЄМСТВА ЦУКРОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ	27
2.1 Аналіз технологій виробництва та обладнання підприємства...27	27
2.2 Дослідження споживання енергоресурсів підприємством .. 32	32
2.3 Аналіз та класифікація чинників для побудови математичної моделі енергоспоживання	37
2.4 Методологія процесу відбору чинників для побудови математичної моделі	39
2.5 Відбір чинників для встановлення базового рівня енергоспоживання цукрового підприємства	43
Висновки до розділу 2	45
3 МОНІТОРИНГ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА ЦУКРОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ.....	47
3.1 Попередній відбір чинників із використанням експертних методів	47
3.2 Оптимізація переліку чинників за їх значущістю для побудови якісних математичних моделей енергоспоживання	56

3.3 Розрахунок рівня впливовості чинників на споживання енергоресурсів методами аналізу багатовимірних даних	60
3.4 Оцінювання базового рівня енергоспоживання за допомогою встановлення довірчих інтервалів.....	66
3.5 Моніторинг рівня енергоефективності на основі графіку CUSUM	76
Висновки до розділу 3	82
4 СТАРТАП ПРОЕКТ «ВІДБІР ЧИННИКІВ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ БАЗОВОГО РІВНЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ПІДПРИЄМСТВА ЦУКРОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ».....	84
4.1 Опис ідеї проекту	84
4.2 Технологічний аудит стартап-проекту	85
4.3 Дослідження ринкових можливостей реалізації проекту	86
4.4 Розробка ринкової стратегії стартап-проекту	90
4.5 Побудова маркетингової програми стартап проекту	92
Висновки до розділу 4	97
ВИСНОВКИ.....	98
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	100

ВСТУП

У 2023 році промисловість України забезпечує близько 34,1% від загального обсягу виробництва продукції та послуг, вносить 20% до валової доданої вартості і має 14,9% від загальної кількості працездатного населення. Понад 30% загального обсягу енергії витрачається саме у промисловості, що робить її одним з найбільших споживачів енергетичних ресурсів в країні. Однак рівень ефективності використання енергії на виробництві залишається досить низьким. Це стає очевидним при порівнянні показника енергоемності ВВП, який у Україні перевищує середнє світове значення більше ніж удвічі. Порівняно з Європою, показник енергоемності в Україні перевищує його в 3-4 рази. Важко оцінити втрати державного бюджету через низький рівень енергоефективності.

Підвищення рівня енергоефективності допомагає зменшити витрати підприємств на виробництво і, отже, знижує собівартість продукції. Також впровадження систем і технологій з енергозбереження дозволить підвищити продуктивність і якість виробництва товарів. Всі ці заходи впливають на конкурентоспроможність підприємства як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринку.

Для оцінки доцільності впровадження різних заходів з енергозбереження необхідно розробити енергетичну політику підприємства, яка буде базуватися на функціонуванні систем енергетичного менеджменту та моніторингу споживання енергоресурсів.

Актуальність теми. У зв'язку з постійним підвищенням тарифів на енергоресурси та змінами в структурі енергетичного ринку України, великого значення набуває питання контролю за рівнем ефективності енергоспоживання. Нераціональне використання енергетичних ресурсів призводить до зниження якості та конкурентоспроможності продукції промислових підприємств. Одним з ефективних методів вирішення цієї проблеми є впровадження систем енергетичного менеджменту відповідно до міжнародного стандарту ISO 50006.

В цьому стандарті базові рівні енергоспоживання визначаються як один із ключових інструментів системи енергетичного менеджменту. Встановлення базового рівня енергоспоживання дозволяє планувати та проводити моніторинг енергоспоживання підприємства. Ця функція стає необхідною складовою

успішного бізнесу в умовах конкурентного ринку.

Метою дипломної роботи є покращення системи моніторингу рівня енергоефективності на цукровому заводі шляхом поетапного відбору факторів, встановлення довірчих інтервалів для базового рівня енергоспоживання та оцінки результатів впровадження заходів з енергоефективності.

