

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Навчально-науковий інститут енергозбереження та енергоменеджменту
(повна назва інституту)

Кафедра електропостачання
(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»
В.о. завідувача кафедри
_____ Денис ДЕРЕВ'ЯНКО
«___» _____ 2024 р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
освітня програма Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології
на тему: «Система енергетичного менеджменту промислового підприємства з використанням інструментів керування попитом»
Виконав (-ла): студент (-ка) II курсу, групи ОН-21мп

_____ Лаврушкін Олександр Вікторович _____
(прізвище, ім'я по батькові) (підпис)

Науковий керівник д-р.техн.наук, професор Денисюк С.П. _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Нормаконтроль к.т.н., доц. Шовкалюк М.М. _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент к.т.н., доц. Данілін О.В. _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.
Студент (-ка) _____

Київ – 2024 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»**

Інститут/факультет Навчально-науковий інститут енергозбереження та енергоменеджменту

Кафедра електропостачання

(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Спеціалізація «Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології»

В.о. завідувача кафедри

_____ Денис ДЕРЕВ'ЯНКО

«__» _____ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
Лаврушкіну Олександр Вікторовичу**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації «Система енергетичного менеджменту промислового підприємства з використанням інструментів керування попитом»
науковий керівник дисертації д-р.техн.наук, професор Денисюк С.П. _____,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені Наказ 5198-с від 8.11.2023

2. Строк подання студентом дисертації: 08 січня 2024 року
3. Об'єкт дослідження: промислові підприємства України, що здійснюють купівлю паливно-енергетичних ресурсів на ринках України.
4. Предмет дослідження: є організаційні та економічні умови, що виникають при керуванні попитом по споживанню енергоресурсів.
5. Перелік завдань, які потрібно розробити: проведення аналізу впровадження системи енергоменеджменту на промислових підприємствах; проведення аналізу структури, динаміки та особливостей енергоспоживання промислового підприємства; побудова енергетичних балансів об'єкту промислового підприємства та визначення суттєвих споживачів; розробка заходів з підвищення рівня енергоефективності промислового підприємства.
6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: презентація, яка подає наочні матеріали, методи розрахунків та таблиці з значеннями.
7. Орієнтовний перелік публікацій: Генезис розвитку керування попитом на енергоспоживання та сучасні бізнес-моделі в електроенергетиці. Міжнародна науково-технічна конференція ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ: стан та перспективи розвитку – REMS'2023. [Київ. Дата

проведення: 20-24 листопада 2023 рік.].

Основні задачі енергоменеджменту промислових підприємств та формування енергетичної стратегії. V МІЖНАРОДНА НАУКОВА КОНФЕРЕНЦІЯ. [РИМ. ІТАЛІЯ. Дата проведення: 12-13 грудня 2023 рік.].

Характеристика програмного забезпечення для системи енергоменеджменту, яке призначене для промислових підприємств з метою керування попитом по споживанню енергетичних ресурсів. IV Міжнародна науково-практична конференція «TOPICAL ASPECTS OF MODERN SCIENTIFIC RESEARCH». [Токіо, Японія. Дата проведення: 21-23 грудня 2023 рік.].

8. Консультанти розділів дисертації

Нормоконтроль

Шовкалюк М.М..

9. Дата видачі завдання 01 вересня 2023 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів МД	Примітка
1.	Аналіз літературних джерел за обраною темою	16.09.2023	<i>Вик.</i>
2.	Характеристика інструментів керування енергоспоживанням промислових підприємств та систем енергоменеджменту	30.09.2023	<i>Вик.</i>
3.	Характеристика інженерних систем промислового підприємства	14.10.2023	<i>Вик.</i>
4.	Аналіз споживання енергоресурсів підприємства по виробництву бетонних виробів	28.10.2023	<i>Вик.</i>
5.	Розрахунок заходів з підвищення рівня енергетичної ефективності	14.11.2023	<i>Вик.</i>
6.	Розробка стартап проєкту	28.11.2023	<i>Вик.</i>
7.	Оформлення дисертації	13.12.2023	<i>Вик.</i>
8.	Оформлення реферату та презентації, проходження перевірки на плагіат та рецензування	17.12.2023	<i>Вик.</i>
9.	Передзахист МД	19.12.2023	<i>Вик.</i>
10.	Захист дисертації	15.01.2024	<i>Вик.</i>

Студент

(підпис)

Лаврушкін О.В.

(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

(підпис)

Денисюк С.П.

(ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

Структура і обсяг роботи. Магістерська дисертація на тему: «Система енергетичного менеджменту промислового підприємства з використанням інструментів керування попитом» складається із вступу, 4 розділів, висновків та списку використаних джерел. Загальний обсяг роботи складає 138 сторінок, 17 рисунків, 37 таблиць та 28 бібліографічних найменувань за переліком посилань.

Актуальність теми. Вдосконалення керування процесами виробництва, передачі та споживання всіх паливно-енергетичних ресурсів, є одним з важливих напрямків впровадження енергетичної стратегії, яка розроблена з метою переходу на нові технологічні тенденції світової економіки, що дозволяє підвищити ефективність функціонування енергетичної політики країни. Попри сферу технологій виробництва, перетворення та споживання енергії, резерви підвищення енергетичної ефективності суттєві ще в галузі планування, організації та контролю процесів обігу ресурсів.

Інструментом, який дозволяє підвищити енергетичну ефективність у момент інтенсивної реалізації комунікаційних та інформаційних технологій у промислові підприємства є керування попитом на енергоспоживання з боку кінцевих споживачів (DSM – Demand Side Management). Ключовими енергетичними ресурсами для України є: електрична енергія та природний газ. Зважаючи на значну частку промислового енергоспоживання в енергетичному балансі країни, аналіз показує, що споживання природного газу та електричної енергії в Україні значно збільшилося. Варіантом підвищення за рахунок синергетичного ефекту енергетичної ефективності виступає саме керування попитом.

