**Національний технічний університет України**

**«Київський політехнічний інститут ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

*Інститут енергозбереження та енергоменеджменту*\_\_\_

(назва факультету, інституту)

*Електропостачання*

(назва кафедри)

|  |  |
| --- | --- |
| "На правах рукопису"  УДК 620.91+ 621.31 | «До захисту допущено»  **Науковий керівник кафедри**  \_\_\_\_\_\_\_\_\_***С.П. Денисюк*** *\_*  (підпис) (ініціали, прізвище)  «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2017 р. |

**Магістерська дисертація**

зі спеціальності *8.05070108 «Енергетичний менеджмент»*

(код і назва спеціальності)

на тему: Керування енерговикористанням в ринкових умовах

Виконала: студентка VI курсу, групи OH –52м

Пахарєв Юрій Володимирович \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(прізвище, ім’я, по батькові) (підпис)

Науковий керівник к.т.н. , доц. Находов В.Ф. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Нормоконтроль *ас. Прокопенко І.Д.*

(вчена ступінь та звання, прізвище, ініціали) (підпис)

**Рецензент \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_**

(вчена ступінь та звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студентка \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(підпис)

Київ – 2017 року

**Національний технічний університет України**

**«Київський політехнічний інститут ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Факультет (інститут) *Інститут енергозбереження та енергоменеджменту*

(повна назва)

Кафедра *Електропостачання*

(повна назва)

Освітньо-кваліфікаційний рівень *«магістр»*

Напрям підготовки  *8.05070108*

Спеціальність  *«Енергетичний менеджмент»*

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Науковий керівник кафедри**

\_\_\_\_\_\_\_\_\_ ***С.П. Денисюк***

(підпис) (ініціали, прізвище)

«\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2017 р.

**ЗАВДАННЯ**

**на магістерську дисертацію студенту**

Пахарєв Юрій Володимирович

(прізвище, ім’я, по батькові)

1. Тема дисертації: Керування енерговикористанням в ринкових умовах

науковий керівник: к.т.н., доцент Находов В.Ф.

( прізвище, ім’я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від *«15» березня 2017 р. №1148-с*

2. Термін подання студентом дисертації «13» червня 2017 р.

3. Об’єкт дослідження: управління енерговикористанням підприємств в ринкових умовах.

4. Предмет дослідження: структурні елементи програм управління попитом з підвищення енергоефективності та управління навантаженням під час здійснення технологічних процесів та виконання операційної діяльності підприємствами роздрібної торгівлі на прикладі супермаркету.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: визначення суттєвих факторів впливу на базовий рівень енергоспоживання супермаркету для підвищення енергетичної ефективності та вирівнювання графіка електричного навантаження.

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу: ефект від управління на боці кінцевого споживача, діаграма Ісікави (Фішбоун), складові ТТП супермаркету, добове споживання електроенергії у супермаркеті «Сільпо», схема взаємозв’язку складових потенціалу енергозбереження в операціях і обладнанні ТТП, напрями підвищення ефективності енерговикористання у ТТП супермаркету.

7. Орієнтовний перелік публікацій: «Аналіз енерговикористання в операціях та обладнанні торгово-технологічного процесу на підприємствах» , « Аналіз розвитку відновлюваної енергетики в Україні / Стрелкова Г.Г.», «Сучасний стан розвитку відновлюваної енергетики України в сфері електрогенерації», «Регіональний розвиток відновлюваної енергетики в Україні».

8. Дата видачі завдання «7» березня 2017 р.

Календарний план

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № з/п | Назва етапів виконання  магістерської дисертації | Термін виконання етапів магістерської дисертації | Примітка |
| 1. | Аналіз енерговикористання та потенціалу енергозбереження в операціях та обладнанні ТТП на підприємствах торгівлі. | 7.03.2017 – 17.03.2017 |  |
| 2. | Збір та обробка відповідними методами фактичного, фактологічного та статистичного матеріалу щодо стану об’єкту дослідження. | 20.03.2017 – 30.03.2017 |  |
| 3. | Ознайомлення з іноземними та вітчизняними науково-інформаційними джерелами за спеціалі-зацією, обрання наукової проблематики та фор-мування бібліографії. | 04.04.2017 – 14.04.2017 |  |
| 4. | Аналіз методів прикладної статистики та їх застосування для побудови моделі енерговикористання ТТП | 05.05.2017 – 12.05.2017 |  |
| 5. | Розробка прикладу енергетичної моделі ТТП підприємств торгівлі та аналіз можливого потенціалу ефективності енерговикористання. | 15.05.2017 – 19.05.2017 |  |
| 6. | Оформлення магістерської дисертації | 22.05.2017 – 12.06.2017 |  |

Студент \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Ю.В.Пахарєв

(підпис) (ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ В.Ф.Находов

(підпис) (ініціали,прізвище)

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація має обсяг 103 сторінку, містить 16 ілюстрацій, 25 таблиць, 37 джерел за бібліографічним переліком посилань.

**Актуальність теми.** Сучасним підходом мінімізації енерговитрат на підприємствах роздрібної торгівлі, до яких відносяться супермаркети, є впровадження програм управління енерговикористанням на боці кінцевого споживача. Такий підхід включає дві складові: довгострокова програма з підвищення енергоефективності та короткострокові програми з управління попитом. Такий підхід дозволяє застосувати ринкові механізми в сфері енергозбереження та енергоефективності і базується на прогнозуванні електроспоживання шляхом аналізу історичної бази даних.Пpогнозування електpоcпоживання є одним із найважливіших завдань упpавління ефективним cпоживанням енеpгетичних pеcуpcів на підпpиємcтві. Вибіp ефективного методу пpогнозування дозволить забезпечити pаціональне cпоживання електpичної енеpгії об’єктами підпpиємcтв на пpогнозний пеpіод та підвищити якіcть упpавління cпоживанням електpичної енеpгії.

**Мета дослідження**. Зменшення базового рівня енергоспоживання та вирівнювання графіка електричного навантаження для системного скорочення енергетичних витрат, підвищення прибутковості та конкурентоспроможності підприємств роздрібної торгівлі.

**Завдання дослідження**. Впровадження програм управління попитом на підприємствах роздрібної торгівлі для підвищення ефективності енерговикористання, мінімізації енергетичних витрат та збільшення прибутковості підприємства.

**Об’єкт дослідження**. Управління енерговикористанням підприємств в ринкових умовах.

**Предмет дослідження.** Структурні елементи програм управління попитом з підвищення енергоефективності та управління навантаженням під час здійснення технологічних процесів та виконання операційної діяльності підприємствами роздрібної торгівлі на прикладі супермаркету.

**Методи дослідження.** За допомогою системного підходу було проведено структурно-логічний аналіз торговельного підприємства з метою підвищення ефективності його функціонування. Для поглибленого статистичного аналізу даних в розрахунках використовувалась програма-надбудова Microsoft Excel «Пакет аналізу».

**Обґрунтування наукової новизни.** Прибутковість та конкурентоспроможність підприємств роздрібної торгівлі, до яких відносяться супермаркети, залежить від рівня витрат обігу, умовно-змінною складовою яких є паливно-енергетичні витрати. Ці витрати пов’язані із здійсненням торговельної, комерційної та виробничої діяльності підприємства. Тому із зростанням тарифів на комунальні послуги, електроенергію та інші енергетичні ресурси ця складова буде суттєво збільшуватися, що впливатиме на прибутковість та конкурентоспроможність підприємства. Умовою системного скорочення енерговитрат та підвищення прибутковості супермаркетів є впровадження програм управління попитом, які охоплюють як технічні, управлінські й організаційні аспекти підвищення енергоефективності, так і ринкові інструменти управління графіками електричного навантаження підприємства. Проте, для зазначеного типу підприємств рівень поточних витрат, пов'язаний з обсягами споживання електричної енергії, теплової енергії та води, формується під впливом як зовнішніх, так і внутрішніх факторів (стан економіки країни; кон’юнктура ринків; інструменти державного регулювання; ефективність використання власних ресурсів підприємства тощо). Ця багатофакторність має

враховуватися при впровадженні програм управління попитом на підприємствах роздрібної торгівлі шляхом проведення системного аналізу ефективності управління енерговикористанням у технологічних процесах і операційній діяльності, визначення потенціалу і складових енергоефективності підприємства. Це впливатиме на вибір методів і моделей побудови короткострокових і довгострокових прогнозів попиту для управління графіками електричного навантаження.

**Практичне значення одержаних результатів**. Дослідження було проведено на підставі оброблення статистичної бази даних супермаркету «Сільпо», розташоване за адресою: м. Київ, вул. Леся Курбаса 15а. Результати будуть запропоновані керівницту супермаркета «Сільпо».

**Апробація результатів дисертації.**

1. Аналіз енерговикористання в операціях та обладнанні торгово-технологічного процесу на підприємствах торгівлі / Стрелкова Г.Г., Іщенко О.С. // Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку – PEMS’16: ІІІ Міжнар. наук.-практ. та навч.-метод. конф., 30.05-01.06.2016 р.: матеріали конф. – К.: НТУУ «КПІ», 2016.- С. 103-104.

2. Аналіз розвитку відновлюваної енергетики в Україні / Стрелкова Г.Г., Андрушков О.В., Іщенко О.С., Далібожак І.І. // Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку – PEMS’17: ІV Міжнар. наук.-практ. та навч.-метод. конф., 25.04-27.04.2017 р.: матеріали конф. – К.: НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського», 2017.- С. 118-119.

3. Сучасний стан розвитку відновлюваної енергетики України в сфері електрогенерації / Стрелкова Г.Г., Далібожак І.І., Андрушков О.В., Іщенко О.С., // Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку – PEMS’17: ІV Міжнар. наук.-практ. та навч.-метод. конф., 25.04-27.04.2017 р.: матеріали конф. – К.: НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського», 2017.- С. 120-121.

4. Регіональний розвиток відновлюваної енергетики в Україні / Стрелкова Г.Г., Іщенко О.С., Андрушков О.В., Далібожак І.І. // Енергетичний

менеджмент: стан та перспективи розвитку – PEMS’17: ІV Міжнар. наук.-практ. та навч.-метод. конф., 25.04-27.04.2017 р.: матеріали конф. – К.: НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського», 2017.- С. 122-124.

**Ключові слова:** енергоефективність, системний підхід, структурно-логічний аналіз, кореляційно-регресійний аналіз, торгівельне підприємство, супермаркет, управління попитом, реагування попиту, управління навантаженням, ринкові умови, довгострокові і короткострокові програми, аналіз ефективності, енергетична модель, база даних, картографічний веб-сервіс.

ABSTRACT

Master's thesis has a volume of 103 Page 4 and the application contains 16 illustrations, 25 tables, 37 bibliographic sources for references.

**Actuality of theme**. Current approaches to minimize energy consumption for retailers, which include supermarkets, is implementing programs Management were on the side of the end user. This approach includes two components: long-term program to improve energy efficiency and short-term demand management programs. This approach allows the use of market mechanisms in the energy saving and energy efficiency and power consumption based on the prediction by analyzing historical database danyh.Ppohnozuvannya elektpocpozhyvannya is one of the most important tasks uppavlinnya effective enephetychnyh Consumption pecupciv on pidppyyemctvi. Vybip effective method ppohnozuvannya will provide patsionalne Consumption elektpychnoyi enephiyi objects pidppyyemctv on ppohnoznyy period there and increase yakict uppavlinnya Consumption elektpychnoyi enephiyi.

**The aim of the study.** Reducing energy consumption baseline and alignment schedule for system electrical load reduction of energy costs, increase profitability and competitiveness of retailers.

**Objectives of the study.** Implementation of demand management programs retail establishments to improve energy efficiency, minimize energy costs and increase profitability.

**Object of study.** Managing energy use in market conditions.

**Subject of study**. Structural elements of demand management programs to improve energy efficiency and load management during the processes and performance of operations by retailers for example supermarket.

**Research methods.** Using a systematic approach was conducted structural and logical analysis of commercial enterprise in order to improve its efficiency. For in-depth statistical analysis of the data used in the calculation of add-in program Microsoft Excel «Packet Analysis".

**Justification scientific innovation.** Profitability and competitiveness of retailers, which include supermarkets, depends on the costs, semi-variable component which is the fuel and energy costs. The costs associated with the implementation of the trade, commercial and production activity. Therefore, with the increase in utility tariffs, electricity and other energy resources, this component will significantly increase, which will affect the profitability and competitiveness. The condition of the system reduce energy consumption and increase profitability supermarkets are implementing demand management programs, covering both technical, managerial and organizational aspects of energy efficiency and management markets electric load schedules enterprise. However, for this type of enterprises level operating costs associated with the volume of electricity consumption, heat and water, is influenced by both external and internal factors (state of the economy, market conditions, government regulation tools, efficiency Private enterprise resources, etc.). This is bahatofaktornist considered when implementing demand management programs for retail trade through a systematic analysis of the efficiency of energy use in managing manufacturing processes and operations, and determine the potential of energy efficiency components. This will influence the choice of methods and models of construction and long-term demand forecasts to manage schedules electrical load.

**The practical significance of the results.** The study was conducted on the basis of statistical processing database supermarket "Silpо", located at:. Kyiv, str. Kurbas 15a. Results will be offered kerivnytstu supermarket "Silpо".

**Testing Results thesis.**

1. Analysis of energy operations and equipment, commercial and technological process in trade / Strelkova G.G., Ishchenko O.S. // Energy Management: Status and Prospects - PEMS'16: Third International. nauk. and practical. and Teach method. Conf., 30.05-01.06.2016 g .: Proceedings of the conference. – K .: NTU "KPI", 2016.- P. 103-104.

2. Analysis of renewable energy in Ukraine / Strelkova G.G., Andrushkov O.V., Ishchenko O.S., Dalibozhak I.I .// Energy Management: Status and Prospects - PEMS'17: IV Intern. nauk. and practical. and Teach method. Conf., 25.04-27.04.2017 g .: Proceedings of the conference. - K .: NTU "KPI named Igor Sikorsky", 2017.- P. 118-119.

3. Current status of renewable energy power generation in the area of ​​Ukraine / Strelkova G.G., Dalibozhak I.I., Andrushkov O.V., O.S. Ishchenko, // Energy Management: Status and Prospects - PEMS'17: IV Intern. nauk. and practical. and Teach method. Conf., 25.04-27.04.2017 g .: Proceedings of the conference. - K .: NTU "KPI named Igor Sikorsky", 2017.- P. 120-121.

4. Regional development of renewable energy in Ukraine / Strelkova G.G., Ishchenko O.S., Andrushkov O.V., Dalibozhak I.I. // Energy Management: Status and Prospects - PEMS'17: IV Intern. nauk. and practical. and Teach method. Conf., 25.04-27.04.2017 g .: Proceedings of the conference. - K .: NTU "KPI named Igor Sikorsky", 2017.- P. 122-124.

**Keywords:** energy efficiency, system approach, structural and logical analysis, correlation and regression analysis, commercial enterprise, supermarket, demand management, response demand load management, market conditions, long-term and short-term programs, efficiency analysis, energy model, database, mapping web service.

**ЗМІСТ**

[ВСТУП 13](#_Toc485721294)

[1.ІСНУЮЧІ В УКРАЇНІ ПІДХОДИ ДО ОЦІНКИ ТА КОНТРОЛЮЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯ 19](#_Toc485721295)

[1.1 Необхідність кількісної оцінки та контролю ефективності енерговикористання в Україні 19](#_Toc485721296)

[1.2 Показники ефективності використання електричної енергії 23](#_Toc485721297)

[1.3 Реалізація державної політики у сфері ефективного використання паливно-енергетичних ресурсів 25](#_Toc485721298)

[1.4 Методичні основи оцінки та контролю ефективності використання ПЕР в Україні 29](#_Toc485721299)

[1.5 Основні недоліки діючих в Україні методик встановлення норм питомої витрати електричної енергії 31](#_Toc485721300)

[1.6 Методичні засади нормування питомих витрат електроенергії на підприємствах теплоенергетики 34](#_Toc485721301)

[Висновки до розділу 41](#_Toc485721302)

[2. УДОСКОНАЛЕННЯ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ ВИТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА ВИРОБНИЦТВО ТА ТРАНСПОРТУВАННЯ ТЕПЛА 42](#_Toc485721303)

[2.1 Загальні положення проведення розрахунку нормативних витрат електроенергії на виробництво і транспортування тепла 42](#_Toc485721304)

[2.2 Методичні основи створення спеціального програмного продукту для розрахунку нормативних витрат електроенергії на виробництво і транспортування тепла 46](#_Toc485721305)

[2.3 Можливий підхід до вирішення існуючої проблеми 48](#_Toc485721306)

[2.4.Підхід до вирішення поставленої задачі через використання прототипу програмного продукту для розрахунку витрат електричної енергії ймовірнісно-статистичним методом на прикладі котельної 49](#_Toc485721307)

[2.5 Загальний алгоритм побудови електробалансів котельних на основі ймовірнісно-статистичного підходу із застосуванням методів програмування 58](#_Toc485721308)

[2.6 Необхідність розробки та використання спеціального програмного продукту для проведення розрахунку витратної частини підприємства з використання ймовірнісно-статистичного методу 69](#_Toc485721309)

[2.7 Створення алгоритму програмного продукту для розрахунку витратної частини балансу електричної енергії на виробничому об’єкті 71](#_Toc485721310)

[Висновки до розділу 87](#_Toc485721311)

[3. ПРИКЛАД ВИКОРИСТАННЯ РОЗРОБЛЕНОГО ПРОТОТИПУ ПРОГРАМНОГО ПРОДУКТУ, ПОБУДОВАНОГО НА БАЗІ ЙМОВІРНІСНО-СТАТИСТИЧНОГО ПІДХОДУ 88](#_Toc485721312)

[3.1 Побудова електробалансу котельної, використовуючи розроблений прототип програмного продукту для розрахунку витратної частини електричного балансу. 88](#_Toc485721313)

[3.2 Використання розробленого алгоритму для створення методичних вказівок з інтерактивною складовою 103](#_Toc485721314)

[Висновки по розділу 105](#_Toc485721315)

[4 СТАРТАП ПРОЕКТ « ENERGY BALANCE DESKTOP SOFTWARE» 106](#_Toc485721316)

[4.1 Опис ідеї проекту 106](#_Toc485721317)

[4.2 Технологічний аудит ідеї проекту 108](#_Toc485721318)

[4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту 108](#_Toc485721319)

[4.4 Розробка ринкової стратегії проекту 114](#_Toc485721320)

[4.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту 116](#_Toc485721321)

[Висновки до розділу 120](#_Toc485721322)

# ВСТУП

**Актуальність теми.** В умовах недостатнього забезпечення власними паливно-енергетичними ресурсами, систематичного зростання цін на вітчизняні та імпортовані енергоресурси, для України все більш нагальною стає необхідність практичного вирішення задач енергозбереження в усіх ланках національної економіки. Цілеспрямована діяльність у сфері енергозбереження потребує постійного управління на державному, регіональному та галузевому рівнях.

Наявність доступних і зручних для використання джерел енергії є найважливішим чинником розвитку економіки. Кожному рівню соціально-економічного розвитку відповідає своя структура енергоспоживання, яка зазвичай прямує до оптимальної. Перехід до наступного ступеня можливий тільки на основі нової технічної бази й, як правило, супроводжується значним зростанням енергоспоживання.

Енергетична інфраструктура світового господарства, що сформувалася протягом останніх десятиліть, базується, головним чином, на використанні вичерпних паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР). Застосування альтернативних – обмежено високими витратами та вимагає створення принципово нової інфраструктури господарства й тому навряд чи стане визначальним у недалекому майбутньому. Нові види енергії, що «вписуються» у задану систему енергопостачання, поки не знайдені. Саме обмеженість ПЕР являє загрозу економічному розвитку країни.

Отже, в умовах обмеженості ПЕР, особливо при енергетичній структурі світової економіки, що склалася, питання більш раціонального й ощадливого використання енергії є досить актуальним для всіх без винятку національних економік.

Низька ефективність використання енергоресурсів в Україні є наслідком відсутності реальної державної політики енергозбереження в адміністративно-командній економіці, яка склалася ще за радянських часів. Починаючи з 1994 р. вводилися певні вимоги до діяльності суб'єктів господарювання, спрямовані на енергозбереження, відбувалися інституційні перетворення, активізувалася законодавча діяльність у даній сфері, але підвищення ефективності використання ПЕР все-таки не відбулося. Причиною ситуації, що склалася, у значній мірі, є відсутність злагоджених державних механізмів управління енергозбереженням, які забезпечують узгодження інтересів усіх суб'єктів державної енергозберігаючої політики.

Перехід до активної державної політики енергозбереження, яка буде підкріплена діючими державними механізмами управління енергозбереженням, є актуальним завданням, рішення якого забезпечить значні економічні переваги, як для України в цілому, так і для суб'єктів господарювання: зростання загальної ефективності функціонування економіки, поліпшення її структури, підвищення конкурентоспроможності продукції на світових ринках, зниження екологічного навантаження на навколишнє природне середовище, більш комфортні умови для проживання людей.

Критичний рівень залежності економіки від зарубіжних поставок енергоресурсів в умовах зростання цін на них на світовому ринку загрожує національній безпеці. За оцінками фахівців, енерговитрати на виробництво одиниці продукції в Україні в кілька разів перевищують аналогічні показники розвинутих країн.

Очевидно, що цілеспрямована діяльність у сфері енергозбереження потребує постійного (в тому числі і оперативного) управління як на державному, регіональному чи галузевому рівні, так і на рівні підприємств та організацій, їх підрозділів і навіть окремих енергоємних технологічних процесів чи установок. Однією з важливих складових процесу такого управління є здійснення систематичного контролю ефективності використання палива та енергії.

Сутність функції контролю ефективності енерговикористання обов’язково передбачає необхідність визначення як фактичних показників енергоефективності відповідних об’єктів, так і деяких їх «еталонних» або «нормативних» значень.

Саме встановлення такого „еталону” чи «нормативу», з яким можна було б порівнювати фактичні значення відповідних показників, являє собою найбільшу проблему, що виникає при вирішенні задачі контролю та аналізу ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів. Цей „еталон” повинен бути „індивідуальним”, тобто він має встановлюватись окремо для кожного об'єкту і відповідати конкретним параметрам обладнання, технологічного процесу, умовам виробництва тощо. Тільки за виконання такої умови можна стверджувати, що оцінка рівня ефективності використання палива чи енергії на будь-якому технологічному чи виробничому об’єкті буде достатньо обґрунтованою та об’єктивною.

Загальновідомо, що при застосуванні для вирішення цієї задачі показників питомої витрати паливно-енергетичних ресурсів у якості такого „еталону” здебільшого використовуються так звані норми питомої витрати палива та енергії, які повинні встановлюватись як для технологічних, так і для виробничо-господарських об’єктів. Зокрема, в Україні методологічною основою контролю та аналізу ефективності використання ПЕР традиційно була і є система нормування питомих витрат палива та енергії на виробництво продукції, виконання робіт чи надання послуг.

Така система застосовувалась в нашій державі протягом багатьох десятиліть, починаючи ще з часів колишнього СРСР, і використовується до цього часу. Ставлення до цієї системи серед фахівців дуже різне: від повного неприйняття до цілковитого схвалення. Однак при цьому беззаперечним фактом є те, що необхідність здійснення систематичного контролю ефективності енерговикористання навряд чи відпаде найближчим часом, і що єдиним реальним „інструментом” для систематичного здійснення такого контролю та аналізу на сьогоднішній день в нашій державі є саме система нормування їх питомих витрат.

З іншого боку, не менш очевидним є й те, що якість вирішення задачі контролю ефективності використання палива та енергії на основі існуючої в Україні системи нормування їх питомих витрат здебільшого не можна вважати задовільною.

Про недосконалість цієї системи і необхідність її удосконалення та поступової заміни на інші, більш об’єктивні підходи та методи контролю енергоефективності вже було сказано і написано багато. Однак, перш ніж запропонувати певні напрямки подальшого розвитку методів контролю ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів, доцільно не тільки проаналізувати недоліки діючої зараз в Україні системи нормування питомих витрат ПЕР, але й дещо детальніше проаналізувати попередній досвід застосування та основні етапи створення системи нормування питомих витрат палива та енергії, що діяла у СРСР.

На об’єктах теплоенергетики контроль енергоефективності виконується недостатньо точно, що зумовлено не досконалою методикою знаходження витратної частини об’єктів, а при моніторингу, розрахункові дані не можна вважати достовірними через великий вплив невизначених параметрів на кінцевий результат.

