

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

## ДИПЛОМНА РОБОТА

на тему:

**«МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ ТА КОНТРОЛЮ ЕФЕКТИВНОСТІ  
ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ У ТОВАРИСТВІ З  
ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «ОБОЛОНЬ АГРО»»**

**Виконав:**

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

**ІВАНОВ Олександр Васильович**

**Керівник канд. техн. наук, доцент**

**ДУМАНСЬКИЙ Олександр Васильович**

**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»  
докт. с-г. наук, канд. техн. наук, доцент

**Олег ТКАЧ**

м. Кам'янець-Подільський, 2023

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	9
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ТА ПІДХОДІВ ДО ОЦІНЮВАННЯ І КОНТРОЛЮ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ .....	11
1.1 Існуючі методи та підходи до оцінювання контролю ефективності споживання енергії .....	11
1.2 Оцінювання ефективності споживання енергії на основі побудови систем контролю і планування .....	18
1.3 Оцінювання рівня досягнутої енергоефективності з використанням базового рівня енергоспоживання та показників енергетичної ефективності	26
Висновки до розділу 1 .....	35
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИ ПРОГНОЗУВАННЯ ТА КОНТРОЛЮ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ .....	37
2.1 Огляд методів прогнозування обсягів споживання електроенергії виробничими об'єктами .....	37
2.2 Основні методи прогнозування часових рядів .....	39
2.3 ZP-аналіз .....	57
2.4 Методи контролю ефективності споживання електричної енергії .....	59
Висновок до розділу 2 .....	67
РОЗДІЛ 3 МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ ТА КОНТРОЛЮ ВСТАНОВЛЕНОГО РІВНЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ СОЛОДОВОГО ЦЕХУ ПІДПРИЄМСТВА З ВИРОБНИЦТВА АЛКОГОЛЬНИХ ТА БЕЗАЛКОГОЛЬНИХ НАПОЇВ	68
3.1 Енергетичний аналіз даних для оцінювання рівня енергоспоживання .....	68
3.2 Оцінювання і встановлення рівня енергоефективності з використанням базового рівня .....	71
3.3 Процедура контролю ефективності встановленого рівня ефективності енергоспоживання .....	95

Висновки до розділу 3.....	99
РОЗДІЛ 4 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ.....	100
4.1 Етапи розроблення стартап-проекту .....	100
4.2 Опис ідеї проекту та визначення загального напрямку використання.....	101
4.3 Аналіз ринкових можливостей реалізації стартап-проекту.....	103
4.4 Розробка стратегії ринкового впровадження проекту.....	110
Висновки до розділу 4.....	112
ВИСНОВКИ.....	113
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	114
ДОДАТКИ.....	117

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Для поліпшення економічного стану та розвитку енергетичної системи України, ключовим кроком є підвищення рівня енергозбереження та енергоефективності. Це передбачає застосування науково обґрунтованих методів управління використанням енергетичних ресурсів. Важливим споживачем електричної енергії є промисловий сектор, на якому значно впливає система енергоменеджменту. Оперативне керування ефективністю енерговикористання здійснюється через системи контролю та планування енергоспоживання, відомі як Monitoring and Targeting Systems, які використовуються на промислових підприємствах для оперативного контролю споживання електроенергії.

Вирішення завдань енергозбереження передбачає постійний контроль та оперативне управління на різних рівнях: державному, регіональному та галузевому. Оцінка рівня енергоефективності базується на різних методах прогнозування споживання електроенергії та показників енергоефективності, що дозволяє ефективно аналізувати та оцінювати стан енергозбереження конкретних об'єктів.

Наразі більшість підприємств використовують методи експертної оцінки, що полягають у прогнозуванні працівниками на основі простих арифметичних операцій, але це не завжди забезпечує високу точність прогнозу. Розвиток сучасних підходів до управління, зокрема, розвиток інформаційних технологій, вимагає більш точних методів прогнозування. Тому ефективним рішенням стає створення математичних моделей прогнозування, які б адекватно описували досліджуваний процес.

**Метою магістерської кваліфікаційної роботи** є розробка методів оцінювання та контролю ефективності використання енергії на підприємстві, що спеціалізується на виробництві алкогольних та безалкогольних напоїв.