В Україні досить мало приділяється уваги для впровадження комплексу заходів по підвищенню енергоефективності у промисловості, попри постійне вдосконалення законодавства у сфері підвищення енергоефективності. Особливо це стосується заходів організаційно-економічного плану у сфері підвищення

енергоефективності та її зіставлення з міжнародними нормами та вимогами. Розроблення заходів у сфері підвищення енергетичної ефективності та нові вимоги до управління витратами на електроспоживання, а також необхідність вирішення суперечностей, що склалися на ринку – зумовлюють доцільність як з наукової, так і з практичної точок зору, удосконалення теорії та методології керування витратами.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

В даній магістерській дисертації напрямком дослідження є реалізація системи енергетичного менеджменту промислового підприємства з використанням інструментів керування попитом. Оскільки основними завданнями є раціональне споживання промисловими підприємствами паливно-енергетичних ресурсів. Це можливо за рахунок енергоефективних кроків, шляхом огляду, оцінки, аналізу та впровадження. Тому зв'язок полягає в повноцінній реалізації СЕНМ, яка включатиме в себе розробку стратегії і політики енергоефективності. Це призведе до доцільного споживання ПЕР, що є метою сталого розвитку енергетичної галузі.

Метою магістерської дисертації є розвиток теоретико-методологічних основ та розробка методів керування попитом на енергоресурси промислових підприємств. Виконати це можливо шляхом певних кроків:

- проведення аналізу впровадження системи енергоменеджменту на промислових підприємствах;
- проведення аналізу структури, динаміки та особливостей енергоспоживання промислового підприємства;
- побудова енергетичних балансів об'єкту промислового підприємства та визначення суттєвих споживачів;
- розробка заходів з підвищення рівня енергоефективності промислового підприємства.

Об'єктом дослідження є промислові підприємства, що здійснюють купівлю паливно-енергетичних ресурсів на ринках України та реалізують програми організаційно-економічного розвитку.

Предметом дослідження є організаційні та економічні умови, що виникають при керуванні попитом на споживання енергоресурсів на промислових підприємствах

Методи досліджень. Методичну основу в даній магістерській дисертації формують наступні методи:

- теоретичний метод аналізу (полягає в збільшенні знань у сфері керування попитом на споживання енергоресурсів на промислових підприємствах та в сфері збільшення енергетичної ефективності в контексті реалізації програм економічного розвитку);
- розрахунковий метод реалізованих кроків підвищення енергетичної ефективності промислового підприємства, яким виступає завод по виробництву бетонних виробів.

Практичне значення отриманих результатів проведеного дослідження полягає в розробленні конкретних практичних рекомендацій (методів та алгоритмів) керування попитом на споживання паливно-енергетичних ресурсів, які можуть бути використані на промислових підприємствах з метою скорочення витрат на їх закупівлю та підвищення енергетичної ефективності основної та допоміжної виробничої діяльності.

Апробація результатів роботи. Публікації.

Лаврушкін О. Денисюк С.П., Генезис розвитку керування попитом на енергоспоживання та сучасні бізнес-моделі в електроенергетиці. Міжнародна науково-технічна конференція ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ: стан та перспективи розвитку – REMS'2023. [Київ. Дата проведення: 20-24 листопада 2023 рік.].

Лаврушкін О. Денисюк С.П., Основні задачі енергоменеджменту промислових підприємств та формування енергетичної стратегії. V МІЖНАРОДНА НАУКОВА КОНФЕРЕНЦІЯ. [РИМ. ІТАЛІЯ. Дата проведення: 12-13 грудня 2023 рік.]. с. 158-162.

Лаврушкін О. Денисюк С.П., Характеристика програмного забезпечення для системи енергоменеджменту, яке призначене для промислових підприємств з метою керування попитом по споживанню енергетичних ресурсів. IV Міжнародна науково-практична конференція «TOPICAL ASPECTS OF MODERN SCIENTIFIC RESEARCH». [Токіо, Японія. Дата проведення: 21-23 грудня 2023 рік.]. с. 278-288.

Програмне забезпечення: при виконанні магістерської дисертації було використано наступні програмні продукти: MS Office: Word, Excel; MatchCAD.

Ключові слова та словосполучення: КЕРУВАННЯ ПОПИТОМ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, ПАЛИВНО-ЕНЕРГЕТИЧНІ РЕСУРСИ, ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ЗАХОДИ, СИСТЕМА ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ, ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ПЕРЕХІД.

ABSTRACT

Structure and scope of work. The master's thesis on the topic: "Energy management system of an industrial enterprise using demand management tools" consists of an introduction, 4 chapters, conclusions and a list of used sources. The total volume of the work consists of 138 pages, 17 figures, 37 tables and 28 bibliographic names according to the list of references.

Actuality of theme. Improving the management of the processes of production, transmission and consumption of all fuel and energy resources is one of the important directions of the implementation of the energy strategy, which was developed with the aim of transitioning to new technological trends of the world economy, which allows to increase the effectiveness of the functioning of the country's energy policy. Despite the sphere of energy production, transformation and consumption technologies, the reserves of increasing energy efficiency are also significant in the field of planning, organization and control of resource circulation processes.

A tool that allows you to increase energy efficiency at the time of intensive implementation of communication and information technologies in industrial enterprises is the management of demand for energy consumption from the end consumers (DSM - Demand Side Management). The key energy resources for Ukraine are: electricity and natural gas. Considering the significant share of industrial energy consumption in the energy balance of the country, the analysis shows that the consumption of natural gas and electricity in Ukraine has increased significantly. Demand management itself is an option to increase due to the synergistic effect of energy efficiency.