**Метою роботи** є удосконалення існуючого порядку визначення нормативних витрат електричної енергії на виробництво тепла для практичного застосування та використання в навчальному процесі.

Задачі, які необхідно вирішити для досягнення зазначеної мети, базуються на невирішених проблемах діючої в Україні системи нормування питомих витрат енергоресурсів. Отже, основні завдання даної роботи є наступними:

1. Аналіз діючого Порядку визначення нормативних витрат електроенергії на підприємствах теплоенергетики (далі Порядок).

2. Використання існуючого методу побудови балансів використовуючи ймовірнісно-статистичний метод.

3. Використання методів побудови балансів ймовірнісно-статистичним методом та аналітично-розрахунковим для практичного розрахунку витратної частини балансу існуючого підприємства та створення прототипу програмного продукту на його основі.

4. Підготовка матеріалів для розробки методичних вказівок до виконання курсової роботи з дисципліни «Методи контролю енергоефективності» з інтерактивною складовою, для покращення засвоєння отриманих знань.

**Об’єктом дослідження** є процес контролю ефективності використання електричної енергії на котельних.

**Предметом дослідження** є методика розрахунку нормативних витрат

електроенергії та встановлення норм її питомої витрати на виробництво та

транспортування тепла.

**Методи дослідження.** При проведенні наукового дослідження використовувалось декілька методі наукового дослідження.

На першому етапі роботи, на основі теоретичного опрацювання наявних даних, було проаналізовано існуючу в Україні методику нормування питомих витрат електричної енергії для різних виробничо-господарських об’єктів. Зокрема, визначені основні недоліки Порядку розрахунку нормативних витрат електроенергії на виробництво і транспортування тепла, зроблено відповідні висновки, які стосуються вирішення поставленої перед нами проблеми.

На другому етапі роботи було застосовано розрахунково-аналітичний метод, що включає в себе розрахунок ймовірнісно-статистичим методом існуючих даних на котельних та побудови на цій базі комп’ютерної програми. За допомогою програмного забезпечення MS Excel було виконано розрахунок середніх споживаних потужностей для основного та допоміжного обладнання котельні. За допомогою серверної технології Node.js та мови програмування JavaScript була побудована автоматизована розрахункова система для методичних вказівок.

**Наукова новина одержаних результатів.** Узагальнено та удосконалено методику розрахунку нормативних витрат електроенергії та встановлення норм її питомої витрати на виробництво та транспортування тепла на котельних та створено на її базі прототип комп’ютерної програми для більш точного та швидкого розрахунку. Розроблено програму для спрощеного розрахунку витрати на виробництво та транспортування тепла на котельних для допомоги студентам у поглибленні знань отриманих при вивченні дисципліни: «Методи контролю ефективності енерговикористання».

**Практичне значення отриманих результатів.** Результати магістерської роботи можуть бути застосовані відповідними організаціями при розрахунках витрат електроенергії на котельних, використовуючи прототип програми, побудований на основі існуючих методів розрахунку витратної частини електробалансу.

Також одержані в роботі результати будуть застосовані для створення методичних вказівок до виконання курсової роботи з дисципліни: «Методи контролю ефективності енерговикористання» з інтерактивною перевіркою визначених студентами даних.

**Апробація результатів дисертації**

**Публікації**

За результатами наукових досліджень були зроблені наступні публікації:

# 1.ІСНУЮЧІ В УКРАЇНІ ПІДХОДИ ДО ОЦІНКИ ТА КОНТРОЛЮЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯ

## 1.1 Необхідність кількісної оцінки та контролю ефективності енерговикористання в Україні

Серед усіх питань, що гостро стали перед країною, питання енергоефективності підприємств є одним із найважливіших, зважаючи на економічну ситуацію та ситуацію національної безпеки. Через теперішній стан країни та обмеженість у ресурсах у порівнянні із попередніми роками, вирішення проблеми енергоємності підприємств та усунення недосконалостей має дуже важливе значення. Основними причинами низької ефективності енергетичної інфраструктури промислових підприємств є: значна фізична і моральна зношеність виробничих фондів і, як наслідок, висока аварійність обладнання; низький рівень моніторингу, контролю та регулювання споживання енергоресурсів; високий рівень втрат енергоресурсів при їх передачі та споживанні;обмеженість стимулів до зниження споживання енергоресурсів при відсутності приладів обліку та ін.

Економічне зростання України значно залежить від рівня забезпечення енергоносіями, потенціалу енергоефективності та рівнем їх використання у промисловості. Низька ефективність діяльності паливно-енергетичного комплексу (ПЕК) призвела до того, що в Україні енергоємність постійно зростає, що у свою чергу перевищує цей показник у зарубіжних країнах у 2-3 рази.

Сьогодні у ПЕК зношеність виробничих фондів становить понад 60%, а відношення річних інвестицій у розвиток енергетики становить близько 1% (при нормі 4-5%), що не дозволяє компенсувати зменшення виробничих потужностей. Для вирішення цієї проблеми в країні доцільно проводити активні енергозберігаючі заходи, дотримуватись головних вимог енерго- та ресурсозбереження, залучаючи різноманітні механізми, способи та засоби реалізації енергетичної політики України.

Ключовою умовою успішної реалізації таких заходів із енергозбереження є достатність фінансування ПЕК країни. За результатами «Рейтингу енергоефективності регіонів» Україна має щорічний потенціал енергоефективності національної економіки на рівні 11,8 млрд. євро, а загалом у країні він складає близько 52% від потенціалу країн ЄС.[AAA]

Спроби вирішення проблеми підвищення енергетичної ефективності в Україні робилися продовж досить значного періоду часу. Розроблено велику кількість нормативно-правових актів різного рівня (більше 250 актів), запропоновано безліч заходів, у тому числі і з врахуванням досвіду європейських країн. Україна долучилася до Договору про Енергетичне Співтовариство та до інших європейських ініціатив, де скорочення питомого споживання енергетичних ресурсів, є одним із найважливіших напрямів енергетичної політики.

Розроблено та прийнято велику кількість державних стандартів за різними напрямами (енергозбереження, нормування витрат і втрат, енергетичного маркування, енергоаудиту, енергоменеджменту, вторинних енергоресурсів тощо). Але результати діяльності у цьому напрямі є більш ніж скромними (енергоємність ВВП України залишається у 3-4 рази вищою ніж у європейських країнах).[AAA]

Важливим уточненням буде сформулювати що таке енергоефективність для коректного розуміння цього поняття, спираючись на наш та світовий досвід. Відповідно до Закону України«Про енергозбереження» використовується термін «енергоефективні продукція, технологія, обладнання», під яким розуміють продукцію або метод, засіб її виробництва, що забезпечують раціональне використання паливно-енергетичних ресурсів порівняно з іншими варіантами використання або виробництва продукції однакового споживчого рівня чи з аналогічними техніко-економічними показниками. Причому, раціональне використання ПЕР визначено як таке, що дозволяє досягати максимальної ефективності використання ПЕР при існуючому рівні розвитку техніки та технології з одночасним зниженням техногенного впливу на навколишнє природне середовище[ААА].

Відповідно до Закону Республіки Білорусь «Про енергозбереження» термін «показник енергоефективності» визначають як науково обґрунтовану абсолютну або питому величину споживання ПЕР (з урахуванням їх нормативних втрат) на виробництво одиниці продукції (роботи, послуги) будь-якого призначення, яка встановлена нормативними документами[ААА].

З точки зору Європейського союзу «Енергоефективність» є терміном, який широко використовується як засіб для вирішення різних завдань законодавчих (на національному та міжнародному рівні), а також виробничих-об'єктах. В першу чергу для:

* скорочення викидів вуглекислого газу (захист клімату)
* підвищення безпеки поставок енергоресурсів (за рахунок стійкого виробництва)
* скорочення витрат (поліпшення конкурентоспроможності бізнесу).

З першого погляду, енергетичну ефективність, як здається, просто зрозуміти. Однак, як правило, не визначається, де вона використовується, тому енергоефективність може означати різні речі в різний час і в різних. Відсутність ясності було описано як змінну, що призводить до неузгодженості та плутанини і де економія енергії повинна бути представлена в кількісному вираженні, відсутність адекватних визначень.

Ефективність використання енергії (і, навпаки, неефективність) в установках можна розглядати в двох напрямках, які можуть бути визначені як:

1. Вихід повертається для введення енергії. Це значення ніколи не може бути 100% точно визначеним через закони термодинаміки. Термодинамічні незворотності є основою неефективності, і включають в себе передачу енергії за рахунок теплопровідності, конвекції або випромінювання (теплові незворотності). Наприклад, передача тепла не відбувається тільки в потрібному напрямку, тобто до процесу, але також і через реактор або стінки печі і т.д. Однак, втрати можуть бути скорочені за допомогою різних методик.
2. Раціональне (або ефективне) використання енергії, як і коли це потрібно в оптимальних кількостях.

Неефективність (або неефективне використання) є результатом поганого узгодження попиту на енергію, в тому числі погане проектування, експлуатацію і технічне обслуговування працюючого обладнання, коли вони не потрібні, такі як освітлення, запуск процесів при більш високій температурі, ніж це необхідно, відсутність належного зберігання енергії і т.д.

Іншими словами, можна стверджувати, що однією з необхідних умов досягнення помітних практичних результатів енергозбереження є об’єктивне, обґрунтоване вирішення задачі кількісної оцінки, контролю та аналізу ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів для різних технологічних і виробничо-господарських об’єктів. Першочерговість цієї задачі підтверджується тим, що тільки на основі коректного її вирішення для всіх галузей і сфер суспільного виробництва можуть бути успішно вирішені практично всі інші, надзвичайно важливі зараз для України задачі управління енергозбереженням, зокрема такі, як[ААА]:

* створення і правильне застосування системи економічного стимулювання ефективного використання ПЕР, впровадження енергозберігаючого обладнання, технологій та заходів;
* коректне застосування штрафних санкцій за нераціональне, марнотратне
* створення і використання дієвого механізму залучення інвестицій у сферу енергозбереження;
* визначення потенціалу енергозбереження, економічної доцільності та пріоритетності здійснення енергозберігаючих проектів на окремих підприємствах, в галузях суспільного виробництва, в регіонах держави;
* здійснення моніторингу реально досягнутих результатів енергозбереження тощо.

## 1.2 Показники ефективності використання електричної енергії

Існують різні показники та фактори, спираючись на які можна досягти оцінки енергетичної ефективності. У більшості своїй ці показники класифіковані за наявності відповідних потреб, як технічні, економічні, соціальні тощо.

Ефективність використання енергії визначається як: «співвідношення між виходом продуктивності, послуг, товарів або енергії, та вхідною енергією». Ця кількість енергії, споживаної в розрахунку на одиницю продукції називається «питомие споживанням енергії» (SEC), і це визначення найбільш часто використовується в промисловості. У своїй простій формі, SEC може бути визначена як:

 (1.1)

SEC є розмірним числом і може бути використане для одиниць, які виробляють продукти, які вимірюються в одиницях маси. Для енергогенеруючих галузей промисловості (виробництва електроенергії, спалювання відходів) може бути більш розумним, визначити коефіцієнт енергетичної ефективності як значення рівне виробленій енергії. SEC може бути виражено як інші співвідношення, такі як енергія на м2, енергії витраченої на працівника і т.д.

Відповідно до нормативного документа «Номенклатура показників енергоефективності та порядку їхнього внесення у нормативну документацію» встановлено перелік понад 40 найменувань показників енергоефективності обладнання, технологічних процесів, продукції та послуг[ААА].

Маючи базу подібних величин, оцінка енергоефективності спрощується, завдяки тому що існує можливість оперувати даними, спираючись на еталонні значення та виходячи з цього приймати відповідні рішення щодо удосконалення існуючої ситуації на підприємстві.

Проте, такі показники не дають можливості отримати точність, яка необхідна при розрахунках. До того ж, деякі показники за своєю сутністю майже не відрізняються між собою. Також, в окремих випадках залишається незрозумілим, у чому полягають особливості їх розрахунку. Так, наприклад, важко зрозуміти чим відрізняються між собою за фізичним змістом такі показники як «коефіцієнт корисної дії» та «коефіцієнт корисного використання енергії», або «питома витрата електроенергії» та «електромісткість продукції»

Якщо виникає необхідність контролю ефективності на підприємстві то впливаючих факторів стає ще менше. Також, потрібно брати до уваги впливаючі нечіткі фактори, які важко відслідкувати та контролювати. Навіть встановлюючи норми питомих витрат на показники енергоспоживання, ці значення мають велику розбіжність, через велику кількість факторів, які неможливо відслідковувати.

Існують різні визначення терміну «норма питомої витрати паливно-енергетичних ресурсів». В роботі [ААА] відмічається, що такі визначення не відображають сучасного значення цього показника в плануванні, хоча норми розроблюються, а в деяких випадках навіть затверджуються в складі поточних та перспективних планів.

Цій вимозі відповідає визначення, яке приймається за основне: під «нормою питомої витрати енергії розуміють об'єктивно необхідну величину її споживання на виробництво одиниці продукції, або виконання одиниці роботи встановленої якості в конкретних, прогресивних умовах виробництва».

## 1.3 Реалізація державної політики у сфері ефективного використання паливно-енергетичних ресурсів

Концептуальні засади та принци реалізації державної політики були сформовані у 90-ті роки ХХ століття, в період трансформації політико-економічної системи України. Трансформація економічної системи держави призвела до стрімкого стрибка складової енергоресурсів у структурі витрат на виробництво промислової продукції та послуг, що відобразилось у зростанні енергоємності ВВП. [AAA]

На даний час в Україні вкрай важливим є коректне виконання функцій управління ефективністю енерговикористання на державному рівні.

Законом України «Про енергозбереження», частиною 2 статті 9, визначено, що державне управління у сфері енергозбереження здійснює Кабінет міністрів України та уповноважений Президентом України центральний орган виконавчої влади.

Як зазначено у статті 21 Закону, проведення державної експертизи з енергозбереження, тобто встановлення відповідності показників об’єктів експертизи, які характеризують використання паливно – енергетичних ресурсів (ПЕР) вимогам нормативно – правових актів та нормативно – технічних документів у сфері енергозбереження, є обов’язковим у процесі діяльності, пов’язаної з видобуванням, переробкою, транспортуванням, зберіганням, виробництвом та споживанням ПЕР.

Державна експертиза з енергозбереження проводиться органом виконавчої влади, який забезпечує реалізацію державної політики у сферах ефективного використання ПЕР, енергозбереження, відновлювальних джерел енергії та альтернативних видів палива (стаття 23 Закону).

Результативність державної експертизи з нормування залежить від належної реалізації 4-х стадій:

* Розрахунок норм питомих витрат ПЕР
* Державна експертиза норм питомих витрат ПЕР
* Погодження норм питомих витрат ПЕР
* Контроль за дотриманням затверджених норм

Згідно Постанови КМУ №786 від 15.07.1997, норми питомих витрат ПЕР повинні встановлюватися з урахуванням особливостей конкретного виробництва. Розрахунок норм проводиться на вимогу облдержадміністрацій, Мінпаливенерго. За розроблення та затвердження типових норм питомих витрат ПЕР у суспільному виробництві відповідає Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України (Держенергоефективності), відповідні міністерства та інші центральні органи виконавчої влади.

Постановою Кабінету Міністрів України від 15.07.1998 №1094 було затверджено Положення про державну експертизу з енергозбереження (далі – Положення). У додатку до положення визначений перелік об’єктів, які підлягають державній експертизі з енергозбереження. В тому числі (такими об’єктами є) міжгалузеві, галузеві та регіональні методики нормування та норм питомих витрат ПЕР у суспільному виробництві.

Наказом Державного комітету України з енергозбереження від 22.10.2002 №112, зареєстрованим у Міністерстві юстиції України 07.11.2002 за №878/7166, затверджено Основні положення з нормування питомих витрат ПЕР у суспільному виробництві (далі – Основні положення), в яких зазначено, що експертиза встановлених норм витрат ПЕР, контроль за їх наявністю та виконанням здійснюються Держенергоефективності України під час проведення перевірки стану обліку і використання ПЕР на підприємствах.

Метою такого контролю є :

* перевірка прогресивності норм;
* виконання приписів щодо порушень;
* виконання постанов про накладення штрафних санкцій;
* наповнення спеціального фонду на енергозберігаючі та енергоефективні заходи.

Згідно з указу президента від 30 травня 2008 року «Про стан реалізації державної політики щодо забезпечення ефективного використання паливно-енергетичних ресурсів» були прийняті наступні принципи:

1. включення енергоефективності до пріоритетних сфер, в яких здійснюється адаптація законодавства України до законодавства Європейського Союзу
2. безумовне виконання заходів, передбачених Указом Президента України від 28 лютого 2008 року № 174 «Про невідкладні заходи щодо забезпечення ефективного використання паливно-енергетичних ресурсів»
3. розроблення з урахуванням положень «acquis communautaire» (правової системи Європейського Союзу, яка означає «доробок спільноти») та внести на розгляд Верховної Ради України законопроекти щодо:

* запровадження менеджменту з енергозбереження (енергетичного менеджменту) та енергетичного аудиту, в якому передбачити, зокрема, проведення обов'язкового енергетичного аудиту суб'єктів природних монополій;
* стимулювання виготовлення (видобутку) та споживання альтернативних видів палива та виробництва енергії з нетрадиційних та поновлюваних джерел енергії, в якому передбачити, зокрема, запровадження тарифних та податкових механізмів;

1. розроблення та затвердження державних цільових програм з питань енергоефективності, зокрема щодо:

* підтримки населення під час реалізації ним енергозберігаючих заходів у житловому фонді;
* стимулювання енергоефективності в усіх сферах економіки України (транспорт, виробництво та постачання енергії, житлово-комунальне господарство, будівництво, промисловість тощо);
* стандартизація та розроблення технічних регламентів у сфері енергоефективності на 2009-2010 роки, в якій, зокрема, передбачити опрацювання переліку, прийняття та перегляд стандартів, технічних регламентів і кодексів усталеної практики для всіх сфер економіки;
* підвищення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів у бюджетній сфері на період до 2017 року (з урахуванням досвіду, набутого в результаті реалізації Указу Президента України від 16 червня 1999 року №662 «Про заходи щодо скорочення енергоспоживання бюджетними установами, організаціями та казенними підприємствами»);

1. затвердження положення про Державний фонд енергозбереження;
2. уточнення з урахуванням Концептуальних засад державної політики щодо забезпечення ефективного використання паливно-енергетичних ресурсів (енергоефективності) завдань та повноважень центральних і місцевих органів виконавчої влади у сфері реалізації державної політики щодо енергоефективності;
3. утворення державної системи моніторингу показників енергоефективності;
4. затвердження плану заходів з підвищення кваліфікації та перепідготовки працівників органів виконавчої влади та місцевого самоврядування за напрямом енергозбереження та енергоефективності;
5. затвердження плану організації робіт з формування енергетичного балансу (з урахуванням досвіду Міжнародного Енергетичного Агентства), передбачивши, зокрема, проведення моніторингу показників енергетичного балансу, створення інформаційних баз даних енергетичної статистики та бюджетне фінансування цих робіт; [AAA]

Не зважаючи на те що закон був ухвалений Радою Національної Безпеки і Оборони України, у законодавстві досі існують проблеми при виконанні поставлених цілей, які пов’язані з недосконалістю у нормативній сфері, недосконалістю аналітичної складової та інших проблем, які заважають коректному впровадженню поставлених задач.

## 1.4 Методичні основи оцінки та контролю ефективності використання ПЕР в Україні

Навіть у наш час підхід до контролю ефективності частково спирається на ті самі норми, що були розроблені та використовувались за часів радянської влади. На той час економічний стан держави суттєво відрізнявся від існуючого сьогодні, тому необхідні зміни стосовно оцінки та контролю ефективності використання ПЕР в Україні.

На даний момент розробка норм підприємствами передбачається вимогами Статті 20 Закону України «Про енергозбереження» та розробляється згідно «Загальних положень про порядок нормування питомих витрат паливно-енергетичних ресурсів у суспільному виробництві», затверджених постановою Кабінету Міністрів України від 15.07.1997 року № 786 «Про порядок нормування питомих витрат паливно-енергетичних ресурсів у суспільному виробництві» (зі змінами та доповненнями, внесеними постановою Кабміну № 841 від 03.08.2011 р.), а також наказу Державного комітету України з енергозбереження від 22.10.2002 р. № 112 «Основні методичні положення з нормування питомих витрат паливно-енергетичних ресурсів у суспільному виробництві».

Нормування споживання в загальному випадку розробляється підприємствами, яке потім затверджується керівництвом, спираючись на чинне законодавство.

Базова нормативна складова, яка встановлюється для всіх підприємств для контролю і нормування з боку держави – це, як правило, річні норми витрат електричної енергії, диференційовані за різними факторами (часом, процесами, об’єктами, агрегатами).

Наглядно можна показати схему класифікації норм питомої витрати електричної енергії на рисунку 1.1

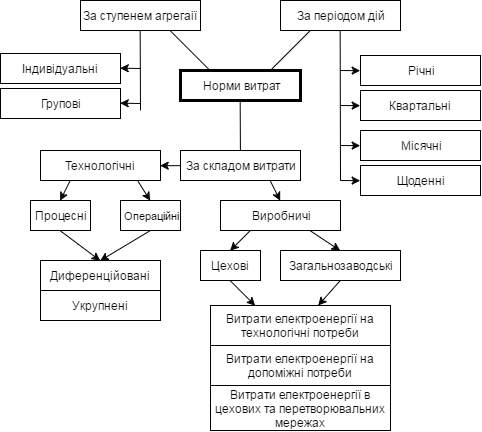


Рисунок 1.1 – Класифікація норм питомої витрати електроенергії

## 1.5 Основні недоліки діючих в Україні методик встановлення норм питомої витрати електричної енергії

Виходячи з досвіду нормування питомих витрат палива та енергії, яке

здійснювалось у СРСР а також результати нормування енергоспоживання,

які було одержано протягом останніх років в Україні, можна стверджувати, що діюча система нормування питомих витрат ПЕР є недосконалою і можна перерахувати низку суттєвих недоліків, що не дозволяють вважати встановленні норми достатньо ефективними та діючими.

Незважаючи на різноманітність видів норм витрати енергії, до всіх без винятку норм ставляться практично однакові вимоги. Основні з цих вимог свідчать, що норми питомої витрати енергій повинні:

* + бути технічно й економічно обґрунтованими;
  + розроблятися на єдиній методичній основі для всіх рівнів планування і для всієї номенклатури виробленої продукції, видів робіт, що виконуються в тій або іншій галузі;
  + враховувати конкретні умови виробництва, досягнення науково-технічного прогресу, а також плани організаційно-технічних заходів, спрямованих на підвищення ефективності використання енергії;
  + систематично переглядатися з урахуванням зміни техніки, технології та організації виробництва, технічного стану технологічного й енергетичного обладнання та інших чинників, що впливають на споживання енергії;
  + сприяти максимальній мобілізації внутрішніх резервів економії енергії, підвищення ефективності її використання.[AAA]

Спираючись на ці вимоги було розглянуто певну частину діючих в Україні методик встановлення норм питомих витрат електричної енергії, що застосовуються у різних галузях суспільного виробництва [ААА]. За результатами аналізу можна стверджувати, що більшість з них мають суттєві недоліків, які не дозволяють достатньо об’єктивно оцінювати ефективність використання електричної енергії у виробничій сфері.

Одним із недоліків діючих методик з нормування питомих витрат ПЕР є спроба одержати річний енергобаланс в цілому для підприємства, організації чи

установи. До того ж, поганий вплив має спроба прийняття значень як середніх. Внаслідок цього, енергобаланс буде характеризувати не прогресивний, а реально досягнутий на підприємстві рівень ефективності, що виключає можливість планування витрат ПЕР, вказує на нераціональне використання палива та не дозволяє зробити порівняння з нормативними показниками. Таким чином, в діючих методиках встановлення питомих витрат ПЕР не міститься процесу нормування енергоспоживання.

Ще одна проблема полягає в тому, що розрахунок ведеться за формулами, наведеними у загальному вигляді, які не завжди навіть використовуються у подальших розрахунках. У більшості випадків використовують формулу добутку середньої потужності на час роботи агрегату, з чого видно, що не враховується багато параметрів, які мають суттєвий вплив на кінцевий результат розрахунків. Очевидним стає факт, що подібний розрахунок не відображає реальної картини споживання ПЕР на підприємстві та доволі складно враховувати конкретні умови та режими роботи обладнання.