Для досягнення зазначених цілей були вирішені такі завдання:

1. Проведено аналіз методів моніторингу досягнутої енергоефективності.
2. Здійснено енергетичне обстеження підприємства у цукровій промисловості.
3. Розроблено алгоритм поетапного відбору чинників, які впливають на енергоспоживання для встановлення базового рівня енергоспоживання (BRE).
4. Розроблено стартап-проект на основі отриманих досліджень.

Об'єктом дослідження є підприємство, що належить до цукрової галузі України.

Предметом дослідження У дослідженні використовувалися наступні методи та інструменти моніторингу енергоефективності підприємства:

Microsoft Word: Використовувався для створення текстових документів, наприклад, для опису результатів досліджень, формулювання висновків та рекомендацій.

Microsoft Excel: Внутрішні функції та пакет "Аналіз даних" в Excel використовувалися для обробки та аналізу зібраних даних, побудови графіків, статистичних розрахунків тощо.

Мова програмування C++ та середовище Visual Studio: Ймовірно, використовувалися для розробки програм або скриптів для автоматизації обробки даних або для реалізації спеціалізованих алгоритмів обчислень.

Програмне забезпечення Statistic: Це може бути статистичний пакет для проведення різноманітних аналізів даних, включаючи кореляційний аналіз, регресійний аналіз, аналіз варіації тощо.

Ці програмні засоби дозволили ефективно проводити аналіз та обробку отриманих даних, а також розробляти необхідні алгоритми та програми для

виконання конкретних завдань у дослідженні енергоефективності підприємства.

Методи дослідження. Методичною основою дисертаційного дослідження є комплекс загальнонаукових і спеціальних методів, використовуваних для:

Для встановлення базового рівня енергоспоживання (БРЕ) та розрахунку довірчих інтервалів можуть використовуватися наступні методи:

Методи математичного моделювання: Розробка математичних моделей для опису взаємозв'язків між різними факторами, що впливають на енергоспоживання, та їх використання для прогнозування енергетичних показників.

Методи математичної статистики: Використання статистичних методів для обробки та аналізу отриманих даних, включаючи побудову регресійних моделей, визначення довірчих інтервалів тощо.

Для відбору чинників для оцінювання БРЕ можуть бути використані наступні методи:

– Методи експертного опитування: Залучення експертів для ідентифікації та оцінки важливості різних чинників, які впливають на енергоспоживання на підприємстві.

– Методи оптимізації: Використання математичних методів оптимізації для відбору найбільш впливових чинників з метою мінімізації енергетичних витрат.

– Методи динамічного програмування: Використання алгоритмів динамічного програмування для визначення оптимальних стратегій управління енергоспоживанням.

– Методи аналізу багатовимірних даних: Використання методів аналізу багатовимірних даних для виявлення складних взаємозв'язків між різними чинниками та їх впливом на енергоспоживання.

Ці методи дозволяють систематично підходити до відбору та оцінювання чинників, що впливають на енергоспоживання підприємства, та встановлення базового рівня енергоспоживання.

Наукова новизна одержаних результатів. Удосконалені інструменти моніторингу рівня енергоефективності цукрового підприємства базуються на попередньому відборі чинників, що впливають на споживання енергоресурсів, встановленні довірчих інтервалів до базового рівня енергоспоживання (БРЕ) та процедурі оцінювання впроваджених заходів з енергоефективності.

Ці інструменти можуть включати:

Автоматизовані системи моніторингу: Розроблення спеціалізованих програмних засобів для збору, аналізу та візуалізації даних щодо енергоспоживання на підприємстві. Ці системи можуть автоматично відстежувати рівень споживання енергоресурсів і порівнювати його з попередніми періодами часу або з встановленими стандартами.

Індикатори енергоефективності: Встановлення конкретних метрик або показників, які вказують на рівень енергоефективності підприємства. Ці індикатори можуть бути використані для оцінки результатів впроваджених заходів з енергоефективності та для визначення потреб у подальшому удосконаленні системи управління енергоспоживанням.

Аналітичні методи: Використання методів математичної статистики та аналізу даних для встановлення довірчих інтервалів до BRE та оцінювання ефективності впроваджених заходів. Ці методи дозволяють об'єктивно оцінювати вплив заходів з енергоефективності на загальний рівень споживання енергоресурсів та економічну ефективність їх впровадження.