In Ukraine, relatively little attention is paid to the implementation of a set of measures to increase energy efficiency in industry, despite the constant improvement of legislation in the field of energy efficiency improvement. This especially applies to measures of the organizational and economic plan in the field of increasing energy efficiency and its comparison with international norms and requirements. The

development of measures in the field of energy efficiency improvement and new requirements for the management of electricity consumption costs, as well as the need to resolve the contradictions that have arisen in the market, make it expedient, both from a scientific and practical point of view, to improve the theory and methodology of cost management.

Connection of work with scientific programs, plans, topics.

In this master's thesis, the direction of research is the implementation of the energy management system of an industrial enterprise using demand management tools. Since the main tasks are the rational consumption of fuel and energy resources by industrial enterprises. This is possible through energy efficient steps, through review, assessment, analysis and implementation. Therefore, the connection lies in the full implementation of the Energy Efficiency Strategy, which will include the development of an energy efficiency strategy and policy. This will lead to the appropriate consumption of energy resources, which is the goal of sustainable development of the energy industry.

The goal of the master's thesis is the development of theoretical and methodological foundations and the development of methods of managing the demand for energy resources of industrial enterprises. This can be done by following certain steps:

- analysis of the implementation of the energy management system at industrial enterprises;
- analysis of the structure, dynamics and characteristics of energy consumption of an industrial enterprise;
- construction of energy balances of the object of the industrial enterprise and determination of significant consumers;
- development of measures to increase the level of energy efficiency of an industrial enterprise.

The object of the study is industrial enterprises that purchase fuel and energy resources on the markets of Ukraine and implement programs of organizational and economic development.

The subject of the study is the organizational and economic conditions that arise when managing the demand for energy consumption at industrial enterprises

Research methods. The methodological basis of this master's thesis is formed by the following methods: the theoretical method of analysis (consists in increasing knowledge in the field of managing the demand for energy consumption at industrial enterprises and in the field of increasing energy efficiency in the context of the implementation of economic development programs); and the calculation method of implemented steps to increase the energy efficiency of an industrial enterprise, which is represented by a plant for the production of concrete products.

The practical significance of the obtained results of the research consists in the development of specific practical recommendations (methods and algorithms) for managing the demand for the consumption of fuel and energy resources, which can be used at industrial enterprises in order to reduce the costs of their purchase and increase the energy efficiency of the main and auxiliary production activities.

Approval of work results. Publications.

Lavrushkin O. Denisyuk S.P., The genesis of the development of demand management for energy consumption and modern business models in the electric power industry. International scientific and technical conference ENERGY MANAGEMENT: status and development prospects - PEMS'2023. [Kyiv. Date: November 20-24, 2023.].

Lavrushkin O. Denisyuk S.P., Main tasks of energy management of industrial enterprises and formation of energy strategy. V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE. [ROME. ITALY. Date: December 12-13, 2023.]. p. 278-288.

Lavrushkin O. Denisyuk S.P., Characteristics of the software for the energy management system, which is intended for industrial enterprises in order to manage the demand for the consumption of energy resources. IV International Scientific and Practical Conference "TOPICAL ASPECTS OF MODERN SCIENTIFIC RESEARCH". [Tokyo, Japan. Date: December 21-23, 2023.]. p. 278-288.

Software: the following software products were used during the execution of the master's thesis: MS Office: Word, Excel; MatchCAD.

Keywords and phrases: DEMAND MANAGEMENT, ENERGY SAVING, ENERGY EFFICIENCY, FUEL AND ENERGY RESOURCES, ENERGY SAVING MEASURES, ENERGY MANAGEMENT SYSTEM, ENERGY TRANSITION.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ	14
ВСТУП.....	15
1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ З ВИКОРИСТАННЯМ ІНСТРУМЕНТІВ КЕРУВАННЯ ПОПИТОМ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ.....	16
1.1 Генезис світових досліджень у галузі керування попитом на споживання електроенергії та їх принципи управління в умовах інноваційного розвитку	16
1.2 Аналіз системи енергетичного менеджменту на промисловому підприємстві.....	27
1.3 Система енергетичного менеджменту згідно стандарту ISO 50001	36
Висновок до розділу 1	41
2 ХАРАКТЕРИСТИКА ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ ПІДПРИЄМСТВА. ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ ОБ'ЄКТОМ	42
2.1 Загальний опис існуючого промислового об'єкту.....	42
2.2 Поточний стан енергоспоживання підприємства	44
2.3 Формування балансу споживання електричної енергії виробничого об'єкту.....	53
2.4 Характеристика розрахунку навантаження обладнання, що використовується на об'єкті.....	59
2.5 Формування теплового балансу будівлі	64
2.6 Заходи, які реалізуватимуться при впровадженні для вдосконалення енергоефективності.....	68
Висновок до розділу 2	71

3	РОЗРАХУНОК ЗАХОДІВ З ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ ПІДПРИЄМСТВА ...	72
3.1	Модернізація системи освітлення всього об'єкту	72
3.2	Модернізація приміщень заводу	77
3.3	Модернізація насосів, що встановлені на підприємстві	92
3.4	Модернізація бетонно-розчинного вузла (БРВ)	99
3.5	Заходи в системі теплопостачання будівлі	105
3.6	Реалізація СЕС для власного споживання підприємством	108
	Висновок до розділу 3	117
4	СТВОРЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ «ВПРОВАДЖЕННЯ КОГЕНЕРАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ НА ПРОМИСЛОВОМУ ПІДПРИЄМСТВІ ПО ВИРОБНИЦТВУ БЕТОНУ»	118
4.1	Характеристика ідеї стартапу	118
4.2	Аналіз можливостей на ринку від впровадження проекту	125
4.3	Переваги та бізнес модель стартап-проекту	128
	Висновок до розділу 4	132
	ВИСНОВОК.....	133
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	136