Очевидним, є той факт, що визначення близьких до реальних значень середньої потужності можна здійснюватись, експериментальним шляхом. Проте, використання даного методу ускладнюється через велику кількість основних та допоміжних споживачів електричної енергії та змінний характер режимів їх роботи. До того ж, у реальних виробничих умовах можливості проведення експериментальних вимірювань споживаної потужності суттєво обмежені. Тому у більшості методик нормування питомих витрат ПЕР електрична потужність обладнання зазвичай розраховується як добуток встановленої потужності на середнє значення коефіцієнта використання.

Середньостатистичні значення таких коефіцієнтів, беруться з довідкової літературі для відповідних типів обладнання. Проте, виникає питання, як обирати значення цих коефіцієнтів, адже, вони наведені у вигляді широкого діапазону можливих значень. Прийняття рішення щодо того чи іншого числового значення коефіцієнту використання встановленої потужності є суб’єктивним і помітно впливає на результати подальших розрахунків.

Також потрібно додати, що для побудови енергобалансів будь-яким аналітичним методом необхідно знати тривалість роботи основного і допоміжного технологічного обладнання протягом відповідного періоду. Якщо посилатися на діючі методики нормування, можна стверджувати, що даний параметр переважно визначається і застосовується без належного обґрунтування. Для певних видів технологічного обладнання, тривалість їх роботи протягом відповідного періоду можна встановити досить точно, використовуючи технологічні карти. Однак, у більшості методик нормування питомих витрат ПЕР відсутні посилання на технологічну документацію. Крім того, для переважної більшості обладнання таких технологічних карт взагалі не існує.

Тому за реальних умов очікувана тривалість роботи установок чи агрегатів визначається, на підставі середньої її оцінки експлуатаційним персоналом відповідного підприємства, організації чи установи. Очевидно, що така оцінка тривалості роботи обладнання значною мірою має суб’єктивний характер і не може вважатися достовірною для встановлення норм питомих витрат палива чи енергії.

Зазначимо також, що спираючись на діючу систему нормування питомих витрат ПЕР фактично не виконується функція аналізу та контролю дотримання встановлених норм енергоспоживання. Тому що, в жодній з діючих методик нормування не визначено чітких норма та єдиної процедури контролю виконання встановлених норм.

Необхідно також звернути увагу також на те, що діюча в Україні система нормування питомих витрат ПЕР є непридатною для здійснення оперативного контролю ефективності використання палива та енергії.

Роблячи висновки, основні причини недосконалості існуючої системи нормування питомих витрат електроенергії, є недостатня технічна та технологічна обґрунтованість норм, що встановлюються, неврахування конкретних виробничих умов, нечіткі організаційні умови для встановлення нормативних показників, вплив нечітких виробничих параметрів на споживання, що заважає встановленню «стандарту» обліку енергоспоживання тощо.

## 1.6 Методичні засади нормування питомих витрат електроенергії на підприємствах теплоенергетики

### 1.6.1 Основні положення порядку розрахунку нормативних витрат електроенергії підприємствами теплоенергетики

Один із прикладів прогресивної діючої методики нормування питомих втрат електричної енергії можна вважати Порядок розрахунку нормативних витрат електроенергії підприємствами теплоенергетики при виробництві, транспортуванні та постачанні (розподілі) теплової енергії (далі Порядок), затверджений Наказом Міністерства з питань житло-комунального господарства України №12 від 02.02.2009 року. Порядок поширюється на всі підприємства теплоенергетики (крім систем з теплоелектроцентралями, ТЕС, АЕС, іншими когенераційними установками, що використовують нетрадиційні або поновлювальні джерела енергії) незалежно від їх відомчої належності та форм власності.

Основним методом визначення нормативних витрат електроенергіїє розрахунково-аналітичний, який передбачає визначення норм питомих витрат паливно-енергетичних ресурсів (далі - ПЕР) шляхом розрахунку їх за статтями витрат на основі побудови та аналізу енергетичних балансів окремих агрегатів, установок, систем та в цілому ПТ, а також запланованих заходів з економії ПЕР.

Метою Порядку є [ААА]:

1. забезпечення єдиної методології при розрахунках і нормуванні витрат електроенергії на потреби підприємств теплоенергетики (далі - ПТ) при виробництві, транспортуванні та постачанні (розподілі) теплової енергії для формування складових собівартості при розрахунку тарифів на теплову енергію і послуги централізованого опалення і постачання гарячої води;
2. забезпечення достовірності і обґрунтованості нормативних витрат електроенергії ПТ з урахуванням існуючого обладнання та конкретних умов, у яких ці підприємства функціонують, та технічного стану існуючого обладнання;
3. забезпечення можливості інженерного аналізу питомих витрат електроенергії по окремих операціях технологічного процесу — "виробництво", "транспортування", "постачання" для визначення шляхів їх зменшення;
4. забезпечення можливості розрахунків тарифів на теплову енергію по окремих етапах технологічного процесу - "виробництво", "транспортування", "постачання";
5. підвищення ефективності і якості експлуатації ПТ.

Вихідними даними для розрахунку нормативних витрат електроенергії на котельних є теплові навантаження, паспортні дані, склад, та режими роботи наявного технологічного обладнання, що задіяне у виробництві і транспортуванні теплової енергії, його аеродинамічні та гідравлічні характеристики тощо.

На основі зазначених вихідних даних наведена у Порядку методика передбачає визначення нормативних витрат електричної енергії основним та допоміжним обладнанням котельних, зокрема, таким як димососи, тяго-дуттьові вентилятори, насоси різного призначення (рециркуляційні, підживлення тощо), контрольно-вимірювальні прилади і автоматика, системи освітлення тощо.

Таким чином найбільш енергоємними споживачами електричної енергії на котельних є різні нагнітачі: тяго-дуттьове обладнання котлоагрегатів та насоси різного спеціального призначення. Загальний алгоритм розрахунку нормативних витрат електроенергії таким обладнанням складається з того, що для кожного з цих видів обладнання визначається його розрахункова продуктивність, спираючись на яку, встановлюється величина робочого тиску нагнітача, а також його експлуатаційний коефіцієнт корисної дії. Далі визначається коефіцієнт корисної дії електродвигуна в залежності від його завантаження за потужністю. На підставі зазначених величин за єдиною формулою розраховується середня електрична потужність, що споживається кожним нагнітачем. Нормативні ж витрати електроенергії таким обладнанням, як, зрештою, і всіма іншими його видами, визначається, виходячи з розрахованої його середньої споживаної потужності, та тривалості роботи протягом відповідного періоду.[AAA]

### 1.6.2 Основні недоліки порядку розрахунку нормативних витрат електроенергії на котельнях висновки до розділу

Незважаючи на всі переваги, які можна отримати з оцінки використання ПЕР окремими об’єктами спираючись на цей нормативний документ, він має ряд недоліків, які суттєво впливають на кінцеве розрахункове значення та у той самий час і впливають на висновки, які потрібно робити для прийняття рішення на підприємстві щодо ефективного використання ПЕР. Багато різних недоліків можна віднести до неточностей, або нечіткостей, якими можна було б знехтувати, проте в загалом ці неточності негативно впливають на результати розрахунків.

Першим і найбільш очевидним недоліком Порядку є те, що в процесі розрахунку практично всіх показників, зокрема, середньої продуктивності тяго-дуттьового та насосного обладнання котельних, середньої електричної потужності, що споживається цим обладнанням тощо, виникає потреба у виборі числових значень багатьох нормативно-довідкових величин.

Далеко не повний перелік довідкових величин, що використовуються для розрахунку нормативних витрат електроенергії обладнанням котельних, наведено в таблиці 1.

Зазвичай числові значення таких величини є середньостатистичними і далеко не завжди відповідають конкретним виробничим умовам роботи котельних, для яких виконуються розрахунки. До того ж, зазначені нормативні величини наводяться у Порядку та іншій довідковій літературі у вигляді досить широкого діапазону їх значень.

До переліку нормативно-довідкових показників, наведеного в таблиці 1, слід додати також окремі теплоенергетичні показники, а також численні величини експлуатаційних коефіцієнтів корисної дії ККД обладнання, електродвигунів та механічної передачі, які теж відіграють помітну роль в розрахунках нормативних витрат електричної енергії на котельних, але спосіб встановлення конкретних значень яких Порядком, що розглядається, чітко не визначено.

Числові значення окремих нормативних величин в процесі виконання розрахунків можуть бути уточнені, завдяки використанню наявних режимних карт котлоагрегатів, що встановлені на тій або іншій конкретній котельній. Це стосується, наприклад, таких показників як коефіцієнти надлишку повітря в димових газах, температура димових газів, температура «холодного» повітря тощо.

Однак числові значення великої кількості нормативно-довідкових величин, що використовуються, не можуть бути конкретизовані і, здебільшого, ніколи спеціально не уточнюються. Таким чином процес прийняття рішення щодо вибору певного числового значення більшості довідкових величин з достатньо широкого діапазону їх нормативних значень значною мірою має суб’єктивний характер.[AAA]

Таблиця 1.1 - Окремі нормативно-довідкові величини, які являють собою нечіткі вихідні дані для виконання відповідних розрахунків

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Умовне позначення | Назва | Значення |
| Тяго–дуттьове обладнання | | |
| *αд.г* | коефіцієнт надлишку повітря в  димових газах | 1,2÷1,6 – мазут, природний газ;  1,55÷1,7 – тверде паливо |
| *αт* | коефіцієнт надлишку повітря в топці | 1,05÷1,1– мазут, природний газ;  1,2÷1,25 – тверде паливо |
| *tд.г* | температура димових газів,˚С | 150÷180 – природний газ  180÷230 – мазут; |
| *tх.п* | температура «холодного» повітря,˚С | 25÷30 |
| Насоси | | |
| *Нрец* | тиск рециркуляційних насосів , м в. cт | 15÷25 – для котлів продуктивністю до 10 Гкал/год.;  25÷35 – для котлів продуктивністю 10– 50 Гкал/год. |
| *Нмеж* | тиск мережевих насосів , м в. ст. | 15…150 |
| *Нпідж* | тиск насосів підживлення теплової мережі, м в. ст. | 10…40 |

Продовження таблиці 1.1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *Нс.в.* | тиск насосів сирої води , м в. ст. | 25…30 |
| *k* | коефіцієнт, що враховує втрати сирої води на внутрішні потреби котельної, % | 1…2 |
| *kп* | коефіцієнт використання встановленої електричної потужності обладнання | 0,7÷0,8 – насоси ХВО;  0,7÷0,9 – вакуумні насоси; 0,65÷0,75 –сантех-вентилятори |

Навіть така невелика кількість параметрів може суттєво впливати на результати розрахунків, беручи до уваги те, у яких діапазонах знаходяться числові значення нормативно-довідкових величин.

Це ставить під сумнів точність розрахунків на різних підприємствах, через те, що значення наведені у таблиці 1.1 обираються кваліфікованою людиною (спеціалістом) на підприємстві і має суто суб’єктивний характер. У свою чергу це не дає можливості нормування та об’євктивного контролю енерговикористання, що принципово знижує якість отриманих за розрахунками результатів.

Проте, у Порядку зазначено, що для більш точного використання нечітких параметрів, необхідно використовувати аеродинамічну або гідравлічну характеристику обладнання. Проте, не зважаючи на рекомендації Порядку, частіше за все аеродинамічними та гідравлічними характеристиками нехтують та виконують розрахунки без них, тим більше, що Порядк передбачає таку можливість.

З одного боку аеродинамічні та гідравлічні характеристики можуть бути дійсно відсутні, або встановлене обладнання потребує додаткових пошуків характеристик. Також необхідність використання аеродинамічних характеристик є неочевидною з першого погляду, що може привести до додаткових неточностей та обробки. Попри все сказане, уточнення необхідні перш за все для коректної обробки даних. Приклад такої характеристики наведено на рисунку 1.2

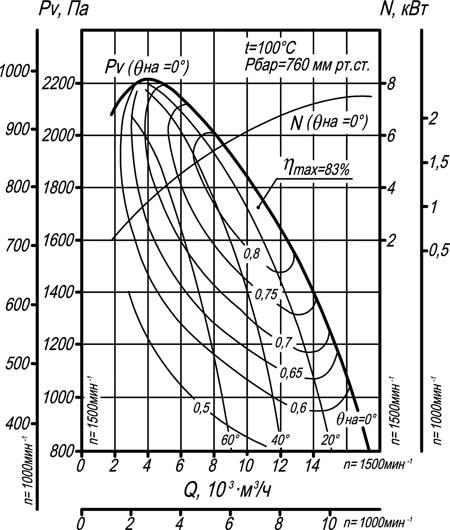


Рисунок 1.2 – Аеродинамічна характеристика димососу ДН-8.

У пункті 2.4 Порядку зазначено, що експлуатаційний ККД нагнітача має визначатись за його паспортною аеродинамічною характеристикою «для розрахункової продуктивності, для розрахункового тиску, приведеного до «паспортних» умов». При цьому такий приведений тиск (Нпасп.) визначається за формулою:

, (1.2)

де Нр – повний розрахунковий тиск нагнітача, що визначається для певного режиму роботи котельного агрегату за даними аеродинамічних розрахунків або його випробувань, кгс/м2;

Кρ – коефіцієнт приведення, величина якого розраховується за спеціальною формулою і враховує невідповідність між паспортними та експлуатаційними умовами роботи нагнітача.

Навіть не звертаючи увагу на те, що величина Нр в реальних виробничих умовах досить часто є невідомою, виникає сумнів у тому, що визначені окремо величини розрахункової продуктивності димососа чи вентилятора (Q) та приведеного тиску (Нр) завжди відповідатимуть одній і тій самій робочій точці на характеристиці.

Для розрахунку середньої потужності, що споживається електродвигуном будь-якого відцентрового нагнітача, використовується єдина загальна формула:

, (1.3)

де L – продуктивність нагнітача,м3/год;

Н - тиск нагнітача, кгс/м2;

ηе,ηн,ηм - ККД відповідно асинхронного електродвигуна, самого нагнітача і механічної передачі

Також виходячи з останньої формули слід зазначити проблему з визначенням ККД асинхронного електродвигуна. Згідно Порядку величина цього ККД визначається за наведеною в цьому документі спеціальною таблицею в залежності від завантаження електродвигуна за потужністю, яке розраховується за формулою:

 (1.4)

де Рном. і Р – відповідно номінальна потужність електродвигуна та середня потужність, що ним протягом того чи іншого періоду, кВт.

Проблема полягає в тому, що середня споживана потужність електродвигуна є величиною невідомою, і саме для її розрахунку за формулою (1.2) потрібно знати його ККД. Таким чином в процесі визначення експлуатаційної величини цього ККД за Порядком, що розглядається, виникає ситуація, яку можна назвати «замкненим колом» і яка обов’язково потребує принципового вирішення.

Існує ще багато недоліків аналітичного розрахунку, які зазначено у роботі магістерській дисертації [AAA], що розкриває повний спектр недоліків, які були знайдені у Порядку та розроблені рекомендації для подальшого перероблення і удосконалення існуючої методології.

## Висновки до розділу

Наведені вище результати аналізу нормативно-методичного документу, що розглядається, дозволяють зробити наступні висновки:

1. Існують недоліки методології, зазначені у Порядку, що не є досконалими на даний час.
2. Немає єдиного алгоритму розрахунків за існуючою методолією, беручи до уваги нечіткі параметри та суб’єктивний характер отримання цих величин.
3. Неможливе створення стандартизованої методології визначення витрат ПЕР на підприємствах чи організаціях.

# 2. УДОСКОНАЛЕННЯ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ ВИТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА ВИРОБНИЦТВО ТА ТРАНСПОРТУВАННЯ ТЕПЛА

## 2.1 Загальні положення проведення розрахунку нормативних витрат електроенергії на виробництво і транспортування тепла

Як вже було зазначено у попередній частині, існує Порядок розрахунку нормативних витрат електроенергії підприємствами теплоенергетики при виробництві, транспортуванні та постачанні (розподілі) теплової енергії, який затверджено Наказом Міністерства з питань житлово-комунального господарства України 02.02.2009 №12 [ААА]. Проте, даний порядок має свої суттєві недоліки, які не дозволяють остаточно спиратися на отримані при аналітичних розрахунках дані.

Згідно порядку визначення нормативних витрат електроенергії на потреби ПТ повинно проводитися в такій послідовності. Першим кроком є розрахунок індивідуальних нормативних витрат електроенергії по кожній котельні та приєднаних до неї ЦТП. Розрахунки виконуються за такими вихідними даними:

* приєднані теплові навантаження (максимальні теплові потужності систем опалення, вентиляції, середні або максимальні потужності систем гарячого водопостачання та режими споживання);
* схеми теплопостачання;
* температурні графіки регулювання систем теплопостачання;
* розрахункові температури зовнішнього повітря згідно СНиП 2.01.01–82 "Строительная климатология и геофизика";
* термін роботи систем та обладнання;
* вид палива та його питома витрата на виробництво теплової енергії кожним котлом;
* тип, марка, встановлена електрична потужність технологічного обладнання;
* паспортні або експлуатаційні аеродинамічні або гідравлічні характеристики обладнання.

Розраховані індивідуальні нормативні витрати слід порівнювати з фактичними витратами (за даними приладів обліку за попередні роки). Важливо при великих відхиленнях (більше 10%) розрахункових нормативних витрат від фактичних слід робити аналіз причин, що викликають ці відхилення, та вживати організаційно-технічні заходи щодо їх усунення.

На базі індивідуальних нормативних витрат розраховуються групові нормативні витрати по району котельних та теплових мереж та ПТ в цілому.

Індивідуальні нормативні витрати енергії по кожній котельній, є основою для розрахунку індивідуальних питомих норм для цих котельних та групових норм питомої витрати електроенергії по району котельних та теплових мереж та ПТ в цілому.

Нормативні витрати електроенергії (індивідуальні та групові)розраховуються, виходячи з метеорологічних умов, усереднених за відповідні періоди.

Нормативні витрати електроенергії на потреби ПТ визначаються за формулою, кВт∙год:

|  |  |
| --- | --- |
| *Wзаг=Wвир+Wтр+Wрозп+ΔW+Wдод*, | (2.1) |

де *Wвир*– нормативні витрати електроенергії на технологічні процеси виробництва теплової енергії, кВт∙год;

*Wтр*– нормативні витрати електроенергії обладнанням, що транспортує теплоносій від котельної до ЦТП або до ІТП споживачів, кВт∙год;

*Wрозп*– нормативні витрати електроенергії обладнанням ЦТП або ІТП , кВт∙год;

*ΔW*– нормативні втрати електроенергії при її транспортуванні і трансформації, кВт∙год;

*Wдод*– нормативні витрати електроенергії на загальновиробничі потреби,кВт∙год .

Індивідуальні нормативні витрати електроенергії на потреби і–ї котельної за розрахунковий період визначаються за формулою, кВт∙год:

|  |  |
| --- | --- |
| *Wі = ΣWij* , | (2.2) |

де *Wij*– нормативні витрати електроенергії j-м типом (одиницею) обладнання і-ї котельні за відповідний період, кВт∙год.

Нормативні витрати електроенергії j–м типом обладнання і–ї котельні за розрахунковий період визначаються за загальною формулою, кВт∙год:

|  |  |
| --- | --- |
| *Wij = PijTij*, | (2.3) |

де *Pij*– середня споживна електрична потужність j–го типу обладнання, яке працює в межах дії і– ї котельної, кВт;

*Tij*– тривалість роботи цього обладнання протягом розрахункового періоду, год.

Групова нормативна витрата електроенергії по ПТ за розрахунковий період визначається за наступною формулою, кВт∙год:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.4) |

де*m*– кількість котелень, що входять до складу ПТ.

Індивідуальна норма питомої витрати електроенергії на потреби і-ї котельної розраховується окремо на виробництво та відпуск теплової енергії та визначається за формулами, кВт∙год/Гкал:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | | (2.5) | |
|  | | (2.6) | |

де *Qвир.і*, *Qвідп.і*– кількість відповідно виробленої і відпущеної теплової енергії і-ю котельною, Гкал., яка розраховується згідно КТМ 204 України 246–99 «Галузева методика нормування витрат палива на виробництво та відпуск теплової енергії котельнями теплового господарства» [ААА].

Групова норма питомої витрати електроенергії по ПТ встановлюється на базі групових нормативних витрат електроенергії по ПТ, окремо на виробництво та відпуск теплової енергії та визначається за формулами, кВт∙год/Гкал:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | | (2.7) | |
|  | | (2.8) | |

У загальному випадку залежність електричної потужності,що споживається електродвигуном відцентрового нагнітача (насоса, вентилятора, димососа), від робочих значень його технічних параметрів виражається формулою, кВт:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.9) |

де *L*– продуктивність нагнітача, м3/год.;

*H*– тиск нагнітача, м в.ст;

*k*– коефіцієнт, який враховує одиниці вимірювання технічних параметрів;

*ηн–* коефіцієнт корисної дії на валу нагнітача;

*ηе*– коефіцієнт корисної дії електродвигуна;

*ηм*– коефіцієнт корисної дії механічної передачі.

При регулюванні роботи нагнітача дроселюванням повний тиск, ККД або споживану потужність на валу нагнітача визначають за його гідравлічною або аеродинамічною характеристикою для заданої розрахункової продуктивності, за відсутності цієї характеристики необхідний тиск приймається як розрахунковий для даної гідравлічної або аеродинамічної системи.

При паралельній роботі на одну систему продуктивність кожного з нагнітачів становить:

– для двох однакових нагнітачів – 0,5 загальної продуктивності;

– для трьох однакових нагнітачів – 0,34 загальної продуктивності;

– для різних нагнітачів – визначається за графіком їх сумісної роботи.

ККД асинхронного електродвигуна в залежності від його завантаження визначається за відповідною таблицею Порядку.

## 2.2 Методичні основи створення спеціального програмного продукту для розрахунку нормативних витрат електроенергії на виробництво і транспортування тепла

### 2.2.1 Існуючі недоліки традиційної методики розрахунку

Недоліки та неточності існуючої методології були визначені та опрацьовані у магістерській дисертації [AAA]. У своїй роботі вона приводить низку недоліків порядку та визначає методологію за якою можливе вирішення існуючих проблем розрахунку та отримання більш достовірних даних при аналітичному визначені втрат електроенергії на підприємстві. До таких недоліків можна віднести:

1. В процесі розрахунку практично всіх показників, зокрема, середньої продуктивності тяго-дуттьового та насосного обладнання котельних, середньої електричної потужності, що споживається цим обладнанням тощо, виникає потреба у виборі нечітко визначених числових значень багатьох нормативно-довідкових величин.
2. Посилання на аеродинамічні та гідравлічні характеристики обладнання і, навіть, рекомендації щодо необхідності визначення потрібних для розрахунку вихідних даних, перш за все, саме за такими характеристиками містяться майже в усіх підрозділах Порядку. Що розглядається. Однак при виконанні практичних розрахунків нормативних витрат електроенергії на котельних здебільшого намагаються не застосовувати аеродинамічні та гідравлічні характеристики обладнання, а здійснювати всі розрахунки в умовах їх відсутності, тим більше, що Порядок таку можливість передбачає.
3. Фактичні (експлуатаційні) умови роботи димососів та вентиляторів, зокрема температура димових газів та «холодного» повітря, а також барометричний тиск у відповідній місцевості, можуть суттєво відрізнятись від паспортних умов, для яких були побудовані аеродинамічні характеристики. Отже, перш ніж використовувати «паспортні» характеристики тяго-дуттьового обладнання, їх потрібно привести до фактичних умов експлуатації цих нагнітачів, тобто відповідним чином скоригувати. Порядок, що розглядається, не містить жодних методичних рекомендацій щодо такого коригування.
4. Виникають певні сумніви також щодо коректності визначення середньої споживаної потужності тяго-дуттьового обладнання за умови відсутності його аеродинамічних характеристик.
5. Для одержання обґрунтованих величин споживання електроенергії тривалість роботи також має бути «нормативною». Однак у Порядку, що розглядається, числові значення цих показників певною мірою також приймаються без належного обґрунтування.
6. Порядок розрахунку нормативних витрат електричної енергії підприємствами теплоенергетики фактично не містить жодних методичних рекомендацій щодо проведення контролю виконання встановлених норм питомої витрати електроенергії, зокрема, на котельних.

Усі наведені вище пункти були використані при розрахунках у дисертації, для подальшого визначення можливості вдосконалення існуючої методики. Тому при побудові алгоритмів розрахунку будемо спиратись на запропоновані у роботі дані для відтворення точного та достовірного розрахунку.