Ці удосконалені інструменти дозволять підприємству ефективніше контролювати та управляти своїми енергетичними ресурсами, що відобразиться на зниженні витрат та покращенні конкурентоспроможності.

Практичне значення роботи. Отримані результати можуть бути використані як у приватному, так і у державному секторі промисловості України для впровадження або удосконалення системи моніторингу рівня ефективності використання енергоресурсів на підприємствах. Використання програмного забезпечення, що було використане під час розрахунків у даній магістерській кваліфікаційній роботі, дозволить практично застосувати кілька систем моніторингу рівня ефективності використання енергії на виробничих об'єктах.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз нормативно-правової бази щодо енергозбереження та енергоменеджменту як в Україні, так і за кордоном. Також вивчено методи моніторингу ефективності споживання енергоресурсів. Оцінка базового рівня енергоефективності надає можливість оцінити рівень енергетичної ефективності як на виробничих об'єктах, так і для інших енергетичних систем. Побудова точних BRE дозволяє підприємству значно підвищити конкурентоспроможність випущеної продукції на ринку.

2. Для підприємства цукрової промисловості було визначено найсуттєвіші споживачі енергетичних ресурсів, проведено аналіз технологій виробництва продукції та обладнання підприємства. Також були відібрані чинники, які можуть впливати на енергоспоживання з метою їх подальшої обробки.

3. Попередній відбір чинників було здійснено за допомогою експертних методів, після чого проведено оптимізацію параметрів з урахуванням їх значущості для подальшого використання в системах обліку. Рівень впливу чинників на енергоспоживання був розрахований за допомогою методу головних компонент, що дозволяє виявляти найбільш впливові з них. Для кожного з енергоресурсів, що споживаються на підприємстві, було побудовано BRE з використанням довірчих інтервалів.

4. Виконано маркетингове дослідження стартап-проекту «Відбір чинників для оцінювання базового рівня енергоспоживання цукрового підприємства» з метою оцінки можливості його комерційного впровадження. Також проведено технологічний аудит стартап-проекту, аналіз ринкових можливостей реалізації проекту та побудована маркетингова програма проекту.

5. Удосконалено інструменти моніторингу рівня енергоефективності цукрового підприємства, що базуються на попередньому відборі чинників, які впливають на споживання енергоресурсів, на встановленні довірчих інтервалів до BRE та процедури

оцінювання впроваджених заходів з енергоефективності. В роботі використовувалися такі програмні засоби, як MS Excel для побудови графіків та розрахунків, мова програмування C++ та середовище VisualStudio для написання та налагодження коду, а також програмне забезпечення Statistica для статистичного аналізу та візуалізації даних.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Розен В.П., Чернявский А.В. Стандартизация, внедрение и функционирование системы энергетического менеджмента //Промелектро.– №2. – 2011. – С. 47-54.
2. ДСТУ ISO 50001:2014 Енергозбереження. Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанова щодо використання (ISO 50001:2011, IDT) –[Чинний від 16.09.2014]. – (Державний стандарт України).
3. ДСТУ ISO 50002:2016 Енергетичні аудити. Вимоги та настанова щодо їх проведення (ISO 50002:2014, IDT) – [Чинний від 01.09.2016]. - (Державний стандарт України).
4. ДСТУ ISO 50006:2016 Системи енергетичного менеджменту. Вимірювання рівня досягнутої енергоефективності з використанням базових рівнів енергоспоживання та показників енергоефективності. Загальні положення і настанова (ISO 50006:2014, IDT) – [Чинний від 01.09.2016]. –(Державний стандарт України).
5. Тихонов, Э. Е. Методы прогнозирования в условиях рынка : Учебное пособие / Э. Е. Тихонов. – Невинномысск, 2006 – 211 с.
6. Рожков Л.Н., Френкель А.А. Выбор оптимального параметра сглаживания в методе экспоненциального сглаживания. – Основные проблемы и задачи научного прогнозирования. – М.: Наука, 1972.- 154 с.
7. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс / С. Н. Хайкин. – 2-е изд. – М.:Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.
8. Усихин, В. Н. О нормировании и планировании электропотребления на промышленных предприятиях [Текст] / В.Н. Усихин // Промышленная энергетика. – 1997. - № 4. – С. 30 – 37.
9. Гнатюк, В.И. Прогнозирование электропотребления техноценоза классическим методом [Текст] / В. И. Гнатюк, С.Н. Гринкевич // Электрика. – 2006. - № 1. – С. 30-33.