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

DSM – demand-side management

IRP – integrated resource planning

IoT – Internet of Things

IoE – Internet of Energy

СЕНМ – система енергетичного менеджменту

КП – керування попитом

ЕЕ – енергетична ефективність

ДСТУ – державний стандарт України

ДБН – державні будівельні норми

ПЕР – паливно-енергетичні ресурси

ІТП – індивідуальний тепловий пункт

ГВП – гаряче водопостачання

ІТП – індивідуальний тепловий пункт

ВДЕ – відновлювані джерела електроенергії

СЕС – сонячна електростанція

ТОК – технологічний об'єкт управління

ККД – коефіцієнт корисної дії

БРВ – бетонно-розчинний вузол

АСК – автоматизована система керування

ТОК – технологічний об'єкт управління

ЕОМ – електронно-обчислювальна машина

ВСТУП

Важливим напрямком економічної сталості і розвитку будь якої країни є фінансова досконалість та результативність її сектору енергетики. Енергетична галузь в Україні зважаючи на останні роки, перебуває в досить важкому становищі, що необхідно чим швидше, поліпшувати. Вартість паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) кожного року суттєво зростає. Більшість з них Україна активно імпортує, що робить її залежною від інших країн. Основними споживачами ПЕР є житлові будинки, комунальні будівлі, офісні приміщення, промислові виробництва. Звісно, хоча зараз ці категорії і розширюються, та будівництво іде з врахуванням питань енергоефективності, але частка досить незначна. Нажаль, більшість таких об'єктів України побудовані досить давно і функціонують без розуміння, що таке енергетична ощадливість чи ефективність, а про реалізацію систем енергетичного менеджменту взагалі немає мови.

Виконання даної роботи, передбачає дослідження основних аспектів за якими відбувається впровадження СЕнМ на промислових підприємствах завдяки розвитку теоретико-методологічних основ та розробка методів управління попитом на енергоресурси.

Завдяки таким заходам, згідно з використанням вимог енергетичного переходу, відбувається ощадливе споживання ПЕР та покращується енергетична ефективність підприємства.

Результатом очікувань від виконаної магістерської дисертації є детальна характеристика аналізу особливостей промислового енергоспоживання в Україні на споживання енергії; розробка концепції та методів керування попитом виробничими об'єктами. А також проведена розрахункова робота доцільності впроваджених заходів.

1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ З ВИКОРИСТАННЯМ ІНСТРУМЕНТІВ КЕРУВАННЯ ПОПИТОМ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ

1.1 Генезис світових досліджень у галузі керування попитом на споживання електроенергії та їх принципи управління в умовах інноваційного розвитку

В багатьох країнах моделі та методи керування попитом на споживання енергетичних ресурсів широко застосовуються в повсякденній діяльності промислових підприємств, хоча в Україні впровадження даних систем знаходиться на етапі розробки концепції.

В більшості розвинених країн, енергетична політика, була направлена на заохочення збільшення обсягів споживання енергії, що характеризувалося зростанням кількості промислових підприємств та розширення обсягу виробленої продукції. Це відбувалося на етапі централізації та збільшення енергосистем, а також індустріального розвитку світової економіки [1].

Глобальна електрифікація приводила до розвитку технологій у сфері виробництва, використання та передачі, а також зменшення витрат на вироблення енергії за рахунок ефекту масштабу. Сучасний етап розвитку світової енергетики, спрямований на стримування зростання попиту на споживання енергетичних ресурсів та підвищення їх ефективного використання на всіх етапах, і ефективним засобом в цій сфері, виступає керування попитом.

Керування попитом «demand-side management» (DSM) - це усталена категорія, яка використовується в практиці взаємодії між енергопостачальними компаніями та споживачами. Країною засновником є США.

Зростання цін на нафту та підвищення вартості енергоресурсів, стали причиною розвитку наукових досліджень та розробок в сфері керування попитом на енергоспоживання. Спочатку дані програми розроблялися на певних

промислових підприємствах, а потім їх результати були прописані на законодавчому рівні. Як наслідок, збільшився інтерес наукової спільноти до цієї проблематики [2].

Щоб охарактеризувати розвиток світових досліджень в сфері керування попитом, важливо вказати основні етапи. Оскільки на кожному з них, вирішувалися актуальні задачі та формувалися передумови для створення нових завдань для наступного періоду:

- ідентифікація проблеми керування попиту (систематизація знань про механізми в галузі керування споживанням);
- початок впровадження керування попитом на електроенергію в вигляді цільових програм;
- створення та реалізація програм керування попитом на електроенергію у різних країнах світу;
- інтеграція моделей керування попитом у систему ринків електроенергії;
- взаємодія технологій керування попитом споживання електроенергії з концепцією Smart Grid;
- впровадження технологій розподіленої енергетики, відновлюваних джерел енергії та інтернету речей.

Перший етап. Досить багато досліджень, які були присвячені опису керування навантаженням з сторони споживачів електроенергії, виникли після нафтових криз, через зростання уваги до питань зменшення енергоспоживання. На цьому етапі застосовувався термін «Load Management», де основна частина розробок належить вченим із США та країн Європи.

Важливим фактором створення досліджень в сфері керування навантаженням, став розвиток засобів контролю, збору, обробки та передачі даних про параметри споживання електроенергії.

Дослідження, що виконувалися на першому етапі, можна вибудувати від ідентифікації проблеми керування навантаженням до застосування різних технологій обліку та збору даних для вирішення її. А також розробки створення механізмів, оцінки вартісних характеристик та ефективності управлінських впливів.

Дослідження, які з'явилися та були присвячені аналізу впливу заходів, що реалізуються по вартості паливно-енергетичних ресурсів та оцінки результатів рівня енергоефективності керування попитом енергоспоживання, стали наслідком наукових розробок, моделювання різних варіантів електроспоживання та використання в цих цілях сучасних методів збору та обробки інформації [3].

Також було проаналізовано можливості прямого та непрямого керування поведінкою споживачів, а також доцільність застосування економічних стимулів до них.

Отримані теоретичні дані, стали базою для створення певних систем керування попитом та рекомендаціями, щодо їх реалізації з врахуванням галузевих, соціально-економічних та індивідуальних характеристик, що стали головними факторами переходу до наступного етапу досліджень.