### 2.2.2 Проблема нечіткого характеру величин

Зважаючи на те, що більшість зазначених проблем була вирішена при аналітичному способі розрахунку, проблема вибору числових значень багатьох нормативно-довідкових величин залишається невирішеною. У довідкових даних надається великий перелік таких значень та надаються рекомендації що до їх використання, проте усі значення з цього списку мають дуже великий діапазон розбіжностей та є суттєво суб’єктивними при виборі та аналізі, що ставить під сумнів точність отриманих даних. Наведений у Порядку перелік можна побачити у Таблиці 1. Очевидним стає той факт, що при коливанні значень у таких діапазонах, не є можливим зазначити, що розрахункові значення є точними, а висновки зроблені на підставі цих розрахунків обгрунтованими.

Треба також відмітити, що електроспоживання виробничих об’єктів має випадковий характер, а електробаланси складаються в умовах невизначеності певних вихідних даних, можливість поліпшення результатів побудови електробалансів виробничих об’єктів необхідно шукати в напрямку подальшого удосконалення та розвитку ймовірнісно-статистичний підходу.

Даний підхід має під собою ідею, що побудова більш достовірних, обґрунтованих балансів споживання електроенергії ґрунтується на обробці наявних статистичних даних обліку електроспоживання та виробництва продукції з використанням відповідних експертних методів, методів теорії ймовірності та математичної статистики.

Застосування даного методу дозволяє скласти більш повну та вдосконалену картину побудови витратної частини побудови енергобалансу на підприємстві, беручи до уваги ймовірнісний характер певних величин та суб’єктивний характер отримання цих величин.

## 2.3 Можливий підхід до вирішення існуючої проблеми

### 2.3.1 Основні положення застосування ймовірнісно-статистичного підходу до побудови електробалансу

Через те що електроспоживання виробничих об’єктів має випадковий характер через наявність нечітких виробничих параметрів, а їх електробаланси складаються в умовах невизначеності вихідних даних, то можливим рішенням є поліпшення результатів побудови електробалансів через застосування, удосконалення та подальшого розвитку ймовірнісно-статистичний підходу.

Ідея даного підходу полягає в тому, що побудова більш достовірних, обґрунтованих балансів споживання електроенергії ґрунтується на обробці наявних статистичних даних обліку електроспоживання та виробництва продукції з використанням відповідних експертних методів, методів теорії ймовірності та математичної статистики.[AAA]

Через те що метод спирається на експертний метод, це потребує проведення опитування фахівців-експертів, компетентних у відповідній сфері діяльності. На підставі обробки результатів експертного опитування визначаються найбільш ймовірні інтервали значень відповідних вихідних величин. Побудова обґрунтованого та достовірного електробалансу є процесом знаходження найбільш ймовірних значень нечітких вихідних параметрів.

Однак даний підхід має свої недоліки. Підхід не враховує зв’язки між нечітко заданими параметрами обладнання, обсягами виробництва продукції та споживання енергії, що не дозволяє вважати одержані баланси достатньо обґрунтованими.

Таким чином, для підвищення обґрунтованості побудови достовірних балансів електроспоживання з застосуванням ймовірнісно-статистичного підходу є необхідним знаходження та використання існуючих аналітичних або емпіричних залежностей між обсягами виробництва продукції, параметрами технологічних процесів та споживанням електричної енергії. Для окремих виробничо-господарських та технологічних об’єктів такі залежності існують і є достатньо об’єктивними, зокрема, це стосується таких об’єктів як котельні [ААА].

Найбільш повно результати розрахунку витратної частини котельної можна побачити у магістерській дисертації, де був проведений повний опис та аналіз використання ймовірнісно-статистичного методу на котельних.[AAA]

## 2.4.Підхід до вирішення поставленої задачі через використання прототипу програмного продукту для розрахунку витрат електричної енергії ймовірнісно-статистичним методом на прикладі котельної

Згідно з поставленою задачею стає очевидним, що при розрахунках доцільним є використання новітніх технологічних досягнень в області комп’ютерних обчислень, через те що задача поставлена перед дослідниками завжди ускладнюється і проведення розрахунків без спеціалізованих технічних та інформаційних засобів не є вірним з точки зору точності та швидкості розрахунків. При розрахунках, які потребують тисячі, а іноді навіть мільйони ітерацій найкращим рішенням є використання програмного продукту для:

* спрощення розрахунків;
* отримання більш точних результатів;
* зменшення часу, використаного на певний розрахунок та на моделювання певної ситуації.

Проте, деякі ситуації вимагають від користувача знання певних програмних ресурсів та певних програмних рішень, що також не є дуже доцільним та коректним при роботі з певними алгоритмами та моделями. Такі алгоритми можуть вимагати від користувача використання багатьох інших програм для деталізованого розрахунку та для вирішення певних проблем, з якими основна обрана програма не змогла впоротись, що може призвести до плутанини у незв’язаних між собою програмних продуктах та ускладнити розрахунок. Рішенням подібної проблеми може стати пошук спеціалізованих програмних продуктів, які здатні виконати усі необхідні задачі розрахунку та аналізу даних, що були поставлені у задачі дослідження. Проте, ймовірність знаходження подібної програми може доволі складною, тому що дуже небагато програм розробляються для специфічних задач або, навіть якщо вони розробляються, не всі компанії дозволяють відкрито користуватись такою програмою, або навіть отримати інформацію про неї.

Можливим фундаментальним рішенням такої проблеми може стати розробка спеціалізованого програмного продукту, який:

* чітко відповідає поставленим розрахунковим вимогам
* достатньо гнучкий для легкого маніпулювання програмою та конфігурації при змінах у деталях поставленої задачі
* універсальний з точки зору роботи на різних комп’ютерних операційних системах та пристроях

Такий комп’ютерний продукт має відповідати усім нормам, як з боку комп’ютерного забезпечення, так і з боку прикладної задачі поставленої перед програмою. В даному випадку, програмний продукт повинен чітко та послідовно виконувати алгоритми, використані при розрахунку витратної частини електричного балансу котельної.

### 2.4.1 Спеціальні комп’ютерні засоби використані для побудови розрахункової системи на базі існуючого алгоритму

Для створення програмного продукту, потрібно використовувати спеціальну мову програмування та відповідні до неї інструменти для відтворення необхідної роботи алгоритму та розробки певної комп’ютерної моделі. У даному випадку необхідно побудувати комп’ютерну модель на базі приведених вище алгоритмів, з точки зору розрахунку витратної частини котельної, отримати відповідні дані при введені необхідних вхідних даних та проаналізувати отриманні дані за допомогою побудованої системи.

Спираючись на перелік існуючих комп’ютерних систем та мов програмування було обрано мову JavaScript. Більш детальне пояснення усіх використаних технологій зведене у таблицю 7

Таблиця 7.

|  |  |
| --- | --- |
| Використана технологія | Детальне пояснення |
| **JavaScript** | Однопотокова асинхронна мова програмування, призначена та розроблена для створення програм та веб інтерфейсів. Набула широке поширення у браузерних системах та при розробці інтернет систем. На даний момент гнучкість мови дає можливість використання її у мобільних системах, комп’ютерних системах та серверних системах |
| **Angular** | Система побудована на базі мови програмування JavaScript та архітектури проектування MVVM (Model-View-View-Model) для швидкої та гнучкої розробки інтерфейсу користувача |

Продовження таблиці 7

|  |  |
| --- | --- |
| **Webpack** | Програмний засіб, який використовується для безперервної розробки програмних продуктів та автоматичного збору файлів та виконання комп’ютерних команд |
| **Jasmine** | Система перевірки та тестування коректного виконання програмою розроблених методів та алгоритмів |
| **Karma** | Додаткова платформа розробки для проведення тестування розробленого програмного продукту |
| **NodeJS** | Платформа побудована на системі V8 для використання мови JavaScript у різних середовищах, таких як комп’ютерні системи та серверні технології. |
| **Express** | Система, розроблена для швидкої, спрощеної та гнучкої розробки серверних програм та побудови REST архітектури |
| **npm** | Додаткова до NodeJS програма, для швидкого використання доступних пакетів програм для розширення функціональності програми що розроблюється |
| **MongoDB** | Нереляційна база даних, що дозволяє зберігати та отримувати дані, що були оброблені та відповідно маніпулювати цими даними при змінах, чи видаленні даних |

### 2.4.2 Використання платформи NodeJS при розробці програмного продукту

Для розробки визначеного програмного продукту використана платформа NodeJS, яка булла обрана спираючись на такі фактори як:

* кроссплатформеність (можливість працювати на різних пристроях)
* гнучкість (можливість швидкої інтеграції та внесення змін)
* мультізадачність (можливість використовуватися при вирішенні різних задач)
* простота мови програмування

NodeJS – це платформа виконання мови JavaScript, що побудована на базі системи V8, що дозволяє платформі мати не блоковану, подієву модель, що робить її легкою та ефективною.

Для розробки програмного продукту на базі цієї платформи, спочатку необхідно налагодити програмне середовище, яке дозволить швидко маніпулювати пакетами даних, що необхідні для створення різних блоків програми.

Перш за все необхідно встановити платформу NodeJS на свій пристрій, що можна зробити, якщо перейти на головний сайт програмного забезпечення [AAA].

Після того як програму буде встановлено, необхідно перевірити наявність та працездатність програми. Для цього потрібно відкрити консоль комп’ютера та ввести команду «***node –v»***, для перевірки встановленої версії програми та «***npm –v»*** для перевірки встановлення пакетного менеджеру, який ми будемо використовувати для подальшої розробки. Результат зображено на рисуноку 2.1

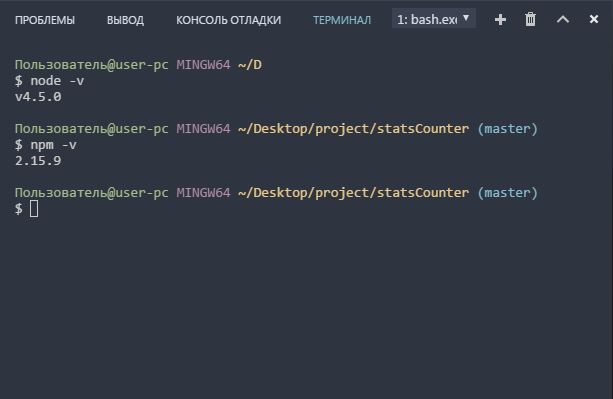


Рисунок 2.1 Перевірка працездатності програмних інструментів

Наступним кроком треба встановити усі необхідні пакети даних, які будуть використовуватися у роботі. Такі пакети повинні спростити процес розробки та зробити процес встановлення кінцевого продукту легким та швидким. Для цієї роботи знадобляться модулі, які використовуються при розробці серверного та клієнтського продукту.

Необхідно створити новий проект, для чого потрібно ввести команду «***npm init»*** та відповісти на питання, що будуть відображатися у консолі для побудови проекту. Ці питання стосуються назви, автора, версії та можливого ресурсу збереження проекту. Після закінчення необхідно вийти з процесу ініціалізації проекту.

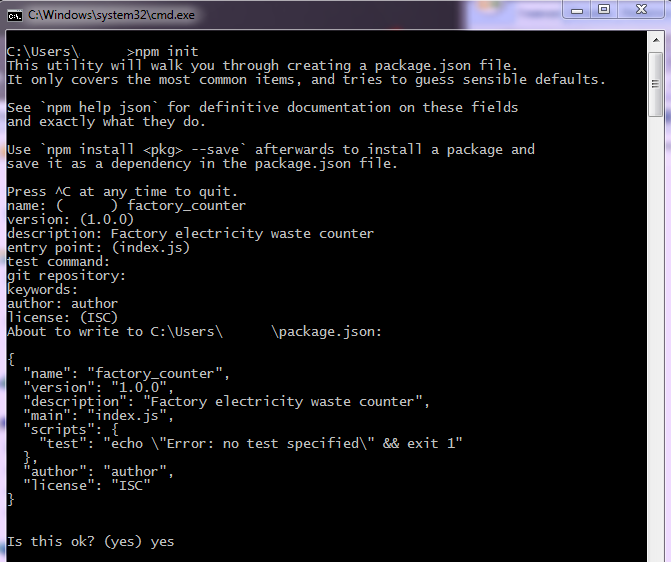


Рисунок 2.2 – Ініціалізація нового проекту

На даному етапі ми створили окремий файл, під назвою «***package.json»***, який містить всю інформацію про наш створений проект. Необхідно додати у цей файл перелік модулів, які будуть використані у подальшій розробці. Існує можливість встановлення модулів окремо, тобто встановлювати кожен окремий модуль послідовно, проте, заздалегідь було обрано певні пакети що мають бути встановлені, отже, після додавання необхідних даних до зазначеного вище файлу, необхідно ввести команду «***npm install».***

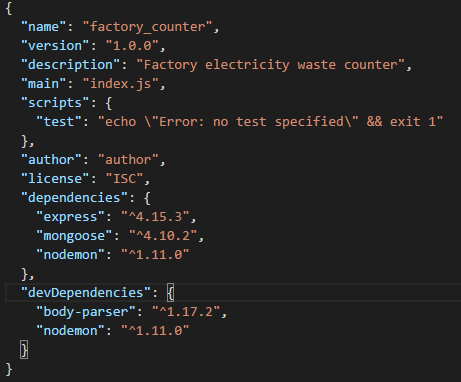
******

Рисунок 2.3 – Необхідні для встановлення програмні модулі

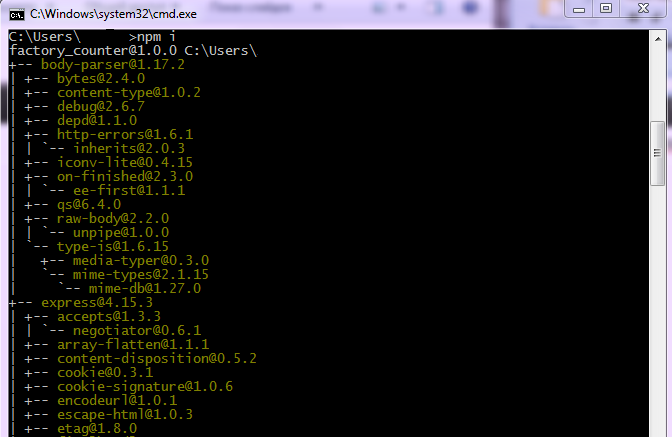


Рисунок 2.4 – Встановлені пакетні модулі

При повністю налагодженій середі розробки можна починати реалізацію прототипу програмного продукту. Для цього, створивши необхідну файлову структуру, реалізуємо алгоритм. Через те, що наведені алгоритми розрахунку витратної частини електричного балансу котельної поділені за існуючим обладнанням, є логічним розбиття програми на окремі модулі, для зручного створення програми та можливості відтворювати різні розрахунки за потребою.

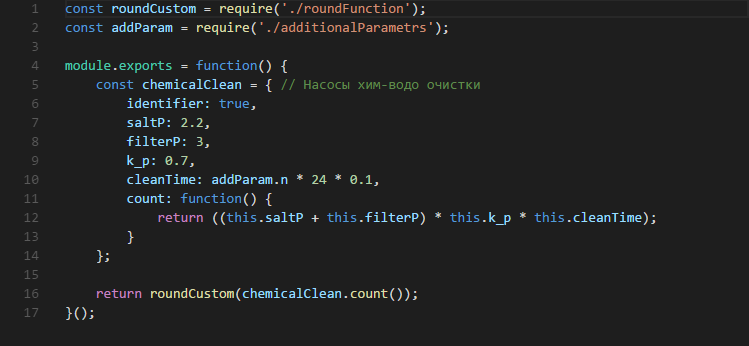


Рисунок 2.5 – Приклад створення окремого модуля для розрахунку витрат електроенергії насосом хімводообробки

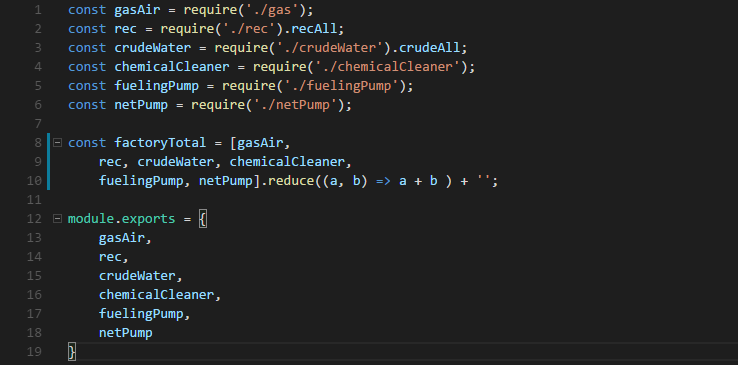


Рисунок 2.6 – Використання створених модулів

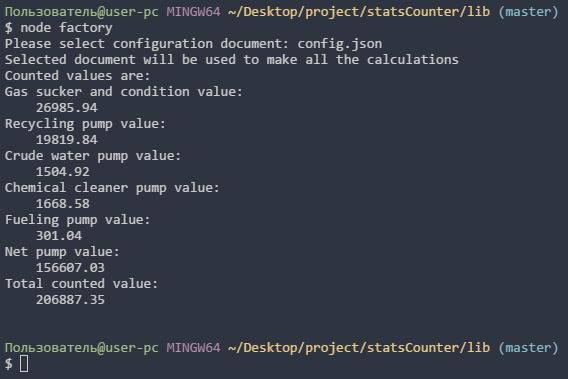


Рисунок 2.7 – Приклад виконання програмою побудованих алгоритмів

Після програмування алгоритму розрахунку витратної частини балансу котельної, необхідно відтворити алгоритм послідовного розрахунку ймовірнісно-статистичним методом, для отримання комп’ютерною програмою найбільш точних результатів. Розрахунок ймовірнісно-статистичним методом робиться окремим модулем, для того, щоб можна було використовувати окремо, або усю розроблену систему для проведення розрахунку з використанням ймовірнісно-статистичного методу, або лише частину аналітичного розрахунку витрат електроенергії на котельній.

Остаточним кроком є перевірка коректності роботи програми та її працездатність в цілому. Для цього необхідно запустити програму, командою, яка виконується у програмній середі NodeJS, використовуючи вхідний файл, вказаний при ініціалізації проекту, для запуску усього розрахунку.

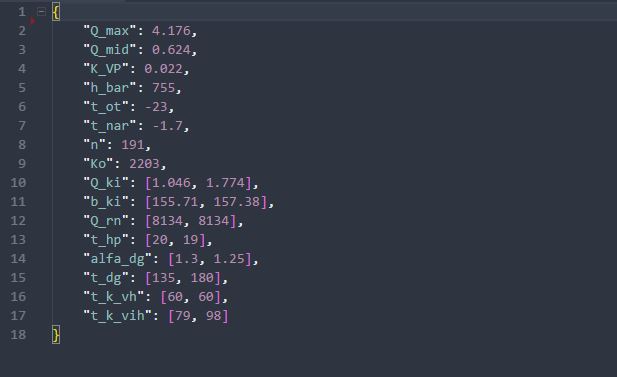


Рисунок 2.8 – Приклад документу вхідних даних

**2.5 Загальний алгоритм побудови електробалансів котельних на основі ймовірнісно-статистичного підходу із застосуванням методів програмування**

На рисунку 2.9 представлений загальний алгоритм побудови електробалансів котельних застосуванням ймовірнісно-статистичного підходу.

На вході алгоритму присутні всі необхідні для розрахунку параметри технологічного процесу, в тому числі нечіткі дані, які будуть уточнюватися в процесі побудови балансу.

Застосування експертних методів для визначення найбільш ймовірного діапазону значень нечітких технічних параметрів і ймовірності появи окремих значень.

Визначення найбільш достовірного

( ймовірного) електробалансу

Імітаційне моделювання параметрів технологічного процесу (Монте-Карло)

Перевірка реальності побудови електробалансів

Побудова розрахункових моделей електроспоживання

Генерування можливих комбінацій значень технологічних параметрів

Рисунок 2.9– Загальний алгоритм побудови електробалансів котельних

На вході алгоритму присутні всі необхідні для розрахунку параметри технологічного процесу, в тому числі нечіткі дані, які будуть уточнюватися в процесі побудови балансу.

Алгоритм містить шість основних кроків, кожен з яких відіграє важливу роль у побудові електробалансів та виконується в конкретній послідовності.

На виході алгоритму отримуємо технічно та технологічно обґрунтований, достовірний баланс електроспоживання котельної, структура витратної частини якого є найбільш ймовірною [ААА].

**2.5.1 Методичні положення та алгоритм експертного опитування**

**2.5.1.1 Основні положення**

Першим етапом побудови електробалансів котельних з застосуванням ймовірнісно-статистичного підходу є проведення експертного опитування. З цією метою серед інженерно-технічних працівників, експлуатаційного персоналу визначається група спеціалістів, робота яких безпосередньо пов’язана з обладнанням, яке необхідно приймати до уваги при побудові відповідного електробалансу.

Головним завданням експертного опитування є встановлення інтервалів можливих значень кожного з нечітких вихідних параметрів, які у подальшому необхідно використовувати при побудові електробалансу, а також оцінка ймовірності знаходження окремих їх значень у відповідних інтервалах.

Перед тим, як приступити до опитування експертів необхідно попередньо визначити діапазони теоретично можливих числових значень нечітких технічних та технологічних параметрів, які будуть максимально близькими до реальних їх значень за конкретних умов виробництва. Встановити зазначені діапазони значень нечітких параметрів можна на підставі відповідної методичної та довідкової літератури, зокрема для котельних, - [15].

Опитування спеціалістів здійснюється за допомогою анкети, в якій наведено діапазони теоретично можливих значень всіх нечітких технологічних та інших виробничих параметрів, що розглядаються. Кожен з зазначених діапазонів значень нечітких вихідних параметрів має бути розділений на декілька інтервалів, на межі яких знаходяться можливі рівні числових значень наведених в анкеті нечітких показників.[AAA]

#### 2.5.1.2 Алгоритм обробки результатів опитування експертів

Виконання обробки результатів опитування експертів може бути ускладнено кількістю вхідних параметрів, які необхідно використати при розрахунках та які мають нечіткий характер визначення. Алгоритм обробки отриманих результатів експертного опитування наведено на рисунку 2.10

2. Розподілення даних за типом

1. Введення отриманих результатів

3. Приведення даних до виду:

значення / вірогідність

4. Формування бази даних пар значень

(ключ / значення)

**Рисунок 2.10 - Алгоритм обробки результатів експертного опитування**

#### 2.5.1.3 Програмна реалізація алгоритму

Для спрощення процесу розрахунку, після проведення експертного опитування, необхідно ввести усі отримані дані, класифіковані за параметрами, які визначені для певної моделі. Після збереження оперативних даних, програма починає обробку цих даних. Згідно наведеній вірогідності виникнення різних значень, отримані дані зберігаються у базу даних у вигляді значення параметра та вірогідності його виникнення, що потім дає можливість користуватися цими даними доки не виникне потреба у додаванні окремого параметра, або у зміні діючого діапазону значень.

**2.5.2 Генерування можливих значень нечітких виробничих параметрів**

#### 2.5.2.1 Основні положення

Коректне застосування для побудови балансів споживання електричної енергії методів математичної статистики та теорії ймовірності потребує наявності досить великої кількості статистичних даних про обсяги енергоспоживання, про числові значення технологічних та інших виробничих параметрів, які отримати на реальному підприємстві в умовах обмеженої кількості ресурсів і часу практично неможливо. Іншим, більш перспективним шляхом вирішення цієї задачі є використання псевдо реальних статистичних даних, отриманих на основі експертного опитування та використанні методів імітаційного моделювання.

Другим етапом побудови електробалансів котельних з використанням ймовірнісно-статистичного підходу є формування псевдо реальних статистичних даних про числові значення нечітких вихідних параметрів, необхідних для вирішення цієї задачі.

На основі побудованих за результатами експертного опитування полігонів частот можливої появи значень всіх нечітких технологічних та інших виробничих параметрів, що розглядаються, здійснюється генерування псевдо реальних значень цих параметрів.

Очевидно, що при формуванні вибірок таких псевдо реальних даних про величини відповідних нечітких параметрів необхідно враховувати визначені в ході експертного опитування суб’єктивні ймовірності, з якими реальні середні величини цих параметрів можуть знаходитись в межах тих чи інших інтервалів можливих їх значень.