- Для досягнення вказаної мети дослідження були вирішені наступні завдання:
- Проведено аналіз існуючих методів оцінювання та контролю обсягів споживання енергетичних ресурсів на підприємстві.

- Проведено аналіз статистичних методів і моделей прогнозування обсягів споживання електроенергії на підприємстві.
- Проведено аналіз факторів, які впливають на обсяги споживання електричної енергії.
- Застосовано та розглянуто можливості удосконалення існуючих методів прогнозування енергоспоживання.
- Визначено найбільш прийнятний метод прогнозування.
- Розроблено алгоритми для контролю ефективності енерговикористання та прогнозування енергоспоживання.

**Об’єктом дослідження** є процес аналізування, оцінювання та контролю обсягів споживання електричної енергії на підприємстві.

**Предметом дослідження** є методи та підходи до аналізування, оцінювання та контролю обсягів споживання електричної енергії на підприємстві.

**Методи дослідження.**

У роботі використовувалися теоретичні методи та експериментальні дослідження для наукового аналізу тенденцій зміни обсягів споживання електроенергії в залежності від впливу різних факторів, а також методи математичної статистики та статистичні вибірки. Основою методології кваліфікаційного дослідження стали методи прогнозування споживання електроенергії, зокрема регресійний аналіз та метод головних компонент.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає у розробці математичної моделі базового рівня енергоспоживання для карусельної сушарки солодового цеху, яка враховує загальні тенденції зміни обсягів споживання енергетичних ресурсів. Ця модель відрізняється від класичного методу регресійного аналізу, оскільки базується на застосуванні методу головних компонент.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Для управління ефективністю використання електроенергії на підприємстві з виробництва алкогольних та безалкогольних напоїв зазвичай використовуються системи контролю та планування. Згідно з чинним національним стандартом України ДСТУ ISO 50006:2016 для оцінки рівня досягнутої енергоефективності використовуються показники енергоефективності. Для порівняння значень енергоефективності протягом тривалого періоду часу і кількісного оцінювання змін в рівні досягнутої енергоефективності застосовується базовий рівень енергоспоживання, часто з використанням регресійного аналізу.

2. Покращення системи управління споживанням електроенергії сприятиме підвищенню ефективності її використання на підприємстві з виробництва алкогольних та безалкогольних напоїв. Існує потреба вдосконалення методів аналізу, оцінювання та управління процесами споживання електроенергії з метою зменшення рівня нераціонального використання електроенергії.

3. Для вирішення цих завдань обрано методи регресійного аналізу та метод головних компонент. Карусельна сушарка солодового цеху підприємства взята як об'єкт дослідження. Аналіз внутрішніх виробничих чинників, як показав дослідження, підтвердив наявність значної кількості чинників, що впливають на електроспоживання об'єкта дослідження.

4. Розроблено метод прогнозування обсягів споживання електроенергії на підприємстві на основі методу головних компонент. Цей метод дозволяє оцінити рівень досягнутої енергоефективності та забезпечує інформацію щодо прогнозу подальшого споживання електричної енергії на промисловому підприємстві. Запропоновано стартап-проект, метою якого є створення компанії, що надає послуги з аналізу та контролю ефективності споживання електроенергії на промислових підприємствах з метою підвищення рівня енергоефективності.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. 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).
2. 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).
3. Кендюхов А.В. Использование метода главных компонент для оценки конкурентоспособности машиностроительных предприятий [Електронний ресурс] / А.В. Кендюхов, Д.О. Толкачѳв // Маркетинг і менеджмент інновацій. - 2013. - № 4. - С. 219-225. Режим доступу: <http://mmi.fem.sumdu.edu.ua>.
4. Комяков А.А. Применение метода главных компонент для формирования математической модели процесса электропотребления на железнодорожном транспорте / А.А. Комяков // Машиностроение: сетевой электронный журнал. - 2016. - № 3. - С. 27-31.
5. Principal Component Analysis (PCA) and Partial Least Squares (PLS) Technical Notes / [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://documentation.statsoft.com>.
6. Кузнецов В.Г. Прогнозирование месячных расходов электроэнергии электрифицированных участков на основе метода выделения главных компонент ряда / В.Г. Кузнецов // Вісник приазовського державного технічного університету. - 2013. - Вип. 26. - С. 216-220.
7. Постанова Кабінету Міністрів України «Загальне положення про порядок нормування питомих витрат паливно-енергетичних ресурсів у суспільному виробництві» від 15.07.1997 р. № 786 (зі змінами та доповненнями, внесеними постановою Кабміну від 08.11.2006 р. № 1571) [Електронний ресурс]. – Офіційний веб-сайт Верховної Ради України. – Режим доступу : <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=786-97-%EF>.