Другий етап. Даний етап в сфері керування попитом, описується початком практичної реалізації одержаних теоретичних результатів дослідження у політику розвитку енергетичних компаній, що діють в енергосистемах США та Європи.

Швидка впровадження політичних програм DSM та підтримка їх реалізації з сторони урядів, пов'язані з другим нафтовим шоком 1979-1980 років, та черговим збільшенням вартості енергоносіїв та послуг з постачання ресурсів кінцевим споживачам.

Через реалізацію практичних інструментів DSM у функціональність енергосистем США та країн Європи до кінцевих споживачів електроенергії почали застосовувати штрафи за перевищення електричних навантажень. Це було спрямовано на вирівнювання зростання та мінливості попиту енергосистеми. Це

стало поштовхом до того, що в керуванні навантаженням енергосистеми, почали брати участь побутові споживачі електроенергії та звісно енергокомпанії. Через це відбувся стрімкий розвиток досліджень в галузі моделювання різних типів користувачів ресурсів.

Залучення технологій EOM до моделювання електричних навантажень споживачів у різних сценаріях керування попитом, дозволило дослідженням вийти на новий рівень. Оскільки, суттєвою передумовою до початку нового етапу розвитку досліджень у галузі DSM, став розвиток засобів та технологій електронно-обчислювальних машин, які почали застосовувати у всіх сферах промисловості, у тому числі у паливно-енергетичному комплексі [4].

На цьому етапі досліджень термін Demand Side Management остаточно закріпився у діяльності енергетичних компаній для ідентифікації керування попитом.

Основою для реалізації механізмів ціно-залежного споживання електроенергії промисловими підприємствами, заклали дослідження, які створені вдосконаленню механізмів ціноутворення на електроенергію та спрямовані на підвищення ефективності програм керування попитом. На цьому етапі було створено методичні засади управління під час застосування систем освітлення.

Розширенню можливостей керуванню попитом, сприяло суттєве підвищення якості моделей, шляхом застосування інструментів математичного моделювання з використанням EOM. Сюди відносять розробки моделей прогнозування інтегрованих навантажень для їх застосування та роботи з об'єднання моделей прогнозування короткострокових та довгострокових електричних навантажень енергосистем [5].

Через використання технологій EOM, почали розроблятися повністю нові механізми управління процесами в промисловості, серед яких можна виділити інтегровані моделі планування ресурсів «Integrated resource planning», які потім застосовувалися при керуванні попитом електроспоживання. Це дозволило

вбудувати DSM у комплексну систему планування ресурсів, що одночасно сприяє підвищенню ефективності керування, як ресурсним потенціалом, так і вартістю електроенергії.

Отже, другий етап розвитку досліджень у галузі керування попитом, удосконалюються як теоретична база, так і організаційно-методичне та технологічний супровід на всіх рівнях споживання електроенергії, починаючи від електроенергетичних систем та закінчуючи кінцевими споживачами. Впровадження результатів наукових досліджень про практичну діяльність енергосистем, заклали основу для наступних етапів генезису світових наукових досліджень у галузі DSM.

Третій етап. Передумовою становлення третього етапу розвитку світових досліджень в галузі керування попитом є позитивний практичний досвід, отриманий в США та країнах Європи. Впровадження технологій DSM у програми енергокомпаній та систем, створення технологій обліку, контролю та управління електричними навантаженнями, а також зростання вартості первинних паливно-енергетичних ресурсів, що триває на світових енергетичних ринках одночасно зі збільшенням попиту на їх споживання, підвищили актуальність питань зростання доцільності споживання електроенергії.

Дослідження наукового характеру, які були проведені в цьому етапі, стали практично спрямованими та зорієнтованими на облік індивідуальних особливостей кожної країни при створенні та впровадженні програм керування попитом на енергоспоживання [6].

Поява досвіду використання програм DSM у світі, зумовлює початок наукових досліджень, що присвячені оцінці реалізації DSM, їх проміжних результатів та створення рекомендацій, щодо підвищення ефективності реалізації програм керування попитом на електроспоживання.

Серед відмінних характеристик наукових досліджень у галузі керування попитом на енергоспоживання можна виділити:

- значне збільшення географії наукових досліджень;
- практичний варіант досліджень, що враховує особливості та специфіку попиту на споживання енергії по країнах світу;
- поява робіт, що стосуються аналізу результатів впровадження програм DSM та пошуку найбільш ефективних механізмів керування попитом з урахуванням специфіки кожної країни.

Повне доведення доцільності створення та впровадження програм DSM, що враховують специфіку попиту електроспоживання кожної країни окремо, заклало основу для подальшого розвитку світових наукових досліджень.

Четвертий етап. Передумовою появи четвертого етапу світових наукових досліджень у галузі керування попитом на енергоспоживання, став розвиток та реалізація в електроенергетичні системи багатьох країн, ринкових механізмів.

Системні обмеження внаслідок постійного зростання попиту, стрибки цінових сигналів на ринках електроенергії в періоди пікових навантажень, необхідність підвищення ефективності функціонування електроенергетичних систем, велика кількість учасників ринку електроенергії, здатних керувати власними графіками електричних навантажень, призвели до поступової інтеграції технологій керування попитом у енергоринкове середовище багатьох країн світу.

Значна частина наукових робіт даного етапу орієнтована на оцінку впливу навантаження електроенергетичної системи у періоди сезонного зростання попиту чи добових піків, а також на аналіз можливостей ефективного використання механізмів керування попитом для зменшення навантажень [7].

Через застосування технологій DSM у моделі функціонування ринків електроенергії, дослідниками багатьох країн оцінювалося питання покращення механізмів енергетичних ринків у галузі підвищення ефективності керування попитом.