Тому в процесі генерування зазначених псевдо реальних даних з кожного інтервалу, в якому може знаходитись фактичне значення невизначеного вихідного параметру випадковим чином вибирається певна кількість псевдо реальних величин, пропорційна відповідній ймовірності їх появи.

Таким чином, результатом другого етапу побудови електробалансів котельних з використанням ймовірнісно-статистичного підходу є формування достатньо великих за обсягом вибірок псевдо реальних значень всіх нечітких виробничих параметрів, які у подальшому будуть використані для розрахунку нормативних витрат електричної енергії як окремими видами обладнання, так і на котельній в цілому.[AAA]

#### 2.5.2.2 Алгоритм генерування можливих значень нечітких виробничих параметрів

Генерування можливих значень нечітких виробничих параметрів базується на діапазонах у яких ці значення можуть коливатися. Для створення імітаційної моделі виробничого процесу із визначеним значенням, необхідно згенерувати необхідні значення для проведення розрахунків. Алгоритм генерування значень нечітких виробничих параметрів наведено на рисунку 2.11

3.

1.

4.

2.

**Рисунок 2.11 - Алгоритм генерування** **можливих значень нечітких виробничих параметрів**

Алгоритм складається з наступних пунктів:

1. Перевірка кількості згенерованих значень
2. Якщо не всі значення згенеровані, виконується процес створення значення за умови існуючого діапазону.
3. Коли усі значення отримані, виконується перевірка на існування схожої моделі у попередніх розрахунках, якщо така модель буда знайдена, повторюються кроки 1 та 2.
4. Якщо модель відповідає усім поставленим вимогам, загальний алгоритм виконання розрахунку продовжується.

#### 2.5.2.3 Програмна реалізація алгоритму

З точки зору програмного процесу, реалізація вказаного алгоритму складається з декількох частин. По-перше, обираються потрібні значення, згідно з необхідним для розрахунку виробничим параметром. Далі, відбувається генерування псевдо-випадкового значення виробничого параметра. Останнім кроком йде перевірка, якщо створена модель не має повторень при попередніх ітераціях, виконується наступний крок загального алгоритму програми, у іншому випадку, генеруються нові значення.

**2.5.3 Комбінування та побудова розрахункових моделей електроспоживання**

**2.5.3.1 Основні положення**

Третій етап представляє собою формування розрахункових моделей електроспоживання, тобто, деякої, відносно великої кількості псевдо-реальних балансів електроспоживання.

Процес формування розрахункової моделі складає з себе серію ітеративних методів. Для виконання даної процедури необхідна побудована раніше вибірка псевдо-реальних величин нечітких технологічних параметрів, на базі яких відбувається генерування можливих комбінацій числових значень

Комбінації створюються довільним чином, проте їх варіації не повторюються.

Загальна кількість таких комбінацій визначається за формулою:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.10) |

де *k –* кількість нечітких вихідних даних;

*n –* загальна кількість псевдо реальних значень всіх нечітких технологічних параметрів.

Кожна з одержаних таким чином комбінацій нечітких виробничих параметрів являє собою окремий набір чітко визначених вихідних даних, за якими може бути побудована одна з можливих розрахункових моделей електроспоживання котельної.

Кожна модель, одержана з використанням зазначених алгоритмів являє собою один з можливих варіантів витратної частини балансу споживання електроенергії, для кожного з яких має бути визначено відповідний загальний обсяг витрати електричної енергії на котельній *(W).* Приклад таблиці результатів визначення загального обсягу електроспоживання котельної за окремими розрахунковими моделями, які відповідають певним комбінаціям значень нечітких вихідних параметрів, представлено у вигляді таблиці 2.3.

Кожному з вибіркових значень будь-якого з нечітких виробничих показників відповідає певна, визначена експертним шляхом ймовірність їх появи. Спираючись на ці «індивідуальні» ймовірності появи окремих величин нечітких вихідних параметрів може бути розрахована «сумарна» ймовірність появи кожної з можливих комбінацій значень всіх виробничих параметрів. Результати розрахунку зазначеної «сумарної» ймовірності для окремих комбінацій значень нечітких виробничих параметрів також записуються в таблицю, приклад якої наведено у вигляді таблиці 2.3.

Таблиця 2.3

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № комбінації | W, кВт∙год | P |
| 1 | W1 | P1 |
| 2 | W2 | P2 |
| 3 | W3 | P3 |
| … | … | … |
| n | Wn | Pn |

#### 2.5.3.2 Алгоритм побудови розрахункових моделей електроспоживання

Після отримання необхідних для розрахунків даних, потрібно виконати послідовність дій, що приведе до отримання кінцевого значення витратної частини електричного балансу підприємства, використовуючи отриману модель.

3.

1.

2.

**Рисунок 2.12 – Алгоритм** **побудови розрахункових моделей електроспоживання**

Алгоритм виконується у наступній послідовності:

1. Виконується перевірка, чи всі дані були задіяні
2. Якщо ні, то виконуються розрахунки, відповідні до значення, яке використовується при розрахунках на даному етапі ітерації
3. Якщо усі розрахунки закінчились, використовується значення, отримане при розрахунку даної моделі споживання електроенергії

#### 2.5.3.3 Програмна реалізація алгоритму

У програмній реалізації даного етапу алгоритму, виконується розрахунок кожного окремого модуля, який відповідає кожному окремому згенерованому значенню отриманої моделі. Так при отриманні програмою параметру, відповідного до розрахунку рециркуляційного насосу, програма використає модуль, який відповідає цьому параметру та збереже отримане значення для подальшої реалізації алгоритму.

### 2.5.4 Перевірка правдоподібності побудови розрахункових моделей та визначення найбільш ймовірного електробалансу котельної

**2.5.4.1 Основні положення**

Кожен з одержаних варіантів електробалансу котельної необхідно перевірити з точки зору його правдоподібності. З цією метою загальний розрахунковий обсяг споживання електроенергії на котельній, який відповідає тому чи іншому варіанту її електробалансу, порівнюється з фактичними даними обліку витрат електроенергії на котельній за відповідний період і перевіряється, чи знаходиться різниця між цими величинами у межах певної, заздалегідь прийнятої припустимої похибки. Наприклад, якщо припустима похибка приймається рівною 5%, то загальний розрахунковий обсяг споживання електроенергії на котельній *W* повинен знаходитись в наступних межах :

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.11) |

де *Wл*− фактичні дані обліку витрат електроенергії, кВт.

Якщо умова не виконується, то одержаний варіант електробалансу котельної не приймається тому що є неправдоподібним. Якщо ж зазначена умова виконується, то можна вважати, що побудований варіант електробалансу є правдоподібним і може використовуватись для подальшого аналізу.

Отже, результатом виконання кожної ітерації процедури формування розрахункових моделей споживання електричної енергії на котельній є один із можливих і правдоподібних варіантів витратної частини її електробалансу. Кожен з таких варіантів розрахункового електробалансу відповідає конкретній комбінації можливих значень нечітких виробничих параметрів

Наведена процедура побудови розрахункових моделей електроспоживання повторюється, починаючи з генерування нових можливих комбінацій числових значень нечітких виробничих параметрів, і продовжується, доки не буде отримана необхідна, достатньо велика кількість правдоподібних варіантів балансів споживання електроенергії на котельній.

Таким чином, останнім етапом застосування ймовірнісно-статистичного підходу до побудови балансів споживання електричної енергії на котельних є порівняння всіх одержаних на попередньому етапі правдоподібних варіантів цих електробалансів за величиною «сумарної» ймовірності появи кожного з них. При цьому найбільш достовірним слід вважати той варіант витратної частини балансу споживання електроенергії, ймовірність появи якого є найбільшою.

#### 2.5.4.2 Алгоритм перевірки правдоподібності побудови розрахункових моделей

Останнім етапом розрахунку є перевірка правдоподібності побудованої моделі. На цьому етапі необхідне використання значення, яке буде виконувати порівняльний характер. Алгоритм складається з наступних етапів:

1. Порівняння значення із зазначеними межами
2. Якщо значення пройшло перевірку, воно записується до бази даних для подальшого аналізу
3. Якщо значення не входить до можливого діапазону, воно ігнорується і видаляється
4. Після проведення усіх перевірок обирається найбільш ймовірне значення за серед усіх збережених до бази даних

1.

3.

2.

3.

Рисунок 2.13 - Алгоритм перевірки правдоподібності побудови розрахункових моделей

#### 2.5.4.3 Програмна реалізація алгоритму

При програмній обробці отриманої моделі, об’єкту необхідне додаткове введення значення споживання об’єктом електроенергії для порівняння його із розрахованим і збереження результатів моделювання лише у тому випадку, якщо розраховане значення відповідає наведеним вище вимогам.

## 2.6 Необхідність розробки та використання спеціального програмного продукту для проведення розрахунку витратної частини підприємства з використання ймовірнісно-статистичного методу

Розрахунок з використанням ймовірнісно-статистичного методу потребує великої кількості розрахунків та використання певних алгоритмів, що може бути дуже складно у відтворенні та може потребувати додаткового обладнання або додаткових програмних продуктів для досягнення встановленої мети. При використанні певних програмних продуктів стає необхідним відтворення алгоритмів розрахунку та побудова математичної моделі розрахункового об’єкта. При проведенні розрахунків на достатньо великій кількості об’єктів стає очевидним той факт, що алгоритм виконання дій для відтворення розрахункової моделі повторюється, що не є доцільним для людини, яка виконує розрахунок, повторювати виконані ним дії кожного разу на підприємствах з однаковою структурою та способом розрахунку витратної частини балансу.

Можливим є спосіб відтворення однакових алгоритмів за допомогою конкретних комп’ютерних продуктів, проте, такі продукти не мають спеціалізованого призначення для подібного використання, не дуже зручні у подальшому використанні.

Ця робота має під собою мету запропонувати рішення, що полягає у створенні спеціального програмного продукту, який би повністю відповідав поставленим вимогам з точки зору достовірності розрахунку витратної частини підприємства, коректного використання наведених вище алгоритмів, таких як: метод розрахунку витратної частини балансу підприємства, наведений у нормативній документації з усіма корегуваннями та виправленнями та метод побудови електробалансів підприємства за допомогою ймовірнісно-статистичного методу.

Подібна програма повинна відтворювати запрограмовану модель підприємства, на якому вона використовується, спираючись на вхідні дані, які є підставою для розрахунків, отримання моделей та складання балансів.

Суттєво така програма повинна відрізнятися від використання спеціальних програмних продуктів тим, що вона має відповідати конкретним цілям розрахунку конкретним методом, буде доцільною у використанні при проведенні розрахунків, буде створена спираючись на нормативні документи, що можна буде використовувати для більш вірогідної та достовірної оцінки результатів.

Програмний продукт, розроблений на використання у конкретних умовах може бути використаний необхідну кількість разів, не втрачаючи час на перебудову моделі виробничого об’єкту, а досягати однаково якісного результату, змінюючи вхідні дані.

При детальному розгляданні наведеного вище алгоритму розрахунку, стає очевидним той факт, що при збільшенні розрахункових параметрів, відповідна кількість ітерацій, необхідних для отримання бажаного результату зростає експоненціально, що робить майже неможливим своєчасний контроль та моніторинг витратної частини балансу електричної енергії. Проте, програмний продукт, створений та розроблений для цих потреб здатен полегшити дану задачу, звести усі необхідні розрахунки до мінімуму та має потенціал використання у системах автоматизації моніторингу витратної частини балансу підприємства для покращення енерговикористання підприємства.

## 2.7 Створення алгоритму програмного продукту для розрахунку витратної частини балансу електричної енергії на виробничому об’єкті

При розробці та використанні програмного продукту будемо спиратися на розрахунок витратної частини балансу котельної, як приклад використання існуючого алгоритму розрахунку з використанням методології наведеної у Порядку та ймовірнісно-статистичного методу, для отримання найбільш повних та достовірних результатів.

Розробка програмного продукту завжди базується на певному алгоритмі, який відображає логіку та структуру продукту та найбільш детально розкриває суть розрахунків.

Алгоритм даної програми складається з декількох етапів, які певною мірою пов’язані між собою та потребують ітеративного повторення, що в свою чергу потребує певної кількості програмних ресурсів, тому що значною мірою кількість операцій, необхідна для проведення розрахунків залежить від продуктивності комп’ютерної машини, яка може бути задіяна.

Виконання алгоритму програмою зводиться до ітеративного виконання розрахунку наведеного у Порядку з наведеними вдосконаленнями для знаходження шуканого значення споживання електричної енергії розробленою моделлю. Після цього, виконання приведених вище дій повторюється, проте при нових змодельованих даних, що ілюструє псевдо-реальну унікальну ситуацію, яка розглядається на окремому об’єкті. Така кількість ітерацій повторюється необхідну кількість разів, яка залежить від кількості обраних параметрів та, відповідно, кількості комбінацій, які можна скласти з ними. Після проведення усіх ітерацій ми отримуємо певну вибірку з отриманих значень споживання електричної енергії, які були отримані певними моделями об’єктів з ймовірнісно-випадковими значеннями нечітких виробничих параметрів, взятих на основі вибірки даних експертного оцінювання. Також ми отримуємо вірогідність випадання найбільш достовірних значень розрахованих можливих значень витратної частини електричного балансу, на основі яких ми можемо визначити найбільш вірогідну подію, яка відповідає найбільш вірогідному значенню витрати електричної енергії на об’єкті який розглядається.

### 2.7.1 Алгоритм розрахунку нормативних витрат електроенергії тяго-дуттьовим обладнанням

Кожна котельна установка продуктивністю вище ніж 1,5 Гкал/год обладнана індивідуальним тяго–дуттьовим обладнанням з регулюванням продуктивності направляючими апаратами та дроселюванням шиберами.

Споживана електродвигуном димососу або дуттьового вентилятора потужність розраховується за формулою, кВт:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.12) |

де *k*– коефіцієнт запасу (для димососів – 1,2;для вентиляторів – 1,1);

*V*– середня за розрахунковий період продуктивність тяго–дуттьового обладнання, м3/год.;

*Нр*– повний тиск, який створює тяго–дуттьове обладнання при середній за розрахунковий період продуктивності,кг/м2;

*ηн*– експлуатаційний коефіцієнт корисної дії на валу нагнітача (димососа або вентилятора);

*ηм–* коефіцієнт корисної дії, який враховує втрати у підшипниках;

*ηе–* коефіцієнт корисної дії електродвигуна.

Середня продуктивність тяго–дуттьового обладнання визначається за наступними формулами.

Середня продуктивність вентилятора розраховується по формулі, м3/год:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.13) |

Середня продуктивність димососа розраховується по формулі,м3/год:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.14) |

де *bk.i*– норма питомої витрати палива на виробництво теплової енергії для і–го котла при плановому навантаженні, кг у.п./Гкал (приймається за режимними картами або розраховується згідно КТМ 204 України 246–99 "Галузева методика нормування витрат палива на виробництво та відпуск теплової енергії котельнями теплового господарства"[16]);

*Qki*– плановий обсяг виробництва теплової енергії котлом за розрахунковий період, Гкал;

*αх.п*– коефіцієнт надлишку повітря в топці;

*αд.г*. – коефіцієнт надлишку повітря в димових газах (середні значення цих коефіцієнтів визначаються згідно відповідних таблиць Порядку);

*kе*– тепловий еквівалент перерахування натурального палива в умовне визначається за формулою:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.15) |

де *Qр.н.*– нижча теплота згорання робочого складу палива, ккал/кг;

*V1*– теоретичний питомий об'єм повітря, необхідного для згорання розрахункової одиниці натурального палива, нкуб.м/кг;

*V2*– теоретичний питомий об'єм димових газів, що утворюються при згоранні розрахункової одиниці натурального палива, нкуб.м/кг;

*Т*– тривалість роботи тяго–дуттьового обладнання протягом розрахункового періоду, год;

*tх.п*. – температура "холодного" повітря,°С;

*tд.г*. – температура димових газів, °С.

Повний розрахунковий тиск нагнітача для певного режиму роботи котла визначається за даними аеродинамічних розрахунків або випробувань котельного агрегату.

Експлуатаційний коефіцієнт корисної дії на валу нагнітача визначається за паспортною аеродинамічною характеристикою тяго–дуттьового обладнання для розрахованої продуктивності та для розрахункового тиску, приведеного до "паспортних" умов складання характеристики. Приведений тиск визначається за формулою, кг/ м2:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.16) |

де *Kρ*– коефіцієнт приведення, який розраховується за формулою:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.15) |

де *tр*– розрахункова температура повітря або димових газів, °C;

*tпасп.*– температура, за якої складена паспортна характеристик анагнітача, °C;

*ρ0*– густина димових газів або повітря за "нормальних" умов, кг/нкуб.м.

За відсутності аеродинамічних характеристик обладнання споживана потужність електродвигуна тяго–дуттьового обладнання (за наявності направляючого апарата) може бути визначена як частка від номінальної потужності з урахуванням експлуатаційних коефіцієнтів корисної дії за формулою, кВт:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.17) |

де *Рпасп.ном*. – номінальна паспортна потужність нагнітача, кВт, яка розраховується за формулою:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.18) |

де *Нпасп.ном*– паспортний номінальний тиск нагнітача,кгс/кв.м;

*Vпасп.ном* – паспортна номінальна продуктивність нагнітача, куб.м/год;

*ηпасп.ном*– паспортний номінальний коефіцієнт корисної дії нагнітача;

*Kексп*– експлуатаційний коефіцієнт, який визначається залежно від відношення розрахункової продуктивності нагнітача до номінальної. Експлуатаційний коефіцієнт визначається згідно відповідної таблиці Порядку.

Алгоритм розрахунку нормативних витрат електроенергії тяго-дуттьовим обладнанням котельної можна представити у вигляді блок-схеми, яка зображена на рисунку 2.1.

Згідно наведеного алгоритму розрахунок проводиться в наступній послідовності:

1. Програма отримує дані, необхідні для розрахунку, згідно моделей обладнання, яке використовується з бази даних.
2. Згідно з кількістю експлуатаційних об’єктів, генерується відповідна кількість програмних об’єктів, які використовуються для подальших розрахунків
3. Виконується розрахунок продуктивності обладнання *(Vд,Vв)* за формулами (2.13-2.14) та усі допоміжні розрахунки для знаходження значень продуктивності обладнання.
4. Отримання згенерованих даних обладнання *(V, Н, ɳ*Розрахунок паспортної номінальної потужності обладнання *(Рпасп.ном)* здійснюється за формулою (2.18).
5. За формулою (2.17) виконується розрахунок середньої електричної потужності димососа/вентилятора.
6. Виконується визначення нормативної витрати електроенергії *(W)* усіма створеними програмою обладнаннями даного типу

Вихідні дані

2.

1.

3.Vд,Vв

4.V, Н, ɳ

5.Рпасп.ном

6.Р

7.W

Рисунок 2.14−Алгоритм розрахунку нормативних витрат електроенергії тяго-дуттьовим обладнанням котельної.

### 2.7.2 Алгоритм розрахунку нормативних витрат електроенергії насосами

Обсяг споживання електроенергії двигуном насоса будь-якого призначення визначається за загальною формулою (2.3).

Середня потужність, що споживається електродвигуном насоса визначається за формулою, кВт:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.19) |

де *G*– середня продуктивність насоса, т/год;

*H*– повний тиск насоса за гідравлічною характеристикою для даної продуктивності, м в.ст;

*ηн*– ККД на валу насоса (визначається за гідравлічною паспортною або експлуатаційною характеристикою);

*ηе*– ККД електродвигуна;

*ηм*– коефіцієнт корисної дії, який враховує втрати в підшипниках.

ККД у режимах, близьких до номінальних, визначений за паспортною характеристикою, коригується за формулою:

|  |  |
| --- | --- |
| *ηн = ηпасп. – ηкр. – ηнапр**.,* | (2.20) |

де *ηпасп.* – паспортний ККД насоса, %;

*ηкр*– критичне значення ККД насоса, %;

*ηнапр.*– зниження ККД внаслідок тривалої експлуатації, %.Визначається за відповідним графіком.

Необхідна кількість капремонтів визначається залежно від терміну напрацювання насоса за рік:

8000 год/рік – міжремонтний термін 2 роки;

5000 год/рік – міжремонтний термін 3 роки;

4000 год/рік – міжремонтний термін 4 роки.

Для електродвигуна, обладнаного частотним регулятором, враховується ККД регулятора та втрати електроенергії при зміні частоти струму за формулою, кВт:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.21) |

де *G1*– продуктивність в мережі при зміненому навантаженні мережі, т/год;

*H1* – тиск в мережі при зміненому навантаженні мережі, м в.ст;

*ηн*– номінальний ККД насоса;

*ηе*– номінальний ККД двигуна.

#### 2.7.2.1 Алгоритм розрахунку нормативних витрат енергії рециркуляційними насосами

Витрата електроенергії рециркуляційним насосом розраховується за формулами (2.3) та (2.19).

Середня загальна продуктивність рециркуляційних насосів котельної визначається за формулою, т/год.:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.22) |

Де *Gм*– витрата мережевої води, т/год.;

*tк.min* – мінімальна допустима температура води на вході в сталевий котел за умови недопущення корозії, °С;

*τ1, τ2*– середня за розрахунковий період роботи котлатемпература відповідно в подавальному та зворотному трубопроводах теплової мережі, °С;

*t к*– температура води на виході з котла, °С.

Середнє теплове навантаження на опалення розраховується по формулі, Гкал/год:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.23) |

де  – середнє теплове навантаження котельні, Гкал/год;

 – середнє теплове навантаження на ГВП, Гкал/год;

 – нормативні витрати тепла на власні потреби котельні;

Тиск та ККД насоса визначаються за гідравлічною характеристикою відповідно до продуктивності.

При відсутності гідравлічної характеристики насоса величина тиску орієнтовно становить 15 – 25 м в.ст. – для котлів продуктивністю до 10 Гкал/год і 25– 35 м в.ст.– для котлів продуктивністю від 10 до 50 Гкал/год.

Розрахунок проводиться в наступній послідовності:

1. Виконується генерування необхідних значень відповідно до кількості робочих рециркуляційних насосів та відповідного обладнання
2. Величина середньої за розрахунковий період роботи котла температури в подавальному трубопроводі теплової мережі розраховується по наступній формулі, °С:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.24) |

1. Розрахунок витрати мережевої води для котельної.
2. Розподіл витрат мережевої води між котлами визначається по формулі, т/год.:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.25) |

1. Розрахунок продуктивності рециркуляційного насоса *(Gрец)* кожного з котлів здійснюється за формулою (2.22).
2. Отримання згенерованих даних обладнання*(V, Н, ɳ).*
3. Виконується перевірка ступеню наближення режиму роботи насоса до номінального.
4. Коригування експлуатаційного ККД насосів.
5. Розрахунок середньої електричної потужності насосів*(Pi).*
6. Величина ККД електродвигуна насоса знаходиться зі співвідношенні:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.26) |

1. Розрахунок середньої потужності, що споживається електродвигуном кожного насосу виконується по наступній формулі, кВт:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.27) |

1. Загальні нормативні витрати електричної енергії рециркуляційними насосами визначаються, як сума нормативних витрат електроенергії кожним рециркуляційним насосом *(Wсум)*.

На рисунку 2.15 представлений алгоритм розрахунку нормативних витрат електроенергії рециркуляційними насосами у вигляді блок-схеми.

Вихідні дані

1.

2.

3.

4.

5.

6.Нр, ɳн

7

ні

так

8.

9.Рi

12.Wсум

11. Pдв

10.ɳдв

Рисунок 2.15− Алгоритм розрахунку нормативних витрат електроенергії рециркуляційними насосами

#### 2.7.2.2 Алгоритм розрахунку нормативних витрат електроенергії насосами сирої води

Нормативні витрати електроенергії для насосів сирої води визначаються за формулами (2.3) та (2.19).

Для розрахункової продуктивності за гідравлічною характеристикою визначаються загальний тиск та ККД насоса.

Величину тиску насоса приймають в межах 25–30 м в.ст. (що в даному випадку являє собою нечітко задану величину, яка має бути згенерована при наступній фазі алгоритму), ККД насоса приймається рівним 0,7.

Середня продуктивність насоса сирої води для котелень зі сталевими водогрійними котлами визначається за наступною формулою,т/год.:

|  |  |
| --- | --- |
| *Gс.в. = 1,2(Gпідж + k Gт.м)**,* | (2.28) |

де *1,2* – коефіцієнт, який враховує втрати води на технічні потреби ХВО;

*Gт.м* – витрати мережевої води, т/год;

*k* – коефіцієнт, який враховує втрати сирої води на внутрішні потреби, k=1– 2%.