10. Калан Р. Основные концепции нейронных сетей / Р. Калан. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. - № 8 . – С. 29 – 31.

11. Иванов, М.Н. Анализ роста курса акций с применением нейронных сетей / М.Н.Иванов // Нейрокомпьютеры и их применение: Труды VIII всероссийской конференции. – М.: ИПУ РАН, 2002. – С. 756 – 772.

12. Кендюхов А.В. Использование метода главных компонент для оценки конкурентоспособности машиностроительных предприятий [Электронный ресурс] / А.В. Кендюхов, Д.О. Толкачев // Маркетинг і менеджмент інновацій. - 2013. - № 4. - С. 219-225. Режим доступа: <http://mmi.fem.sumdu.edu.ua>.

13. Находов В.Ф., Бориченко О.В. Побудова електробалансів виробничо-господарських об'єктів на основі апарату нечіткої логіки та математики //Вісник НТУУ «КПІ». Серія «Гірництво». – 2009. – №15. – С.5-12.

14. Льюис, К. Д. Методи прогнозування економічних показників / К. Д. Льюис; перекл. з англ.: Е. З. Демиденко. - М.: Фінанси и статистика, 1986. -132 с.

15. Ибираимов Т. Б. Прогнозирование тенденций финансовых рынков с помощью нейронных сетей / Т. Б. Ибираимова // Нейрокомпьютеры и их применение: Труды VIII всероссийской конференции. – М.: ИПУ РАН, 2002. – С.745 – 755.

16. Гнатюк, В. И. Оценка адекватности работы динамической адаптивной модели электропотребления [Текст] / В. И. Гнатюк, С. Н. Гринкевич, Д. В. Луценко // Электрика. – 2006. - № 12. – С. 36 – 39.14.
Бараннік В.О. Ефективність енергоспоживання в державі як індикатор конкурентоспроможності. Міждержавні співставлення [Текст] / В.О. Бараннік // Научно-технический сборник. – 2008. – №88. – С.14-18.

17. Чазова Т.Ю. Управление энергопотреблением [Текст] / Т.Ю. Чазова, А.В. Чазов. – Екатеринбург: УГТУ, 2005. – 205 с.

18. Гнатюк В. И. Потенширование в методике управления электропотребления техноценоза / И. В. Гнатюк, В. И. Пантелеев, А. А. Заименко // Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies. - 2014. - № 1 (2014 7). - С. 116 - 124.

19. Степанов В.С. Система показателей для оценки эффективности использования энергии / В.С. Степанов, Т.Б. Степанова // Промышленная энергетика. – 2000. – №1. – С. 2–5.

20. Lee A. H.W. Verification of electrical energy savings for lighting retrofits using short- and long-term monitoring / A. H.W. Lee // Energy Conversion and Management – Vol. 41. – № 18. – 2000.— P. 1999–2008.

21. Методологічні положення з організації державних статистичних спостережень щодо використання палива та енергії// Державний комітет статистики України наказ 03.10.2011 N 250.

22. Kanako T. Assessment of energy efficiency performance measures in industry and their application for policy/ T. Kanako // Energy Policy 36. – 2008. — P. 2887– 2902.

23. Murray G Patterson What is energy efficiency? Concepts, indicators and methodological issues/ G Patterson Murray / Energy Policy. – Vol. 24. – № 5. – 1996. – P. 377-390.

24. Розен, В.П. Методологія бенчмаркінгу енергоефективності для промисловості України / Розен В.П., Тішкевич Б.Л., Розен П.В. // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит – НТУ "ХПИ". – 2012. – №6. — С.9-19.