Характерним фактором є не лише вдосконалення механізмів керування попитом, адаптованих під енергоринкові умови функціонування споживачів електроенергії, а й створення напрямів розвитку з метою покращення ефективності роботи електроенергетичної системи загалом.

П'ятий етап. Основою переходу наступного етапу наукових досліджень галузі керування попитом на електроспоживання, стала інтеграція механізмів DSM із суміжними технологічними трендами, які у електроенергетичних комплексах.

Через розвиток інформаційно-комунікаційних технологій, які стали широко застосовувати у галузі електроенергетики, отримала розвиток концепція «Smart Grid» технологій (Розумні мережі електропостачання).

Дана технологія дозволяє за рахунок інтеграції з системами виробництва та зберігання електроенергії, удосконалювати керування попитом на електроспоживання на різних рівнях енергосистеми, що призводить до зростання стійкості та надійності енергопостачання споживачів [8].

Поява розумних мереж електропостачання стала причиною створення значної кількості наукових праць, присвячених «Smart Grid» технологіям. Особливу практичну значимість має інтеграція концепції «Smart Grid» та технологій керування попитом, оцінки ризиків застосування розумних технологій та розробки сценаріїв їх реалізації.

Дослідження даного етапу спрямовані на аналіз перспектив, обмежень, ризиків та ефективності застосування технологій Smart Grid в процесі керування попитом на енергоспоживання [9].

Шостий етап. Передумовою формування сучасного етапу наукових досліджень є розвиток технологій відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) та систем промислових накопичувачів. Ефективність використання DSM та підвищення доступності впровадження ВДЕ стали причиною появи значної кількості наукових робіт, що присвячені інтеграції моделей керування попитом із сучасними

трендами технологій альтернативної чи малої розподіленої генерації, спрямованих на комплексне вдосконалення технологій DSM.

Було створено загальні моделі керування попитом шляхом проникнення ВДЕ, систем генерації та накопичувачів електроенергії в об'єднані енергосистеми, а також систематизовані ризики. Виконано реалізацію оптимальних моделей інтеграції систем вітрової та сонячної генерації в об'єднані електроенергетичні системи з урахуванням механізмів керування попитом.

Розвиток інформаційних технологій, зумовлює поява нових технологічних трендів у галузях електроенергетики, таких як "microgrid" (англ. мікромережа), "Internet of Things (IoT)" (англ. інтернет речей), Internet of Energy (IoE) (англ. Інтернет енергетики). Впровадження нових систем активно досліджується на предмет інтеграції із сучасними концепціями DSM.

Сучасний період наукових досліджень характеризується інтеграцією механізмів та інструментів керування попитом з новими інформаційно-комунікаційними та технологічними трендами.

Виконаний аналіз етапів генезису досліджень у напрямі керування попитом споживання енергоресурсів, дає висновок, що розвиток відбувся під впливом, як зовнішніх факторів (економічні кризи, поширення інформаційних технологій), так і внутрішніх (розвиток енергоринків, розвиток технологій розподілених та відновлюваних джерел енергії, поява нових технологічних трендів) [10].

Створення нових норм до аналізу, планування та організації процесу управління енерговитратами, відбувається через розробку організаційно-економічних заходів та використання принципів функціонування промисловим підприємством в умовах інноваційного розвитку.

Принципи керування в умовах інноваційного розвитку, висувають наступні вимоги до механізмів та методів управління енерговитратами промислового підприємства, наочно узагальнені у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Принципи керування енерговитратами в умовах інноваційного розвитку та відповідні їм вимоги до методів та механізмів управління

Принцип керування	Вимоги до методів та механізмів управління
Принцип прогресивності	Методи керування мають базуватися на використанні ІКТ на всіх етапах управління енерговитратами (аналіз, планування, організація, контроль)
Принцип комплексності та безперервності створення конкурентних переваг	Методи керування енерговитратами мають бути спрямовані на підвищення ефективності роботи промислового підприємства та покращення його конкурентоспроможності через скорочення витрат на енергоресурси в натуральному та вартісному вираженні
Принцип гнучкості та варіативності	Методи керування енерговитратами повинні забезпечувати гнучкість та варіативність прийняття управлінських рішень у короткостроковій та довгостроковій перспективі

Продовження таблиці 1.1

Принцип ефективності використання людських ресурсів та інформації	Методи керування повинні містити ефективні системи: • підбору персоналу та формування команд з реалізації проектів підвищення енергоефективності; • оцінки якості роботи підрозділів та окремих співробітників, які вирішують питання енергоефективності; • відбору експертної інформації, необхідної для прийняття управлінських рішень у галузі енергоефективності.
Принцип комплексності та балансу інтересів на всіх рівнях	Методи керування проектами щодо підвищення енергоефективності мають враховувати: • можливості та загрози зовнішнього середовища при розробленні та оцінки проектів; • враховувати інтереси всіх учасників проекту; • враховувати специфічні ризики реалізації проектів щодо підвищення енергоефективності.

Згідно з розробленими принципами, комплекс методів керування енерговитратами на промисловому підприємстві має характеризуватися:

- спрямованістю на зростання конкурентоспроможності підприємства через скорочення витрат на енергоресурси у натуральному та вартісному вираженні;
- високим рівнем гнучкості та варіативності керівних рішень у галузі управління енерговитратами у короткостроковій та довгостроковій перспективі;
- можливістю підбору ефективних співробітників та їх команд для керування енерговитратами та реалізації проектів щодо підвищення енергоефективності [11];
- забезпечення високої якості інформації і в тому числі експертних оцінок у процесі керування;
- можливостями та загрозами зовнішнього середовища, інтереси всіх учасників та специфічних ризиків при розробці, оцінці та реалізації проектів підвищення енергоефективності;
- забезпеченням зростання енергоефективності як на рівні промислового підприємства.