Середня продуктивність підживлення рівна:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.29) |

де  – коефіцієнт, що визначає втрати води в тепловій мережі;

 – загальний об’єм трубопроводів зовнішньої та внутрішньої мережі теплопостачання, м3;

 – густина води при середній температурі у прямому та зворотному трубопроводах,т/м3.

Розрахунок проводиться в наступній послідовності:

1. Отримання необхідних значень з бази даних та значення витрати мережевої води після закінчення розрахунку рециркуляційним насосом.
2. Розрахунок продуктивності насоса *(Gс.в)* виконується за формулою (2.28).
3. Отримання згенерованих даних обладнання*(V, Н, ɳ).*
4. Виконується перевірка ступеню наближення режиму роботи насоса до номінального.
5. Коригування ККД насосу.
6. Визначення середньої потужності, що споживається насосом *(Р).*
7. Розрахунок ККД електродвигуна*(ɳдв)* насоса виконується по формулі (2.26).
8. Розрахунок середньої потужності, що споживається електродвигуном *(Рдв)* насоса виконується по формулі (2.27).
9. Розрахунок нормативних витрат електроенергії насосом сирої води*(W)*.

На рисунку 2.16 представлений алгоритм розрахунку нормативних витрат електроенергії насосами сирої води у вигляді блок-схеми.

1.

Вихідні дані

2.

3.Нр, ɳн

4.

5.

6.Рсер

9.W

8. Рдв

7.ɳдв

Рисунок 2.16 − Алгоритм розрахунку нормативних витрат електроенергії насосом сирої води

#### 2.7.2.3 Алгоритм розрахунку нормативних витрат електричної енергії для підживлюючих насосів

Нормативні витрати електроенергії для підживлюючи насосів визначаються за формулами (2.3) та (2.19).

Витрата води на підживлення мережі за опалювальний сезон розраховується по формулі, т/год:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.30) |

де  – тривалість опалювального сезону, год.

Тривалість роботи підживлюючого насоса розраховується по наступній формулі, год.:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.31) |

де ** – номінальна продуктивність насоса, т/год.

На рисунку 2.17 представлений алгоритм розрахунку нормативних витрат електроенергії підживлюючими насосами у вигляді блок-схеми.

Розрахунок проводиться в наступній послідовності:

1. Отримання необхідних значень з бази даних та значення витрати мережевої води після закінчення розрахунку рециркуляційним насосом та насосом сирої води.
2. Розрахунок необхідної кількості води () для підживлення мережі протягом сезону визначається по формулі(2.30).
3. Розрахунок тривалості безперервної роботи насосу *(Тсез)* протягом року визначається по формулі (2.31).
4. Отримання згенерованих даних обладнання*(Н, ɳ).*

6. Коригування ККД насосу.

7. Розрахунок середньої потужності, що споживається насосом *(Рн).*

8. Розрахунок ККД електродвигуна насоса *(ɳдв)* виконується по формулі (2.26).

9. Розрахунок середньої потужності, що споживається електродвигуном насоса *(Рдв)*виконується по формулі (2.27).

10. Розрахунок нормативних витрат електричної енергії *(W)* підживлюючим насосом.

Вихідні дані

1.

2.

3.

4.Нр, ɳн

6.

10.W

9.Рдв

8. ɳ дв

7.Рн

Рисунок 2.17 − Алгоритм розрахунку нормативних витрат електроенергії підживлюючими насосами

#### 2.7.2.4 Алгоритм розрахунку нормативних витрат електричної енергії мережевими насосами

Нормативні витрати електроенергії для мережевих насосів визначаються за формулами (2.3) та (2.18).

Середня продуктивність мережевих насосів розраховується по формулі, т/год.:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.32) |

де  – витрата мережевої води, т/год;

 – середня продуктивність підживлення теплової мережі, т/год.

Кількість мережевих насосів визначається наступним чином:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.33) |

Середня продуктивність одного мережевого насоса розраховується по формулі, т/год:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.34) |

На рисунку 2.17 представлений алгоритм розрахунку нормативних витрат електроенергії мережевими насосами у вигляді блок-схеми.

Розрахунок проводиться в наступній послідовності:

1. Отримання розрахункових значень з бази даних відповідного до визначеного обладнання, отримання розрахованих даних усіх наведених насосів.

2. Розрахунок загальної кількості *(N)* мережевих насосів визначається по формулі (2.33).

3. Розрахунок середньої продуктивності кожного мережевого насосу  виконується по формулі (2.42).

4. Розрахунок середньої продуктивності мережевих насосів визначається по формулі (2.32).

1. Отримання згенерованих даних обладнання*(Н, ɳ).*.

6. Перевірка ступеню наближення режиму роботи кожного насоса до номінального.

7. Коригування ККД.

8. Визначення середньої електричної потужності, що споживається кожним мережевим насосом *(Рі).*

9. Розрахунок ККД електродвигуна насоса *(ɳдв)*виконується по формулі (2.25).

10. Розрахунок потужності, що споживається електродвигуном мережевого насоса *(Рдв)* виконується по формулі (2.26).

11. Розрахунок нормативних витрат електричної енергії *(W)*насосами.

Вихідні дані

1.

2.

4.

3.

5.Нр, ɳн

7.

6.

8.Рі

11.W

10.Рдв

9.ɳдв

Рисунок 2.17 − Алгоритм розрахунку нормативних витрат електричної енергії мережевими насосами

#### 2.7.2.5 Алгоритм розрахунку нормативних витрат електроенергії насосами хімводообробки, іншими дрібними нагнітачами та допоміжним обладнанням котельних

Для розрахунку споживання електроенергії насосами ХВО, іншими дрібними нагнітачами та допоміжним обладнанням котельних використовується формула, кВт:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.35) |

де *Pуст* – установлена потужність (паспортна) електроприймача, кВт;

*Kn* – коефіцієнт використання електричної потужності, визначається згідно за відповідною таблицею Порядку;

*Tm*– кількість годин використання максимуму потужності за даними експлуатаційних підрозділів підприємства, год;

*n*– кількість енергоприймачів.

## Висновки до розділу

1. Один із способів вдосконалення існуючої методики розрахунку витратної частини електричного балансу є використання алгоритму розрахунку, який базується на використанні ймовірнісно-статистичного методу для подолання недоліків, зв'язаних із наявністю нечітко визначених виробничих параметрів та підвищення точності отриманого кінцевого результату.
2. Виконання розрахунку витратної частини електричного балансу котельної можна звести до чітко структурованого алгоритму, який може бути використаний для побудови на його базі математичної моделі для імітування роботи котельної
3. Створення прототипу програмного продукту, який дозволить здійснювати розрахунок витратної частини електричного балансу спираючись на алгоритм розрахунку витрат електроенергії на котельній та побудований на цій базі алгоритм розрахунку ймовірнісно-статистичним методом дозволить скоротити час на імітування моделі котельної та підвищити точність розрахунків, виключаючи людський фактор.

# 3. ПРИКЛАД ВИКОРИСТАННЯ РОЗРОБЛЕНОГО ПРОТОТИПУ ПРОГРАМНОГО ПРОДУКТУ, ПОБУДОВАНОГО НА БАЗІ ЙМОВІРНІСНО-СТАТИСТИЧНОГО ПІДХОДУ

## 3.1 Побудова електробалансу котельної, використовуючи розроблений прототип програмного продукту для розрахунку витратної частини електричного балансу.

Як зазначено у попередньому розділі, створення програмного продукту, спеціалізованого на виконанні розрахунків, необхідних для точного визначення витратної частини електричного балансу котельної необхідне для спрощення розрахункового процесу, зменшення впливу людського фактору та збільшення точності та швидкості розрахунків. Для перевірки працездатності розробленого алгоритму потрібно обрати об’єкт дослідження та отримавши усі необхідні вхідні дані провести розрахунок, використовуючи розроблену програму. Після отримання кінцевого результату, необхідно перевірити точність розрахунків, порівнявши ці дані із даними, отриманими через проведення розрахунків, не використовуючи спеціальних програм. Такий розрахунок було проведено у магістерській дисертації [AAA], в якій детально описані методи, використані про розрахунках та обрано об’єкт, енергетичний баланс якого було отримано при використанні ймовірнісно-статистичного підходу у розрахунках.

Отримані дані будуть порівняні між собою для отримання чіткого розуміння придатності обраного підходу до розрахунків, визначення переваг та недоліків такого підходу та апробації роботи розробленого прототипу програмного продукту.

### 3.1.1 Відомості про підприємство та основне обладнання

Районна котельна, розташована в м.Львів. Котельна надає послуги з гарячого водопостачання, опалення та вентиляції житлових будинків.

Планові теплові навантаження котельні наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Теплове навантаження котельної

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Місце розташування  котельної  (населений пункт) | Планове теплове навантаження котельної за розрахунковий період, Гкал/год | |
| На опалення (максимальне) | На ГВП (середнє) |
| Львів | 4,56 | 1,04 |

Перелік основного та допоміжного обладнання котельні,а також його основні характеристики наведені в таблицях 3.2-3.3.

Таблиця 3.2 – Технічна характеристика помпового обладнання

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Тип помпового обладнання | Марка | Кількість, шт. |
| Рециркуляційний | К125-100-250/4 | 2 |
| Мережевий | [К100-65-250](http://electronpo.ru/nasos-k100-65-200) | 3 |
| Підживлення | [К80-50-250/4](http://electronpo.ru/nasos-k80-50-200) | 1 |
| Сирої води | [К50-32-250/4](http://electronpo.ru/nasos-k50-32-125) | 1 |
| Cольовий | К50-32-125 | 1 |
| Фільтраційний | К50-32-160 | 1 |

Таблиця 3.3 – Технічна характеристика тяго-дуттьового обладнання

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Електричний  споживач | Тип | Частота обертання, об/хв. | Номінальна  потужність,  кВт | К-ть  одиниць,  шт. |
| Димососи | ДН-8 | 1500 | 15 | 1 |
| ДН-8 | 1000 | 11 | 1 |
| Вентилятори | ВД-8 | 730 | 11 | 1 |
| ВД-6 | 970 | 5,5 | 1 |

Кількість годин роботи котлів та допоміжного обладнання приймаємо з урахуванням тривалості опалювального сезону для м. Львів, тобто 191 добу.

Об’єм води в трубопроводах теплової мережі складає 173,383 м3.Обладнання котельної введене в експлуатацію 01.10.1996 року.

### 3.1.2 Розрахунок планових нормативних витрат електричної енергії окремих об’єктів на котельній

Як вже було зазначено, програма поділяється на різні модулі, які в свою чергу складаються з об’єктів, які відповідають споживачам електричної енергії на котельній. Розробивши програмний продукт таким чином, маємо можливість відобразити усі можливі етапи розрахункового процесу та усі проведені ітерації під час загального розрахунку.

#### 3.1.2.1 Введення необхідних для розрахунків вхідних параметрів

Перш за все необхідно ввести у програму дані, які відповідають вимогам алгоритму за яким виконується розрахунок та які необхідні програмному продукту для проведення усіх розрахунків без помилок. Для цього створюється окремий файл необхідного формату та при запуску програми виконається обробка даних та іх збереження до бази даних.

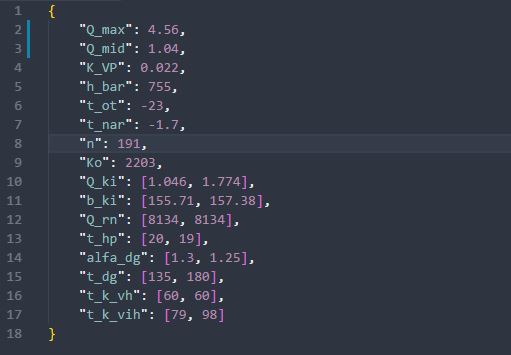


Рисунок 3.1 Вхідні параметри програми

Наступні дані, які необхідно ввести для проведення розрахунків – це експертні оцінки для коректної обробки даних та для реалізації ймовірнісно-статистичного підходу. Для цього також створюється окремий файл, який буде оброблено після запуску програми.

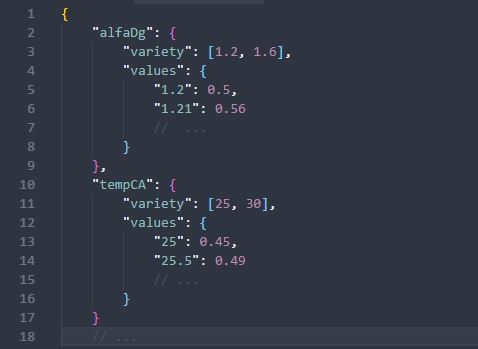


Рисунок 3.2 Вхідні дані експертних оцінок

#### 3.1.2.2 Розрахунок планових нормативних витрат електричної енергії для тяго-дутьового обладнання

Результат програмного розрахунку наведено на рисунку 3.3

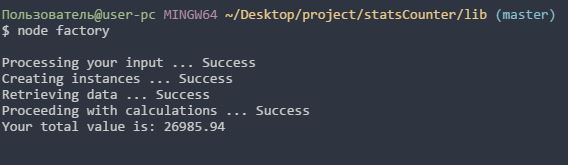


Рисунок 3.3 Результат розрахунку витрат електричної енергії для тяго-дутьового обладнання

#### 3.1.2.3 Розрахунок планових нормативних витрат електричної енергії для рециркуляційних насосів

Результат програмного розрахунку наведено на рисунку 3.4

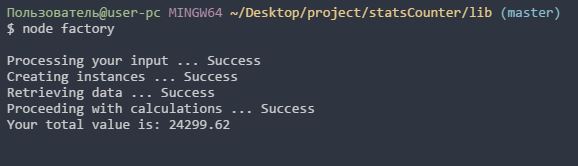


Рисунок 3.4 Результат розрахунку витрат електричної енергії рециркуляційних насосів

#### 3.1.2.4 Розрахунок планових нормативних витрат електричної енергії для підвищувальних насосів сирої води

Результат програмного розрахунку наведено на рисунку 3.5

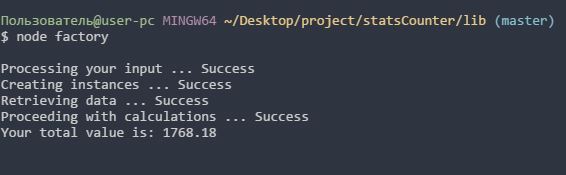


Рисунок 3.5 Результат розрахунку витрат електричної енергії для підвищувальних насосів сирої води

#### 3.1.2.5 Розрахунок планових нормативних витрат електричної енергії для підживлюючих насосів

Результат програмного розрахунку наведено на рисунку 3.6

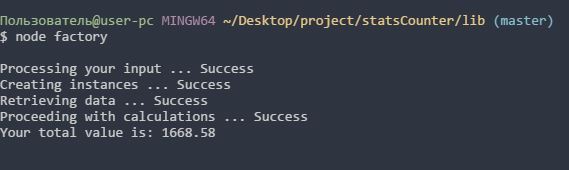


Рисунок 3.6 Результат розрахунку витрат електричної енергії підживлюючих насосів

#### 3.1.2.6 Розрахунок планових нормативних витрат електричної енергії для мережевих насосів

Результат програмного розрахунку наведено на рисунку 3.7

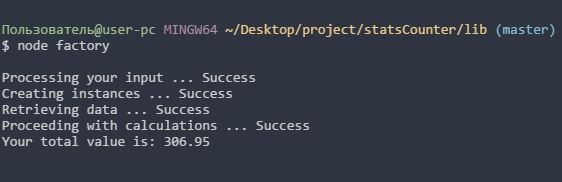


Рисунок 3.7 Результат розрахунку витрат електричної енергії для мережевих насосів

#### 3.1.2.7 Розрахунок планових нормативних витрат електричної енергії для насосів хімводообробки

Результат програмного розрахунку наведено на рисунку 3.8

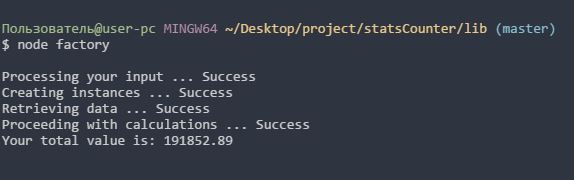


Рисунок 3.8 Результат розрахунку витрат електричної енергії для насосів хімводообробки

#### 3.1.2.9 Розрахунок планових нормативних витрат електричної енергії для додаткового обладнання

Всі розрахунки за даною формулою зведено в таблицю 3.4.

Таблиця 3.4 – Нормативні витрати для додаткового обладнання

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Найменування | Кількість, шт. | Встановлена одиниця потужності,  кВт | Сумарна потужність, кВт | Коефіціт попиту | Час роботи, год/сезон | Нормативні витрати, кВт·год/сез |
| Освітлення внутрішнє | 10 | 0,1 | 1,0 | 0,8 | 1464 | 1171,2 |
| Освітлення зовнішнє | 1 | 0,1 | 0,1 | 1 | 2196 | 219,6 |
| КВІПіА | 1 | 0,3 | 0,3 | 0,9 | 4584 | 1237,68 |
| Короткочасні пуски обладнання | 1 | 15,0 | 15,0 | 0,7 | 92 | 966,0 |
|  |  |  |  |  | Σ | 3594,48 |

### 3.1.3 Використання даних експертного оцінювання

В процесі обробки результатів експертного опитування визначаються всі можливі рівні значень кожного з нечітких вихідних параметрів, які у подальшому будуть використані при побудові електробалансу котельної, а також ймовірності того, що реальні середні величини відповідних нечітких виробничих параметрів дорівнюють тому чи іншому з можливих рівнів їх значень.

Таблиця 3.5 – Результати опитування експертів щодо числових значень нечітких параметрів

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Найменування  нечіткого показника | Рівень значень показника | Ймовірність появи значень показника за оцінками експертів | | | |
| №1 | №2 | №3 | Середнє |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 |
| 1 | Коефіцієнт надлишку повітря в  димових газах | 1,3 | 0,2 | 0,49 | 0,96 | 0,55 |
| 1,35 | 0,27 | 0,97 | 0,56 | **0,6** |
| 1,4 | 0,52 | 0,51 | 0,11 | 0,38 |
| 1,45 | 0,9 | 0,26 | 0,07 | 0,41 |
| 1,5 | 0,49 | 0,21 | 0,05 | 0,25 |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 2 | Коефіцієнт надлишку повітря в топці | 1,06 | 0,09 | 0,24 | 0,33 | 0,22 |
| 1,07 | 0,14 | 0,38 | 0,5 | 0,34 |
| 1,08 | 0,25 | 0,75 | 1 | **0,67** |
| 1,09 | 0,75 | 0,75 | 0,5 | **0,67** |
| 1,1 | 0,75 | 0,4 | 0,33 | 0,49 |
| 3 | Тиск рециркуляційного насосу | 16 | 0,63 | 0,42 | 0,24 | 0,43 |
| 18 | 0,87 | 0,75 | 0,38 | **0,67** |
| 20 | 0,41 | 0,75 | 0,75 | 0,64 |
| 22 | 0,21 | 0,42 | 0,75 | 0,46 |
| 24 | 0,11 | 0,24 | 0,4 | 0,25 |
| 4 | Тиск мережевих насосів | 60 | 0,12 | 0,21 | 0,09 | 0,14 |
| 80 | 0,18 | 0,47 | 0,14 | 0,26 |
| 100 | 0,46 | 0,63 | 0,25 | 0,45 |
| 120 | 0,85 | 0,85 | 0,75 | **0,82** |
| 140 | 0,53 | 0,48 | 0,75 | 0,59 |
| 5 | Тиск насосу підживлення теплової мережі | 15 | 0,47 | 0,37 | 0,33 | 0,39 |
| 20 | 0,96 | 0,82 | 0,5 | 0,76 |
| 25 | 0,53 | 0,89 | 1 | **0,81** |
| 30 | 0,29 | 0,47 | 0,5 | 0,41 |
| 35 | 0,21 | 0,26 | 0,33 | 0,27 |
| 6 | Тиск насосу сирої води | 26 | 0,75 | 0,42 | 0,99 | **0,72** |
| 26,5 | 0,75 | 0,75 | 0,49 | 0,66 |
| 27 | 0,31 | 0,75 | 0,04 | 0,37 |
| 27,5 | 0,22 | 0,42 | 0,03 | 0,22 |
| 28 | 0,11 | 0,24 | 0,02 | 0,12 |
|  |  |  |  |  |  |  |

### 3.1.4 Генерування можливих комбінацій значень технологічних параметрів

На основі сформованих програмою вибірок псевдо реальних величин нечітких технологічних параметрів, відбувається генерування можливих комбінацій їх числових значень.

Оскільки було згенеровано по 50 величин для шести параметрів, то з цієї кількості можна отримати 1 192 052 400 варіантів різних комбінацій цих величин. В таблиці 3.6 частково представлені дані комбінації.

Для цього прикладу, зробимо так, щоб програма виводила дані по комбінаціям у окремий файл для більш наглядного їх розглядання

Таблиця 3.6 – Окремі комбінації псевдо реальних значень нечітких виробничих параметрів