25. Казаринов Л.С. Метод прогнозирования электропотребления промышленного предприятия / Л.С. Казаринов, Т.А. Барбасова, О.В. Колесникова, А.А. Захарова // Вестник ЮУрГУ. – 2014. – том 14. – № 1. — С. 5-13.

26. Шульга Ю.И. Проблемы нормирования энергопотребления и направления их решения / Ю.И. Шульга, В.Ф. Находов, Е.А. Глухонина

202 // Доклады международной научно-технической конференции «Энергоэффективность» – 2002. – С. 76-81

27. Троицкий-Марков Т.Е.. Методическое пособие для производственных малых и средних предприятий по вопросам повышения энергоэффективности / Т.Е. Марков, Д.В. Сенновский, В.И. Зуев, Д.В. Журова, 2010. -136 с.

28. Бешелев С. Экспертные оценки / С. Бешелев, Ф. Гурвич – М.: Наука, 1973. – 246 с.

29. Воронцов К.В. Лекции по методам оценивания и выбора моделей [Электронный ресурс] // Воронцов К.В. – 2010. – 28 с.

30. Павлов А. Н. Принятие решений в условиях нечеткой информации// А. Н. Павлов, Б. В. Соколов – ГУАП – СПб., 2006 – 72 с.

31. Іванько Д. О. Оперативний контроль енергоефективності виробничих систем на основі ймовірнісно-статистичного підходу [Текст]: автореф. дис. канд. техн. наук : 05.14.01 / Іванько Д.О. ; Нац. техн. ун-т України "Київ. політехн. ін-т ім. Ігоря Сікорського". - Київ, 2017. - 20 с.

32. Енергетична стратегія України на період до 2030 року [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://energetyka.com.ua/normatyvna-baza/385-energetichna-strategiya-ukrajini-na-period-do-2030-roku-vi-strategiya-rozvitku-naftogazovoji-promislovosti> (22.04.2015).

33. Бараннік В.О. Ефективність енергоспоживання в державі як індикатор конкурентоспроможності. Міждержавні співставлення [Текст] / В.О. Бараннік // Научно-технический сборник. – 2008. – №88. – С.14-18.

34. Находов В.Ф. Комплексний підхід до визначення складу чинників, що впливають на величину енергоспоживання при впровадженні систем оперативного контролю енергоефективності / В.Ф. Находов, О.В. Бориченко, Д.О. Іванько, І.О. Єгорова // Енергетика: економіка, технології, екологія. – 2014. – №2. – С. 68–77.

35. Канцедал, С.А. Конструювання й дослідження алгоритмів рішення задачі про рюкзак [Текст] / С. А. Канцедал, М. В. Костікова, І. В. Скрипіна // Автомобільний транспорт. Математика – 2015 р. – №36 – с. 154.
36. Топка, В.В. Многомерная задача о рюкзаке: эффективный метод решения и возможные приложения [Текст] / В.В. Топка // Труды ИСА РАН. Том 69 – 2019 г. – №2 – с. 54 – 64.
37. Esbensen К.Н. Multivariate Data Analysis – In Practice// К.Н. Esbensen – CAMO: NedleVollgate 8, Oslo Norway, 2002. – 587 p.
38. Боровиков В. STATISTICA: искусство анализа данных на компьютере / В. Боровиков – СПб.: Питер, 2003. — 688 с.
39. Находов В.Ф., Вибір математичної моделі для встановлення «стандартів» енергоспоживання виробничих об'єктів на основі багатокритеріального підходу / Бориченко О.В., Іванько Д.О. // Наукові вісті "КПІ Енергетика та нові енергогенеруючі технології", 2014 р.- 10 с.
40. Контроль ефективності енерговикористання в системі енергетичного менеджменту [Електронний ресурс] / – Режим доступу до ресурсу: <https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/1257-077.pdf>.
41. Таблица критических значений t-критерия Стьюдента [Електронний ресурс] // Математична статистика для психологів. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://statpsy.ru/t-student/t-test-tablica/>.
42. SWOT-аналіз – основа формування маркетингових стратегій підприємства : [навч. посіб.] ; під ред. д. е. н. проф., академіка АЕН України Л.В. Балабанової. – Донецьк : ДонДУЕТ, 2011. – 180 с.