8. Наказ Державного комітету з енергозбереження «Про затвердження Основних положень з нормування питомих витрат паливно-енергетичних ресурсів у суспільному виробництві» від 22.10.2002р. №112 (із змінами, внесеними згідно з наказу НАЕР від 15.06.2007р. № 92) [Електронний ресурс]. – Офіційний веб-сайт Верховної Ради України. – Режим доступу : <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=z0878-02>.
9. Степанов В.С. Система показателей для оценки эффективности использования энергии / В.С. Степанов, Т.Б. Степанова // Промышленная энергетика. – 2000. – №1. – С. 2–5.
10. Праховник А.В. Функционально-ориентированная оптимизация режимов электропотребления: дис. ... доктора техн. наук : 05.13.07 / Праховник Артур Вениаминович. – К.,1982. – 353 с.
11. Pooley John. Quick Start Guide to Energy Monitoring & Targeting (M&T) [Електронний ресурс] / John Pooley // Effective Energy Management Guide. – 2005. – Режим доступу : <http://www.oursouthwest.com/SusBus/susbus9/m&tguide.pdf>.
12. Материалы проекта «Усиление действий по подготовке энергоменеджеров в Украине» по программе TACIS № EUK 9701. – К. :IEE НТУУ «КП», 1999. – 156 с.
13. Никифоров Г. В. Анализ устойчивости регрессионных моделей электропотребления [Текст] / Г. В. Никифоров // Промышленная энергетика. – 1999. - № 12. – С. 18-20.
14. Кудрин Б. И. Методика обеспечения почасового прогнозирования электропотребления предприятий с учетом погодных факторов [Текст] / Б. И. Кудрин, А. В. Мозгалин // Вестник МЭИ. – 2007. - №2. – С. 105 – 108.
15. Гнатюк, В.И. Прогнозирование электропотребления техноценоза классическим методом [Текст] / В. И. Гнатюк, С.Н. Гринкевич // Электрика. – 2006. - № 1. – С. 30-33.
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.



17. Дзевенцкий А. Я. Многовариантное решение задач анализа, прогнозирования и нормирования электропотребления на промышленных предприятиях, выпускающих разнородную продукцию [Текст] / А. Я. Дзевенцкий, К. Х. Ибрагимов, Ф. А. Хашимов // Промышленная энергетика. – 2000. - № 5. – С.43 - 46.
18. Анчарова Т.В. Анализ и нормирование электропотребления предприятий средней и малой мощности с многономенклатурным производством [Текст] / Т.В. Анчарова, А. П. Пищур // Вестник МЭИ. – 2003. – №2 . - С.35– 40.
19. Воронов И.В. Использование нейронной сети для краткосрочного прогнозирования электропотребления промышленного предприятия [Текст] / И.В. Воронов, Е.А Политов, В.М. Ефременко // Вестник КузГТУ. – 2006. – № 6. – С. 71-73.
20. Курбацкий В. Г. Прогнозирование электрической нагрузки с использованием искусственных нейронных сетей [Текст] / В. Г. Курбацкий, Н. В. Томин // электрика. – 2006. - № 7. – С. 26 – 32.
21. 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.
22. Технічний звіт енергетичного обстеження (енергоаудиту) ЗАТ "Оболонь". - 2020.
23. Лисичкин В. А. Теория и практика прогностики / В.А. Лисичкин. – М.: Наука, 1972. – 223с.