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № комбінації | αд.г | αт | Нрец | Hс.в. | Hпідж. | Hмер. |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | 1.317 | 1.061 | 17.16 | 26.476 | 17.324 | 72.67 |
| 2 | 1.317 | 1.061 | 17.16 | 26.476 | 17.324 | 108.82 |
| 3 | 1.317 | 1.061 | 17.16 | 26.476 | 17.324 | 122.212 |
| 4 | 1.317 | 1.061 | 17.16 | 26.476 | 21.507 | 72.67 |
| 5 | 1.317 | 1.061 | 17.16 | 26.476 | 21.507 | 108.82 |
| 6 | 1.317 | 1.061 | 17.16 | 26.476 | 21.507 | 122.212 |
| 7 | 1.317 | 1.061 | 17.16 | 26.476 | 34.203 | 72.67 |
| 8 | 1.317 | 1.061 | 17.16 | 26.476 | 34.203 | 108.82 |
| 9 | 1.317 | 1.061 | 17.16 | 26.476 | 34.203 | 122.212 |
| 10 | 1.317 | 1.061 | 17.16 | 26.645 | 17.324 | 72.67 |
| 11 | 1.317 | 1.061 | 17.16 | 26.645 | 17.324 | 108.82 |
| 12 | 1.317 | 1.061 | 17.16 | 26.645 | 17.324 | 122.212 |
| 13 | 1.317 | 1.061 | 17.16 | 26.645 | 21.507 | 72.67 |
| 14 | 1.317 | 1.061 | 17.16 | 26.645 | 21.507 | 108.82 |
| 15 | 1.317 | 1.061 | 17.16 | 26.645 | 21.507 | 122.212 |
| 16 | 1.317 | 1.061 | 17.16 | 26.645 | 34.203 | 72.67 |
| 17 | 1.317 | 1.061 | 17.16 | 26.645 | 34.203 | 108.82 |
| 18 | 1.317 | 1.061 | 17.16 | 26.645 | 34.203 | 122.212 |
| 19 | 1.317 | 1.061 | 17.16 | 27.727 | 17.324 | 72.67 |
| 20 | 1.317 | 1.061 | 17.16 | 27.727 | 17.324 | 108.82 |
| 21 | 1.317 | 1.061 | 17.16 | 27.727 | 17.324 | 122.212 |
| 22 | 1.317 | 1.061 | 17.16 | 27.727 | 21.507 | 72.67 |
| 23 | 1.317 | 1.061 | 17.16 | 27.727 | 21.507 | 108.82 |
| 24 | 1.317 | 1.061 | 17.16 | 27.727 | 21.507 | 122.212 |
| 25 | 1.317 | 1.061 | 17.16 | 27.727 | 34.203 | 72.67 |
| 26 | 1.317 | 1.061 | 17.16 | 27.727 | 34.203 | 108.82 |
| 27 | 1.317 | 1.061 | 17.16 | 27.727 | 34.203 | 122.212 |
| 28 | 1.317 | 1.061 | 18.292 | 26.476 | 17.324 | 72.67 |
| 29 | 1.317 | 1.061 | 18.292 | 26.476 | 17.324 | 108.82 |
| 30 | 1.317 | 1.061 | 18.292 | 26.476 | 17.324 | 122.212 |
| 31 | 1.317 | 1.061 | 18.292 | 26.476 | 21.507 | 72.67 |
| 32 | 1.317 | 1.061 | 18.292 | 26.476 | 21.507 | 108.82 |
| 33 | 1.317 | 1.061 | 18.292 | 26.476 | 21.507 | 122.212 |
| 34 | 1.317 | 1.061 | 18.292 | 26.476 | 34.203 | 72.67 |
| 35 | 1.317 | 1.061 | 18.292 | 26.476 | 34.203 | 108.82 |
| 36 | 1.317 | 1.061 | 18.292 | 26.476 | 34.203 | 122.212 |
| 37 | 1.317 | 1.061 | 18.292 | 26.645 | 17.324 | 72.67 |
| 38 | 1.317 | 1.061 | 18.292 | 26.645 | 17.324 | 108.82 |
| 39 | 1.317 | 1.061 | 18.292 | 26.645 | 17.324 | 122.212 |
| 40 | 1.317 | 1.061 | 18.292 | 26.645 | 21.507 | 72.67 |
| 41 | 1.317 | 1.061 | 18.292 | 26.645 | 21.507 | 108.82 |
| 42 | 1.317 | 1.061 | 18.292 | 26.645 | 21.507 | 122.212 |
| 43 | 1.317 | 1.061 | 18.292 | 26.645 | 34.203 | 72.67 |
| 44 | 1.317 | 1.061 | 18.292 | 26.645 | 34.203 | 108.82 |
| 45 | 1.317 | 1.061 | 18.292 | 26.645 | 34.203 | 122.212 |
| 46 | 1.317 | 1.061 | 18.292 | 27.727 | 17.324 | 72.67 |
| 47 | 1.317 | 1.061 | 18.292 | 27.727 | 17.324 | 108.82 |
| 48 | 1.317 | 1.061 | 18.292 | 27.727 | 17.324 | 122.212 |
| 49 | 1.317 | 1.061 | 18.292 | 27.727 | 21.507 | 72.67 |
| 50 | 1.317 | 1.061 | 18.292 | 27.727 | 21.507 | 108.82 |
| … | … | … | … | … | … | … |
| 11 240 | 1.317 | 1.091 | 23.581 | 27.727 | 21.507 | 122.212 |
| 11 241 | 1.317 | 1.091 | 23.581 | 27.727 | 34.203 | 72.67 |
| 11 242 | 1.317 | 1.091 | 23.581 | 27.727 | 34.203 | 108.82 |
| 11 243 | 1.317 | 1.091 | 23.581 | 27.727 | 34.203 | 122.212 |
| 11 244 | 1.366 | 1.061 | 17.16 | 26.476 | 17.324 | 72.67 |
| 11 245 | 1.366 | 1.061 | 17.16 | 26.476 | 17.324 | 108.82 |
| 11 246 | 1.366 | 1.061 | 17.16 | 26.476 | 17.324 | 122.212 |
| 11 247 | 1.366 | 1.061 | 17.16 | 26.476 | 21.507 | 72.67 |
| 11 248 | 1.366 | 1.061 | 17.16 | 26.476 | 21.507 | 108.82 |
| 11 249 | 1.366 | 1.061 | 17.16 | 26.476 | 21.507 | 122.212 |
| 11 250 | 1.366 | 1.061 | 17.16 | 26.476 | 34.203 | 72.67 |
| 11 251 | 1.366 | 1.061 | 17.16 | 26.476 | 34.203 | 108.82 |
| 11 252 | 1.366 | 1.061 | 17.16 | 26.476 | 34.203 | 122.212 |
| 11 253 | 1.366 | 1.061 | 17.16 | 26.645 | 17.324 | 72.67 |
| 11 254 | 1.366 | 1.061 | 17.16 | 26.645 | 17.324 | 108.82 |
| 11 255 | 1.366 | 1.061 | 17.16 | 26.645 | 17.324 | 122.212 |
| 11 256 | 1.366 | 1.061 | 17.16 | 26.645 | 21.507 | 72.67 |
| 11 257 | 1.366 | 1.061 | 17.16 | 26.645 | 21.507 | 108.82 |
| 11 258 | 1.366 | 1.061 | 17.16 | 26.645 | 21.507 | 122.212 |
| 11 259 | 1.366 | 1.061 | 17.16 | 26.645 | 34.203 | 72.67 |
| 11 260 | 1.366 | 1.061 | 17.16 | 26.645 | 34.203 | 108.82 |
| 11 261 | 1.366 | 1.061 | 17.16 | 26.645 | 34.203 | 122.212 |
| 11 262 | 1.366 | 1.061 | 17.16 | 27.727 | 17.324 | 72.67 |
| 11 263 | 1.366 | 1.061 | 17.16 | 27.727 | 17.324 | 108.82 |
| 11 264 | 1.366 | 1.061 | 17.16 | 27.727 | 17.324 | 122.212 |
| 11 265 | 1.366 | 1.061 | 17.16 | 27.727 | 21.507 | 72.67 |
| 11 266 | 1.366 | 1.061 | 17.16 | 27.727 | 21.507 | 108.82 |
| 11 267 | 1.366 | 1.061 | 17.16 | 27.727 | 21.507 | 122.212 |
| 11 268 | 1.366 | 1.061 | 17.16 | 27.727 | 34.203 | 72.67 |
| 11 269 | 1.366 | 1.061 | 17.16 | 27.727 | 34.203 | 108.82 |
| 11 270 | 1.366 | 1.061 | 17.16 | 27.727 | 34.203 | 122.212 |
| 11 271 | 1.366 | 1.061 | 18.292 | 26.476 | 17.324 | 72.67 |
| 11 272 | 1.366 | 1.061 | 18.292 | 26.476 | 17.324 | 108.82 |
| 11 273 | 1.366 | 1.061 | 18.292 | 26.476 | 17.324 | 122.212 |
| 11 274 | 1.366 | 1.061 | 18.292 | 26.476 | 21.507 | 72.67 |
| 11 275 | 1.366 | 1.061 | 18.292 | 26.476 | 21.507 | 108.82 |
| 11 276 | 1.366 | 1.061 | 18.292 | 26.476 | 21.507 | 122.212 |
| 11 277 | 1.366 | 1.061 | 18.292 | 26.476 | 34.203 | 72.67 |
| 11 278 | 1.366 | 1.061 | 18.292 | 26.476 | 34.203 | 108.82 |
| 11 279 | 1.366 | 1.061 | 18.292 | 26.476 | 34.203 | 122.212 |
| 11 280 | 1.366 | 1.061 | 18.292 | 26.645 | 17.324 | 72.67 |
| 11 281 | 1.366 | 1.061 | 18.292 | 26.645 | 17.324 | 108.82 |
| 11 282 | 1.366 | 1.061 | 18.292 | 26.645 | 17.324 | 122.212 |
| 11 283 | 1.366 | 1.061 | 18.292 | 26.645 | 21.507 | 72.67 |
| 11 284 | 1.366 | 1.061 | 18.292 | 26.645 | 21.507 | 108.82 |
| 11 285 | 1.366 | 1.061 | 18.292 | 26.645 | 21.507 | 122.212 |
| 11 286 | 1.366 | 1.061 | 18.292 | 26.645 | 34.203 | 72.67 |
| 11 287 | 1.366 | 1.061 | 18.292 | 26.645 | 34.203 | 108.82 |
| 11 288 | 1.366 | 1.061 | 18.292 | 26.645 | 34.203 | 122.212 |
| 11 289 | 1.366 | 1.061 | 18.292 | 27.727 | 17.324 | 72.67 |
| 11 290 | 1.366 | 1.061 | 18.292 | 27.727 | 17.324 | 108.82 |
| … | … | … | … | … | … | … |
| 675 600 | 1.457 | 1.081 | 18.292 | 26.476 | 21.507 | 122.212 |
| 675 601 | 1.457 | 1.081 | 18.292 | 26.476 | 34.203 | 72.67 |
| 675 602 | 1.457 | 1.081 | 18.292 | 26.476 | 34.203 | 108.82 |
| 675 603 | 1.457 | 1.081 | 18.292 | 26.476 | 34.203 | 122.212 |
| 675 604 | 1.457 | 1.081 | 18.292 | 26.645 | 17.324 | 72.67 |
| 675 605 | 1.457 | 1.081 | 18.292 | 26.645 | 17.324 | 108.82 |
| 675 606 | 1.457 | 1.081 | 18.292 | 26.645 | 17.324 | 122.212 |
| 675 607 | 1.457 | 1.081 | 18.292 | 26.645 | 21.507 | 72.67 |
| 675 608 | 1.457 | 1.081 | 18.292 | 26.645 | 21.507 | 108.82 |
| 675 609 | 1.457 | 1.081 | 18.292 | 26.645 | 21.507 | 122.212 |
| 675 610 | 1.457 | 1.081 | 18.292 | 26.645 | 34.203 | 72.67 |
| 675 611 | 1.457 | 1.081 | 18.292 | 26.645 | 34.203 | 108.82 |
| 675 612 | 1.457 | 1.081 | 18.292 | 26.645 | 34.203 | 122.212 |
| 675 613 | 1.457 | 1.081 | 18.292 | 27.727 | 17.324 | 72.67 |
| 675 614 | 1.457 | 1.081 | 18.292 | 27.727 | 17.324 | 108.82 |
| 675 615 | 1.457 | 1.081 | 18.292 | 27.727 | 17.324 | 122.212 |
| 675 616 | 1.457 | 1.081 | 18.292 | 27.727 | 21.507 | 72.67 |
| 675 617 | 1.457 | 1.081 | 18.292 | 27.727 | 21.507 | 108.82 |
| 675 618 | 1.457 | 1.081 | 18.292 | 27.727 | 21.507 | 122.212 |
| 675 619 | 1.457 | 1.081 | 18.292 | 27.727 | 34.203 | 72.67 |
| 675 620 | 1.457 | 1.081 | 18.292 | 27.727 | 34.203 | 108.82 |
| 675 621 | 1.457 | 1.081 | 18.292 | 27.727 | 34.203 | 122.212 |
| 675 622 | 1.457 | 1.081 | 23.581 | 26.476 | 17.324 | 72.67 |
| 675 623 | 1.457 | 1.081 | 23.581 | 26.476 | 17.324 | 108.82 |
| 675 624 | 1.457 | 1.081 | 23.581 | 26.476 | 17.324 | 122.212 |
| 675 625 | 1.457 | 1.081 | 23.581 | 26.476 | 21.507 | 72.67 |
| 675 626 | 1.457 | 1.081 | 23.581 | 26.476 | 21.507 | 108.82 |
| 675 627 | 1.457 | 1.081 | 23.581 | 26.476 | 21.507 | 122.212 |
| 675 628 | 1.457 | 1.081 | 23.581 | 26.476 | 34.203 | 72.67 |
| 675 629 | 1.457 | 1.081 | 23.581 | 26.476 | 34.203 | 108.82 |
| 675 630 | 1.457 | 1.081 | 23.581 | 26.476 | 34.203 | 122.212 |
| 675 631 | 1.457 | 1.081 | 23.581 | 26.645 | 17.324 | 72.67 |
| 675 632 | 1.457 | 1.081 | 23.581 | 26.645 | 17.324 | 108.82 |
| 675 633 | 1.457 | 1.081 | 23.581 | 26.645 | 17.324 | 122.212 |
| 675 634 | 1.457 | 1.081 | 23.581 | 26.645 | 21.507 | 72.67 |
| 675 635 | 1.457 | 1.081 | 23.581 | 26.645 | 21.507 | 108.82 |
| 675 636 | 1.457 | 1.081 | 23.581 | 26.645 | 21.507 | 122.212 |
| 675 637 | 1.457 | 1.081 | 23.581 | 26.645 | 34.203 | 72.67 |
| 675 638 | 1.457 | 1.081 | 23.581 | 26.645 | 34.203 | 108.82 |
| 675 639 | 1.457 | 1.081 | 23.581 | 26.645 | 34.203 | 122.212 |
| 675 640 | 1.457 | 1.081 | 23.581 | 27.727 | 17.324 | 72.67 |
| 675 641 | 1.457 | 1.081 | 23.581 | 27.727 | 17.324 | 108.82 |
| 675 642 | 1.457 | 1.081 | 23.581 | 27.727 | 17.324 | 122.212 |
| 675 643 | 1.457 | 1.081 | 23.581 | 27.727 | 21.507 | 72.67 |
| 675 644 | 1.457 | 1.081 | 23.581 | 27.727 | 21.507 | 108.82 |
| 675 645 | 1.457 | 1.081 | 23.581 | 27.727 | 21.507 | 122.212 |
| 675 646 | 1.457 | 1.081 | 23.581 | 27.727 | 34.203 | 72.67 |
| 675 647 | 1.457 | 1.081 | 23.581 | 27.727 | 34.203 | 108.82 |
| 675 648 | 1.457 | 1.081 | 23.581 | 27.727 | 34.203 | 122.212 |
| 675 649 | 1.457 | 1.091 | 17.16 | 26.476 | 17.324 | 72.67 |
| 675 650 | 1.457 | 1.091 | 17.16 | 26.476 | 17.324 | 108.82 |
| … | … | … | … | … | … | … |

### 3.1.5 Отримання найбільш достовірного та імовірного значення електробалансу котельної

Після отримання таблиці ймовірностей, програма повинна виконувати усі попередні розрахунки до тих пір, доки є комбіновані дані для розрахунку. Як наведено у попередньому пункті, число таких розрахунків для нашого конкретного випадку дорівнює приблизно 1,2 мільйони.

Отже, після проведення усіх можливих ітерацій, ми отримаємо результати розрахунку зазначеної «сумарної» ймовірності для окремих комбінацій значень нечітких виробничих параметрів.

Також зробимо виведення цих даних у окремий файл, що дозволить відобразити результат, проте, ця дія не є необхідною з точки зору програми.

Таблиця 3.7 – «Сумарна» ймовірність появи окремих комбінацій

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № комбінації | W, кВт∙год | P | № комбінації | W, кВт∙год | P |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 275695.34 | 0.006 | 11 266 | 388549.54 | 0.006 |
| 2 | 387605.22 | 0.017 | 11 267 | 430007.28 | 0.008 |
| 3 | 429062.96 | 0.022 | 11 268 | 276796.12 | 0.001 |
| 4 | 275746.89 | 0.008 | 11 269 | 388706.01 | 0.002 |
| 5 | 387656.77 | 0.024 | 11 270 | 430163.74 | 0.003 |
| 6 | 429114.51 | 0.031 | 11 271 | 276681.24 | 0.007 |
| 7 | 275903.36 | 0.003 | 11 272 | 388591.12 | 0.019 |
| 8 | 387813.24 | 0.009 | 11 273 | 430048.86 | 0.024 |
| 9 | 429270.97 | 0.012 | 11 274 | 276732.79 | 0.009 |
| 10 | 275705.94 | 0.005 | 11 275 | 388642.67 | 0.026 |
| 11 | 387615.83 | 0.015 | 11 276 | 430100.41 | 0.033 |
| 12 | 429073.56 | 0.019 | 11 277 | 276889.25 | 0.003 |
| 13 | 275757.49 | 0.007 | 11 278 | 388799.13 | 0.01 |
| 14 | 387667.38 | 0.02 | 11 279 | 430256.87 | 0.013 |
| 15 | 429125.11 | 0.027 | 11 280 | 276691.84 | 0.006 |
| 16 | 275913.96 | 0.003 | 11 281 | 388601.72 | 0.016 |
| 17 | 387823.84 | 0.008 | 11 282 | 430059.46 | 0.021 |
| 18 | 429281.58 | 0.01 | 11 283 | 276743.39 | 0.008 |
| 19 | 275773.82 | 0.002 | 11 284 | 388653.27 | 0.022 |
| 20 | 387683.7 | 0.005 | 11 285 | 430111.01 | 0.029 |
| 21 | 429141.44 | 0.006 | 11 286 | 276899.85 | 0.003 |
| 22 | 275825.37 | 0.002 | 11 287 | 388809.74 | 0.008 |
| 23 | 387735.26 | 0.006 | 11 288 | 430267.47 | 0.011 |
| 24 | 429192.99 | 0.008 | 11 289 | 276759.72 | 0.002 |
| 25 | 275981.84 | 0.001 | 11 290 | 388669.6 | 0.005 |
| 26 | 387891.72 | 0.002 | … | … | … |
| 27 | 429349.46 | 0.003 | 675 600 | 431682.53 | 0.071 |
| 28 | 275866.95 | 0.007 | 675 601 | 278471.38 | 0.007 |
| 29 | 387776.83 | 0.02 | 675 602 | 390381.26 | 0.021 |
| 30 | 429234.57 | 0.026 | 675 603 | 431839 | 0.027 |
| 31 | 275918.5 | 0.01 | 675 604 | 278273.97 | 0.012 |
| 32 | 387828.38 | 0.028 | 675 605 | 390183.85 | 0.034 |
| 33 | 429286.12 | 0.036 | 675 606 | 431641.59 | 0.045 |
| 34 | 276074.97 | 0.004 | 675 607 | 278325.52 | 0.017 |
| 35 | 387984.85 | 0.01 | 675 608 | 390235.4 | 0.047 |
| 36 | 429442.58 | 0.013 | 675 609 | 431693.14 | 0.061 |
| 37 | 275877.55 | 0.006 | 675 610 | 278481.98 | 0.006 |
| 38 | 387787.44 | 0.017 | 675 611 | 390391.86 | 0.018 |
| 39 | 429245.17 | 0.023 | 675 612 | 431849.6 | 0.023 |
| 40 | 275929.1 | 0.008 | 675 613 | 278341.85 | 0.004 |
| 41 | 387838.99 | 0.024 | 675 614 | 390251.73 | 0.01 |
| 42 | 429296.72 | 0.031 | 675 615 | 431709.46 | 0.014 |
| 43 | 276085.57 | 0.003 | 675 616 | 278393.4 | 0.005 |
| 44 | 387995.45 | 0.009 | 675 617 | 390303.28 | 0.014 |
| 45 | 429453.19 | 0.012 | 675 618 | 431761.02 | 0.019 |
| 46 | 275945.43 | 0.002 | 675 619 | 278549.86 | 0.002 |
| 47 | 387855.31 | 0.005 | 675 620 | 390459.74 | 0.005 |
| 48 | 429313.05 | 0.007 | 675 621 | 431917.48 | 0.007 |
| 49 | 275996.98 | 0.003 | 675 622 | 279065.17 | 0.006 |
| 50 | 387906.87 | 0.007 | 675 623 | 390975.05 | 0.017 |
| … | … | … | 675 624 | 432432.79 | 0.023 |
| 11 240 | 430278.53 | 0.012 | 675 625 | 279116.72 | 0.008 |
| 11 241 | 277067.37 | 0.001 | 675 626 | 391026.6 | 0.024 |
| 11 242 | 388977.26 | 0.003 | 675 627 | 432484.34 | 0.031 |
| 11 243 | 430434.99 | 0.004 | 675 628 | 279273.19 | 0.003 |
| 11 244 | 276509.63 | 0.006 | 675 629 | 391183.07 | 0.009 |
| 11 245 | 388419.51 | 0.016 | 675 630 | 432640.8 | 0.012 |
| 11 246 | 429877.25 | 0.021 | 675 631 | 279075.77 | 0.005 |
| 11 247 | 276561.18 | 0.008 | 675 632 | 390985.66 | 0.015 |
| 11 248 | 388471.06 | 0.022 | 675 633 | 432443.39 | 0.02 |
| 11 249 | 429928.8 | 0.029 | 675 634 | 279127.32 | 0.007 |
| 11 250 | 276717.64 | 0.003 | 675 635 | 391037.21 | 0.021 |
| 11 251 | 388627.52 | 0.008 | 675 636 | 432494.94 | 0.027 |
| 11 252 | 430085.26 | 0.011 | 675 637 | 279283.79 | 0.003 |
| 11 253 | 276520.23 | 0.005 | 675 638 | 391193.67 | 0.008 |
| 11 254 | 388430.11 | 0.014 | 675 639 | 432651.41 | 0.01 |
| 11 255 | 429887.85 | 0.018 | 675 640 | 279143.65 | 0.002 |
| 11 256 | 276571.78 | 0.007 | 675 641 | 391053.53 | 0.005 |
| 11 257 | 388481.66 | 0.019 | 675 642 | 432511.27 | 0.006 |
| 11 258 | 429939.4 | 0.025 | 675 643 | 279195.2 | 0.002 |
| 11 259 | 276728.24 | 0.003 | 675 644 | 391105.08 | 0.006 |
| 11 260 | 388638.13 | 0.007 | 675 645 | 432562.82 | 0.008 |
| 11 261 | 430095.86 | 0.009 | 675 646 | 279351.67 | 0.001 |
| 11 262 | 276588.11 | 0.001 | 675 647 | 391261.55 | 0.002 |
| 11 263 | 388497.99 | 0.004 | 675 648 | 432719.28 | 0.003 |
| 11 264 | 429955.73 | 0.005 | 675 649 | 278129.13 | 0.012 |
| 11 265 | 276639.66 | 0.002 | 675 650 | 390039.01 | 0.033 |

### 3.1.6 Вибір найбільш достовірного та імовірного електробалансу котельної

Розроблена програма дозволяє скоротити час та об’єм необхідних для обробки даних. Після запуску розрахунку, та після виконання усіх ітерацій, програма самостійно фільтрує розраховані значення за заданим значенням, яке ми приймаємо для даних розрахунків, як значення отримане з приладів обліку електроенергії та за заданим попередньо діапазоном.

Було прийнято, що зазначена допустима похибка дорівнює 5 %. При цьому загальна витрата електроенергії на котельній за даними обліку протягом відповідного періоду склала 282 537 кВт∙год. Тому правдоподібний загальний розрахунковий обсяг споживання електроенергії на котельній повинен лежати в межах 168410,96 – 296664,74 кВт∙год.

Під кінець розрахунку ми отримаємо конкретне значення споживання електроенергії, з його порядковим номером у списку проведених ітерацій та вірогідністю виникнення подій для його появи, що є найбільшою вірогідністю серед усіх.

За даними розрахунку ми маємо, що найбільш вірогідне значення серед усіх розрахованих моделей є варіант під номером 345 768, адже він має найбільшу «сумарну» ймовірність появи відповідної комбінації можливих значень нечітких виробничих параметрів, що складає 0,01689. Отже, розрахункова нормативна витрата електричної енергії по котельній складає 263 328,63 кВт·год.

При порівнянні даних із розрахунком, проведеним у магістерській дисертації [], необхідно зазначити, що збігу результатів не відбулося та різниця отриманих значень складає приблизно 5,4%. Таким чином, не можна стверджувати, що при проведенні нового циклу розрахунків з тими самими вхідними даними, точність збільшиться. Це можна вважати недоліком цього методу, тому що ми не можемо відтворити отримані раніше результати через невизначеність та ймовірнісний характер методології розрахунку. З іншого боку, програма показала себе як працездатна для цього конкретного випаду та задовольняє усім поставленим попередньо умовам. Більшість приведених таблиць не мають необхідності при розрахунку, отже при користуванні програмою, цикл роботи з нею може бути зведений до мінімальних кроків, таких як введення даних, запуск програми та отримання кінцевого результату. Отриманий результат, як було зазначено, має характер не відтворюваності, проте, потрібно звернути увагу на те, що розроблений алгоритм спирається на низку значень, які мають випадковий характер, що також визначено обраною методологією.

Виходячи із результатів розрахунку програму можна використовувати для подальшого вдосконалення та підготування її для використання іншими комп’ютерно-обчислювальними пристроями.

## 3.2 Використання розробленого алгоритму для створення методичних вказівок з інтерактивною складовою

При розробці програмного продукту було зазначено, що прототип програмного продукту буде поділений на дві частини які відповідають відповідно реалізації аналітично-розрахункового методу та реалізації ймовірнісно-статистичного підходу, на основі вказаної методології. Це дозволяє використовувати окремі частини програми за необхідністю для вирішення різних задач.

Однією з можливостей використання програмного продукту є створення он-лайн ресурсу, який дає можливість створення навчальної складової за допомогою розробленого алгоритму.

### 3.2.1 Основні положення до створення навчального он-лайн ресурсу

При виборі інструментів розробки цього специфічного програмного продукту, не випадково було прийнято рішення про використання саме цієї платформи. Окрім можливості проведення розрахунків, основна задача цієї платформи – це створення серверної програми для реалізації швидкого асинхронного доступу користувачів до ресурсів.

Основна ідея розробки такого он-лайн ресурсу – це створення можливості самостійного навчання студентів, по наведеним у ресурсі методичним основам розрахунку курсової роботи, яка ілюструє аналітично-розрахунковий метод знаходження витратної частини балансу котельної.

На даний момент, для апробації результатів розрахунку, існує необхідність перевірки розрахованих студентами значень самостійно, що забирає значну кількість часу та не є досконалим рішення. Проте, додавши попередньо створений алгоритм, можна перекласти дану задачу на студентів, що в певному сенсі є «автоматизацією» процесу навчання.