1.2 Аналіз системи енергетичного менеджменту на промисловому підприємстві

Протягом останніх років, істотною проблемою є ощадливе використання паливно-енергетичних ресурсів, як в Україні так і закордоном. Це стосується і принципів сталого розвитку. Постає досить важливе питання у ефективному та корисному використанні цих запасів. Дана задача характеризується енергетичною ефективністю.

Досить часто поняття енергоефективності плутають з енергозбереженням. Насправді, енергозбереження, це більш ширша та багатогранна діяльність, комплекс заходів та кроків, взаємопов'язаних процесів, які супроводжують усі етапи життєвого циклу господарчих, промислових об'єктів та спрямовані на раціональне використання ресурсів. У результаті даного процесу знижується потреба в ПЕР на одиницю кінцевого продукту і покращується вплив на навколишнє середовище. Механізмом впровадження енергозбереження в реальність є реалізація законодавчих, правових, організаційних, технічних, економічних, наукових та інформаційних заходів. А от енергоефективність характеризує міру використання енергії на одиницю кінцевого продукту [12].

Енергоефективність – це максимально доцільне та раціональне споживання усіх паливно-енергетичних ресурсів завдяки їх зменшенню у використанні для забезпечення будівель та технологічних операцій на промисловому виробництві необхідною кількістю енергії.

Іншими словами, енергетична ефективність – це можливість досягання фінансово-економічної ефективності при використанні таких матеріальних запасів, як: газ, вода, нафта, електроенергія, вугілля. При наявному рівні розвитку технологій і при дотриманні вимог, що стосуються охорони довкілля. Варто підкреслити, що це саме кількісне співвідношення між роботою, послугами, товарами або енергією на виході та витраченою енергією на вході. Також енергоефективність має ряд додаткових переваг (рисунки 1.1).



Рисунок 1.1 – Додаткові переваги підвищення енергоефективності

Повноцінний шлях до енергоефективності формується з енергетичного менеджменту. Це той інструмент, який дозволяє оптимізувати енергетичні витрати у будівлях та підприємствах, шляхом скорочення енергоспоживання.

Зазвичай, світовий досвід показує, що покращення енергоефективності реалізується за рахунок змін в організаційній системі управління енергогосподарством підприємства. Розробивши систему енергетичного менеджменту на виробництві з використанням вимог енергетичного переходу, можна досягти значної економії енергії [13].

Енергетичний менеджмент – це діяльність, яка орієнтована на забезпечення раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів на виробничому підприємстві або муніципалітетах, що надає можливість значно скоротити обсяги енерговитрат. Базується він на одержанні енерготехнологічних даних завдяки обліку, проведенні технологічного вимірювання та перевіряння, аналізу аналізу

ефективності використання паливноенергетичних ресурсів та впровадження енергозберігаючих заходів.

Енергоменеджмент містить в собі перелік заходів, що спрямовані на економію паливно-енергетичних ресурсів, а саме: повноцінний моніторинг енергоспоживання, формування енергетичної політики, аналіз та розроблення бюджетів, планування та впровадження нових енергозберігаючих кроків. Він являє собою процес керування всіма аспектами діяльності в галузі енергозбереження підприємства.

Зазвичай, обов'язковим фактором в структурі виробничого підприємства, яке поставило собі за ціль зменшення споживання енергетичних ресурсів задля їх подальшого ефективного використання є енергетичний менеджмент. Він дозволяє підвищити конкурентоздатність підприємства завдяки скороченню видатків на купівлю ресурсів та нераціональних їх втрат [14].

В загальному, основною метою енергоменеджменту є забезпечення максимально ефективних шляхів впровадження енергозберігаючої стратегії виробничого підприємства на всіх етапах його розвитку.

Тому при реалізації даної мети, енергоменеджмент спрямований на вирішення таких завдань:

- шляхом використання енергозберігаючих устаткувань та технологій, забезпечити зменшення споживання енергії;
- створення балансу споживання ресурсів підприємством;
- здійснення постійного аналізу енерговикористання;
- створення та реалізація заходів з енергозбереження;
- економічне обґрунтування впроваджених заходів;
- розробка системи обліку енергоносіїв;
- формування енергетичної політики на підприємстві (мотивація для працівників в енергозбереженні; внутрішні стандарти виробництва;
- проведення внутрішнього та зовнішніх аудитів.

Функціями енергетичного менеджменту є:

- організація та аналіз;
- звітність та облік;
- контроль та регулювання;
- планування та нормування.

Виробничі підприємства можуть застосовувати різні підходи до енергетичного менеджменту. Стратегія, яка обирається виробництвом, має залежати від індивідуальної ситуації, а саме корпоративної культури об'єкту і того існуючого стану [15]. Загалом існує певна чітка послідовність для реалізації дій з енергоменеджменту:

- Досягнення управління над енергоспоживанням. Початковими задачами енергетичного менеджменту має бути встановлення керування над енерговикористанням і витратами, завдяки знаходженню основних споживачів енергії промислового підприємства та реалізація заходів з усунення втрат енергії.
- Інвестиції в заходи щодо енергетичного збереження на підприємстві. Після поставлення на контроль існуючої системи, необхідно вкладати кошти в розроблені заходи задля економії ресурсів.
- Підтримка управління над енергоспоживанням підприємства. Розробка та функціонування доцільної системи енергоменеджменту, яка включає в себе повноцінний моніторинг.

Складовою частиною енергоменеджменту, що зорієнтований на огляд та обстеження об'єкту з точки зору його енерговикористання, виявлення фактів недоцільного споживання енергії, розроблення заходів для енергозбереження, оцінки економічних та технічних можливостей щодо впровадження – становить енергоаудит [16]. Даний вид діяльності, націлений на суттєве зменшення використання паливно-енергетичних ресурсів суб'єктами господарювання з їх ініціативи завдяки підвищенню ефективності використання енергії.