При розробці даного он-лайн ресурсу, необхідно додатково побудувати програмну архітектуру, яка має назву REST API. Вона дозволяє будувати логіку «клієнт-серверного» з’єднання, що може бути потім розширена та вдосконалена без зайвих зусиль та витрат ресурсів.

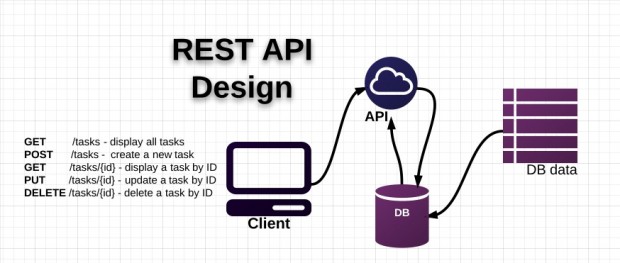


Рисунок 3.9 - Приклад роботи REST API архітектури

Побудований он-лайн ресурс складається з двох окремих частин. Перша частина – це теоретичні матеріали, які створені для покращення отриманих знань студентами та яка має в собі уточнення деяких методів розрахунку, не очевидних при практичному застосуванні методу.

## Висновки по розділу

1. Були проведені розрахунки витратної частини електричного балансу, використовуючи створену для цих конкретних цілей програму, побудовану на основі вдосконаленого алгоритму розрахунку, побудованого на основі ймовірнісно-статистичного підходу, були визначені переваги та недоліки існуючого методу.
2. Було створено он-лайн ресурс для покращення навчального процесу студентами, надання студентам можливості засвоювати особливості розрахунку витратної частини електричного балансу котельної самостійно та самостійно перевіряти отримані при розрахунках дані.

# 4 СТАРТАП ПРОЕКТ « ENERGY BALANCE DESKTOP SOFTWARE»

У даному розділі проведено аналіз стартап проекту для визначення принципової можливості його ринкового впровадження та можливих напрямків реалізації цього впровадження. Даний розділ оформлений у відповідності з [34].

## 4.1 Опис ідеї проекту

Проектом даного стартапу є створення програмного продукту, для швидкої і оперативної побудови балансу на підприємстві, контролю і планування споживання енергоресурсів.

Назва проекту «ENERGY BALANCE DESKTOP SOFTWARE»

Дана програма призначена для побудови енергетичних балансів підприємства, на основі таких процедур:

1. Зчитування даних обліку виробничих приладів для формування бази даних використаної енергії підприємства
2. Розрахунок і побудова енергетичного витратної частини балансу підприємства, виходячи з отриманих та оброблених даних споживання
3. Побудова та порівняння загального балансу підприємства при умові отримання (зчитування) даних отриманої підприємством енергії
4. Побудова графічних статистичних показників балансування підприємства для чіткого уявлення отриманих результатів та коректного прийняття рішень щодо використання енергетичних ресурсів

Програма знаходиться на стадії розробки, технологічні інструменти розробника вказані в таблиці 4.3. Методологічною основою для створення математичних операцій, графіків, функцій та запропонованих дій в певних ситуаціях контролю стала теоретична основа методики, детально описана у п.2 даної дисертації. Група споживачів, для якої створюється даний продукт, описана у таблицях 4.14 та 4.15.

В таблиці 4.1 представлене цілісне уявлення про зміст та можливості проекту, а також про можливі базові потенційні ринки, в межах яких потрібно шукати потенційних клієнтів

Таблиця4.1 Опис ідеї стартап-проекту

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Зміст ідеї | Напрямки застосування | Вигоди для користувача |
| Побудова програмного продукту, що дозволить проводити оперативний контроль ефективності енерговикористання на технологічних об’єктах | 1. Комерційний – надання послуг промисловим підприємствам | 1. Підвищення рівня енергетичної ефективності  2. Збільшення конкурентоспроможності на ринку |
| 2. Навчальний – використання продукту студентами енергетичних спеціальностей | 1. Набуття студентами навичок проведення оперативного контролю  2. Підвищення кваліфікації молодих кадрів у сфері енергоефективності |
| 3. Співтоваристський – представлення програмного продукту підприємствам енергетичних спеціальностей в якості співпраці | 1. Підвищення кваліфікації представників енергетичної галузі  2. Вигідні економічні заручення між підприємствами |

В таблиці 4.2 описаний аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї( чим відрізняється від існуючих аналогів та замінників) порівняно із пропозиціями конкурентів.

Таблиця 4.2 Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №, п/п | Техніко-економічні характеристики ідеї | (потенційні) товари/концепції конкурентів | | | | W (слабка сторона) | N (нейтральна сторона) | S (сильна сторона) |
| Мій проект | Системи цільового моніторингу | Системи питомих норм енергоспоживання | Автоматизовані системи прогнозування цільових функцій |
| 1 | Надійність системи | 1 | 2 | 3 | 4 |  | 1,2,4 | 3 |
| 2 | Глобальність | 1 | 2 | 3 | 4 | 3 | 2,4 | 1 |
| 3 | Комплексність | 1 | 2 | 3 | 4 | 2,3 | 4 | 1 |
| 4 | Оперативність | 1 | 2 | 3 | 4 | 3 | 1,2 | 4 |
| 5 | Достовірність | 1 | 2 | 3 | 4 | 3 | 1,2 | 4 |

Визначений перелік слабких, сильних та нейтральних характеристик та властивостей ідеї потенційного товару є підґрунтям для формування його конкурентоспроможності.

* 1. **Технологічний аудит ідеї проекту**

В межах даного етапу проведено аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати ідею проекту.

Визначення технологічної здійсненності проекту представлене у таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 Технологічна здійсненність ідеї проекту

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| №, п/п | Ідея проекту | Технології її реалізації | Наявність технологій | Доступність технологій |
| 1 | База для потенційних даних | NoSQL, MongoDB | Наявні | Доступні |
| 2 | Математична складова | NodeJS, C++ | Наявні | Доступні |
| 3 | Графічна складова | ElectronJS | Наявні | Доступні |

Проект можливо реалізувати, усі необхідні технологічні ресурси знаходяться у вільному доступі, у тому числі методичні рекомендації з проведення оперативного контролю ефективності використання енергоресурсів, на основі яких буде створена математична основа продукту і які детально описані в п.2.

* 1. **Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту**

В даному розділі визначено ринкові можливості, що можуть бути використані під час ринкового впровадження проекту, та ринкових загроз, які можуть перешкодити реалізації проекту. Сплануємо напрями розвитку проекту з урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів конкурентів.

Аналіз динаміки та розвитку попиту на проект проведено та представлено результат у таблиці 4.4

Таблиця 4.4 Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| №, п/п | Показники стану ринку | Характеристика |
| 1 | Кількість головних гравців, од | 10 |
| 2 | Загальний обсяг продаж, грн./ум. од | 1500 |
| 3 | Динаміка ринку | стагнує |

Продовження таблиці 4.4

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 4 | Наявність обмежень для входу | Обмежений. Дана система ще не використовується в Україні на необхідному рівні |
| 5 | Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації | Стандарт ISO - 50001 |
| 6 | Середня норма рентабельності в галузі,% | 10 |

Ринок має середню ступінь привабливості для входження. Середня норма рентабельності досить велика, а відсутність подібних систем робить проект досить ризикованим з точки зору впровадження на ринок. У таблиці 4.5 визначені основні групи клієнтів стартапу та їх характеристика.

Таблиця 4.5 Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| №, п/п | Потреба, що формує ринок | Цільова аудиторія | Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів | Вимоги споживачів до товару |
| 1 | Підвищення енергетичної ефективності | Будь яка група споживачів | Не передбачено | Надійність, ефективність, доступність |

Аналіз ринкового середовища з точки зору загроз та можливостей представлено у таблицях 4.6 – 4.7.

Таблиця 4.6 Фактори загроз

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| №, п/п | Фактор | Зміст загрози | Можлива реакція компанії |
| 1 | Ціна на послуги | Значні кошти за розробку інформаційного ресурсу | Пошук інвесторі на розробку продукту |
| 2 | Оновлення програми | Для того, щоб проект функціонував, необхідно постійно підтримувати експлуатацію програми та серверу | Призначити відповідального за стан оновлення програми. Анонсувати оновлення |
| 3 | Недостатня мотивація споживача | Системи оперативного контролю на українському ринку є інновацією і для клієнта досить ризиковано використовувати дану послугу | Реклама, комунікативні методі зв’язку з потенційними клієнтами |

Таблиця 4.7 Фактори можливостей

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| №, п/п | Фактор | Зміст можливості | Можлива реакція компанії |
| 1 | Новизна | Досить свіжий погляд у сфері енергоринку України | Рекламувати продукт як інноваційний |
| 2 | Комплексність | Розрахунок ведеться аргументований та різносторонній. Інші подібні системи не мають на стільки комплексної системи висновків та пропозицій | Постійний контроль за справністю математичної складової продукту |
| 3 | Простота експлуатації | Система підказок та навчального режиму дозволить кожному оволодіти цією програмою | Удосконалення даної складової |

Загальні риси конкуренції на ринку представлені у таблиці 4.8

Таблиця 4.8 Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Особливості конкурентного середовища | В чому проявляється дана характеристика | Вплив на діяльність підприємства |
| 1. Тип конкуренції - чиста | Програми моніторингу та контролю вже давно існують, як і статистичні методики | Маркетинговий відділ сприятиме інформаційному уклону саме в комплексність програми |
| 2. Локальний рівень конкурентної боротьби | За межами України вже існують Monitoring and Targeting Systems, конкурувати за кордонами України не рентабельно | Розвиватись та шукати шляхи вирішення даної проблеми |
| 3. Потенційно міжгалузева | Дана система може використовуватись і для контролю якості продукції | На певному етапі підприємство буде намагатись вийти за межі власної галузі |
| Продовження таблиці 4.8 | | |
| 4. Нецінова конкуренція | Даний продукт не матиме фіксованої ціни | На ціну впливатимуть безліч факторів |
| 5. Марочна | На певних енергетичних підприємствах уже працюють певні системи аналізу та контролю | Ситуацію зможе вирішити лише жорстка конкуренція та безкомпромісні дії зі сторони підприємства |

Більш детальний аналіз умов конкуренції представлений у таблиці 4.9

Таблиця 4.9 Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Складові аналізу | Прямі конкуренти в галузі | Потенційні конкуренти | Постачальники | Клієнти | Товари-замінники |
| Інші програми для проведення моніторингу енергоефективності | Інші програми для виконання цільових змінних | Корисність  Простота використання  Новизна | Рецензії | Кращі системи контролю якості продукції |
| Висновки | Через специфіку організації ринку даного товару/послуги конкурентна боротьба моє специфічних характер і не може бути класифікована | Є можливості входу на ринок. Потенційні конкуренти – розробники інших статистичних програм | Постачальники диктують умови, але в певній мірі | Клієнти диктують умови, але в певній мірі | Обмеженнями для роботи на ринку є відсутність необхідне кваліфікації у постачальників товарів замінників |

З огляду на конкурентну ситуацію проект може існувати на ринку інформаційних та енергетичних послуг за умови надійності та регулярного інформаційного забезпечення товару, а також за умови постійного покращення та аналізу попиту на власні послуги та послуги товарів замінників (аналогів).

На основі аналізу конкуренції, проведеного в таблиці 4.9, а також із урахуванням характеристик ідеї проекту (таблиця 4.2), вимог споживачів до товару (таблиця 4.5) та факторів маркетингового середовища (таблиця4.6; таблиця 4.7) визначається та обґрунтовується перелік факторів конкурентоспроможності. Аналіз сформовано у таблицю 4.10

Таблиця 4.10 Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| №, п/п | Фактор конкурентноспроможності | Обґрунтування |
| 1 | Новизна | Конкурентна середа не має аналогів продукції, що випускає компанія |
| 2 | Аргументованість результатів | Програма надає клієнту аргументовані висновки та рекомендації |
| 3 | Простота використання | Кожний клієнт має можливість використання даного продукту без використання спеціальних додаткових ресурсів |

Аналіз сильних та слабких сторін проекту представлено у таблиці 4.11. Аналіз здійснено на основі аналізу таблиці 4.10.

Таблиця 4.11 Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №, п/п | Фактор конкурентоспроможності | Бали 1-20 | Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з Energy Balance Desktop Software | | | | | | |
| -3 | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 1 | Гнучкість використання | 3 |  |  |  |  | **+** |  |  |
| 2 | Термін розробки | 5 |  |  |  | *+* |  |  |  |
| 3 | Оновлення | 4 |  |  | *+* |  |  |  |  |
| 4 | Корисність на ринку | 8 |  |  |  | *+* |  |  |  |
| 5 | Експлуатація | 6 |  |  |  | *+* |  |  |  |
| 6 | Ціна | 3 |  |  | *+* |  |  |  |  |
| 7 | Новизна | 9 |  |  | *+* |  |  |  |  |

Перелік ринкових загроз та ринкових можливостей складається на основі аналізу факторів загроз та факторів можливостей маркетингового середовища. Ринкові загрози та ринкові можливості є наслідками (прогнозованими результатами) впливу факторів, і, на відміну від них, ще не є реалізованими на ринку та мають певну ймовірність здійснення. Наприклад: зниження доходів потенційних споживачів – фактор загрози, на основі якого можна зробити прогноз щодо посилення значущості цінового фактору при виборі товару та відповідно, – цінової конкуренції (а це вже – ринкова загроза). Результат проведення SWOT аналізу представлено у таблиці 4.12

Таблиця 4.12 SWOT-аналіз стартап-проекту

|  |  |
| --- | --- |
| Сильні сторони | Слабкі сторони |
| Високий попит на підвищення енергоефективності  Новизна проекту – відсутність аналогів  Простота використання проекту  Підтримання сучасних Європейських «трендів» | Необхідність великої бази даних, що значно зменшую потенційну надійність програмного продукту  Новизна проекту – багато ризиків  Висока вартість послуг представників галузі інформаційних технологій  Низький рівень кваліфікованих фахівців в даній сфері господарства |
| Можливості | Загрози |
| Позитивна тенденція росту популярності концепції контролю та планування в Україні та Європі  Розвиток законодавчого регулювання проблеми енергоефективності в країні | Зростання конкуренції  Політична ситуація в країні  Висока вартість регулярного забезпечення та оновлення продукту |

На основі SWOT-аналізу розроблено альтернативи ринкової поведінки для виведення стартап-проекту на ринок та орієнтовний оптимальний час їх ринкової реалізації з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок (див. таблицю 4.9, аналіз потенційних конкурентів). Визначені альтернативи аналізуються з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів представлені у таблиці 4.12.

Таблиця 4.13 Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| №, п/п | Альтернатива ринкової поведінки | Ймовірність отримання ресурсів | Строки реалізації |
| 1 | Використання бетта-версії програми | Досить низька. Через велику незахищеність | 3 роки |

Продовження таблиці 4.13

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 3 | Спільна робота з іншими підприємствами | Середня. Залежить частино від якості продукції, частино від співробітництва з іншими підприємствами | 2 роки |

## 4.4 Розробка ринкової стратегії проекту

Опис цільових груп споживачів представлено у таблиці 4.14.

Таблиця 4.14 Вибір цільових груп потенційних споживачів

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №, п/п | Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів | Готовність споживачів сприйняти продукт | Орієнтовний попит в межах цільової групи | Інтенсивність конкуренції в сегменті | Простота входу в сегмент |
| 1 | Промислові підприємства | Залежить від рекламних заходів | Залежить від поведінки компанії | Середня | Низька |
| 2 | Підприємства енергетичної сфери | Помірна | Високий | Висока | Середня |
| 3 | Вищі навчальні заклади | Помірна | Низький | Низька | Середня |
| Обрані цільові групи: Промислові підприємства | | | | | |

Базова стратегія розвитку стартап-проетку визначена та представлена у таблиці 4.15

Таблиця 4.15 Визначення базової стратегії розвитку

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| №, п/п | Обрана альтернатива розвитку проекту | Стратегія охоплення ринку | Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи | Базова стратегія розвитку |
| 1 | Пошук інвесторів | Концентрація основних зусиль не на продажу товару, а на пошуку необхідного покупця | Інформаційні, комунікаційні система, взаємодія з підприємствами, які належать до енергетичної галузі | Концентрований маркетинг |

На основі обраної базової стратегії розвитку проводиться вибір стратегії конкурентної поведінки проекту. Результати представлені у таблиці 4.16.

Таблиця 4.16 Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| №, п/п | Чи є проект «першопрохідцем» на ринку? | Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів | Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і як? | Стратегія конкурентної поведінки |
| 1 | Проект є унікальним на ринку | Компанія буде шукати нових споживачів | Не буде, так як продукція компанії поки що не має аналогів | Стратегія заняття конкурентної ніші |

На основі вимог споживачів з обраних сегментів до постачальника (стартап-компанії) та до продукту, а також в залежності від обраної базової стратегії розвитку та стратегії конкурентної поведінки розроблена стратегія позиціонування. що полягає у формуванні ринкової позиції (комплексу асоціацій), за яким споживачі мають ідентифікувати торгівельну марку. Результати представлені у таблиці 4.17

Таблиця 4.17 Визначення стратегії позиціонування

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| №, п/п | Вимоги до товару цільової аудиторії | Базова стратегія розвитку | Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту | Вибір асоціацій, які мають сформулювати комплексну позицію власного проекту |
|  | Надійність товару  Швидке реагування на реакцію цільової аудиторії | Збір відгуків про товар. Покращення та реклама товару до моменту рентабельності | Унікальність – як стратегії розвитку, так і самого продукту. | Інтелектуальний  Простий  Ефективний  Майбутнє покращення |

## 4.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Визначення ключових потенційних переваг проекту представлено у таблиці 4.18

Таблиця 4.18. Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| №, п/п | Потреба | Вигода, яку пропонує товар | Ключові переваги перед конкурентами |
| 1 | Висока плата за електроенергію | Постійний моніторинг рівня енергоефективності | Допомога в прийнятті рішень |
| 2 | Низька ступінь керування попитом на електроспоживання | Виявлення факторів, які найбільш впливають на електроспоживання | Управління електроспоживанням |

Трирівнева маркетингова модель потенційного товару представлена у таблиці 4.19

Таблиця 4.19. Опис трьох рівнів моделі товару

|  |  |
| --- | --- |
| Рівні товару | Сутність та складові |
| 1.Товар за задумом | Проведення процедури оперативного контролю на технологічних об’єктах |

Продовження таблиці 4.19

|  |  |
| --- | --- |
| 2.Товар у реальному виконанні | Властивості/характеристики |
| 1. Великий простір для потенційної бази даних  2. Графічний інтерфейс  3.Велика база даних статичних величин всередині програми  4. Частина даних збережена на сервері, до якого у програми буде доступ через інтернет |
| Якість: нормативи проведення статистичних розрахунків, параметри тестування, відгуки |
| Пакування – скачування з офіційного сайту |
| Марка: EnergySoftwareSolutions + ENERGY BALANCE DESKTOP SOFTWARE |
| Товар із підкріпленням | До продажу – оформлення гарантійного листа, консультація |

Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційний товар, яке передбачає аналіз ціни на товари-аналоги або товари субститути, а також аналіз рівня доходів цільової групи споживачів. Результати даного заходу представлено у таблиці 4.20

Таблиця 4.20. Визначення меж встановлення ціни

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| №, п/п | Рівень цін на товари замінники | Рівень цін на товари-аналоги | Рівень доходів цільової групи споживачів | Верхня та нижня межі встановлення ціни на послугу |
|  | 2000-3000 грн. | - | Залежить від обраного підприємства | Безкоштовно-5000грн. |

В таблиці 4.21 представлений аналіз визначення оптимальної системи збуту, в межах якого приймається рішення.

Таблиця 4.21. Формування системи збуту

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| №, п/п | Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів | Функції збуту, які має виконувати постачальник товару | Глибина каналу збуту | Оптимальна система збуту |
| 1 | Отримання товару із рук довіреної енергетичної компанії, через яку клієнт виходить до виробника | Продавати товар, рекламувати виробника товара | Дво-трьорівневий | Залучена |

Останньою складової маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо обрану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів. Результат сформульовано у таблиці 4.22.

Таблиця 4.22. Концепція маркетингових комунікацій

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №, п/п | Специфіка поведінки цільових клієнтів | Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти | Ключові позиції, обрані для позиціювання | Завдання рекламного повідомлення | Концепція рекламного звернення |
| 1 | Недовіра до продавця, потреба в перевірці. | Інтернет | Контроль, планування  Простий  Надійний  Точний | Виклик випробувати продукт. | Економія грошей завдяки впровадженню інтелектуальних рішень |

Подальша імплементація проекту доцільна тільки якщо проект буде у надійних кваліфікованих руках та якщо будуть виконуватись заплановані умови використання проекту, так як даний проект має занадто слабку систему захисту від раптових ризиків. Короткий маркетинговий план проекту представлений у таблиці 4.23

Таблиця 4.23 Маркетинговий план проекту

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Об’єкт | Мета | Термін | Можливості | Кількість | Суб’єкти ринку |
| Ідея | Програмний продукт для проведення оперативного контролю ефективності енерговикористання на виробничих підприємствах | Контроль та планування енерговикористання, підвищення попиту на продукцію. | Продукт розроблятиметься 3 місяці, 3 місяці буде термін випробувань та реклами, продукт буде готовий  вийти на ринок у перід 0,5 -1 рік | Статистичні методи контрольних карт, регресії та послідовного аналізу дозволять споживачу контролювати об’єм споживання енергоресурсів. Більш детальна інформація описана в п.2 | Об’єм продажу буде залежати цілком від попиту та реклами, тому перший період терміном від 3-х місяців то 1 року буде випробувальним. | Товар орієнтовано на начальників, або енергоменеджерів виробничих підприємств та інших фізичних осіб, зацікавлених у підвищенні енергоефективності виробничого підприємства |
| Ціна | До 5000 гривень за одиницю продукції | Ціна буде залежати від багатьох умов, особливо від умов використання кінцевого продукту | Ціна буде актуальна до тих пір доки не з’явиться біль дешевих товарів-аналогів | З часом ціна буде коливатись залежно від версії продукту та наявності конкурентів. | Ціна буде встановлюватись в залежності від версії продукту. Також буде плата за додаткове ліцензування. | Ціна також буде залежати від групи покупців. Посередники та покупці, які зможуть запропонувати інший вид вигоди матимуть знижку, або отримають продукт по партнерській програмі |
| Місце продажу | Інтернет ресурси, офіційний сайт, посередники | Такі канали розповсюдження вибрані як найоптимальніші для подібних систем. | Покупці будуть обирати канал збуту після того, як товар отримає довіру | Канали розповсюдження будуть працювати лише після проведення рекламних заходів та створення офіційного сайта, проведення ліцензування | Кошти будуть витрачатись на адміністрацію сайту та анонсування і розробку нових версій продукту | Покупці зможуть отримати продукт або з офіційного сайту, або через офіційних представників |

Продовження таблиці 4.23

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Реклама | Види реклами: «search engines optimization» - оптимізація через пошукові системи. Використання бета версій в якості проби продукту/ | Така реклама дозволить користувачам швидше знаходити шлях до виробника, також використати продукт на рівень якості та доцільності | Часові рамки: 0,5 років - підготовка, 1 рік - реклама, 3 роки – срок життя проекту | Реклама буде здійснюватись через партнерські програми та використання пошукових систем | Рекламні заходи будуть коштувати 40 % від капітальних затрат | Фізичні особи зможуть отримати інформацію з допомогою статей та анонсів, розповсюджених на енергетичних форумах та журналах |

## Висновки до розділу

1. Проведений маркетинговий аналіз стартап проекту «ENERGY BALANCE DESKTOP SOFTWARE» дозволяє визначити принципової можливості його ринкового впровадження та можливих напрямів реалізації його впровадження.

2. Даний проект має можливість бути комерціалізованим, але з певними особливостями (бета версія продукту, партнерські угоди). Попит на проект - наявний, динаміка ринку - помірна, трохи нижче середнього - рівень рентабельності роботи на ринку, у порівнянні з іншими можливими проектами.

3. Є перспективи впровадження. В Україні існуюча система контролю і планування ефективності використання енергоресурсів має недоліки, а використання спеціалізованих програм не розповсюджено. Бар’єром входження може бути недовіра споживача та низький початковий капітал. Стан конкуренції – низький, конкурентоспроможність проекту досить висока, особливо на перших етапах