З метою допомоги промисловим підприємствам та муніципалітетам, оцінювати та визначати пріоритети реалізації нових енергоефективних технологій, а також підвищувати енергоефективність, використання та споживання енергії, служить система енергетичного менеджменту. Вона полегшує обмін інформацією з управління енергетичними ресурсами та забезпечує прозорість, завдяки своїм ключовим концепціям під час впровадження (рис 1.2).

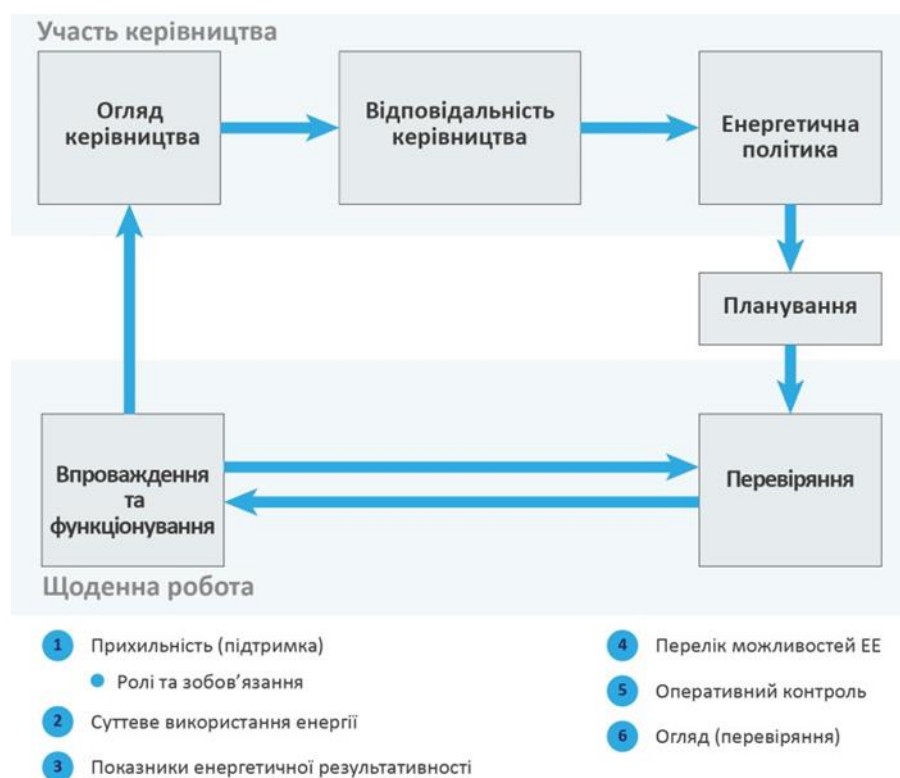


Рисунок 1.2 – Концепції СЕМ при впровадженні на підприємстві

СЕМ сприяє впровадженню новітніх методів та моделей керування енергоспоживанням та здійснює основу для підвищення енергетичної ефективності; сприяє вдосконаленню управління енергоспоживанням [17]. Загалом, система енергетичного менеджменту (СЕМ) – це частина повноцінної основної системи керування виробничим підприємством, головним завданням якої, слугує управління ефективним споживання паливно-енергетичних ресурсів.

Процес створення та впровадження системи енергетичного менеджменту промислового підприємства з використанням вимог енергетичного переходу є сукупністю впорядкованих за часом взаємозв'язаних, об'єднаних у стадії та етапи

робіт, реалізації яких необхідні для створення СЕнМ, що відповідають вимогам технічного завдання на її створення.

Необхідними передумовами для створення СЕнМ на промисловому підприємстві слугують:

- суб'єктивні чинники:
 - 1) особиста зацікавленість власників та керівників промислового підприємства у запровадженні політики енергозбереження;
 - 2) готовність вищої ланки керівництва створити фінансово-економічну систему витрат на заходи з модернізації;
 - 3) наявність працюючого персоналу відповідної кваліфікації;
 - 4) повноцінне ведення обліку споживання енергетичних ресурсів або його запровадження;
- об'єктивні чинники:
 - 1) наявність необхідних технічних засобів;
 - 2) наявність фінансів для оплати послуг як персоналу так і технологій, обладнання;
 - 3) частка вартості на енергоресурси у структурі собівартості не повинна бути меншою за 10-15%.

Визначення проблемного питання, що досліджується

До найактуальніших питань, належить організація раціонального енергоспоживання підприємства з мінімальним негативним впливом на навколишнє середовище.

Питанням енергоефективності на промисловому підприємстві, приділяється важливе значення, яке знаходить своє відображення і у чинному законодавстві [18]. Це інструмент, який одночасно сприяє досягненню трьох основних цілей енергетичної політики: підвищенню енергетичної безпеки країни; зниженню шкідливої екологічної дії унаслідок використання енергоресурсів; підвищенню конкурентоспроможності підприємства.

Проблеми енергозбереження на виробничому об'єкті є актуальними при підготовці управлінських рішень, оперативних та середньострокових планів, для стимулювання ефективного використання паливно-енергетичних ресурсів.

Важливим для промислового підприємства є пошук резервів потенціалу енергозбереження, а саме витрат паливно-енергетичних ресурсів, які можливо частково або повністю повернути в енерготехнологічний цикл.

Незважаючи на наявність науково-методичних розробок у сфері енергозбереження, актуальними залишаються питання пошуку резервів енергозбереження в промисловому підприємстві даного типу. Важливим є аналіз потенціалу енергозбереження та перспективних заходів, які спрямовано на мінімізацію витрат різних енергетичних ресурсів на виробництві [19].

Зважаючи на перелік проблемних питань, які були описані вище, варто зазначити, що промислового підприємству, необхідна значна робота з планування енергетичної стратегії розвитку. Це дозволить раціонально використовувати енергетичні ресурси, покращити свою енергоефективність. Методами та засобами вирішень питань є впровадження системи енергетичного менеджменту з можливістю встановлення ВДЕ та виконання інших енергетично ощадливих заходів.

Допоміжними проблемами, що можуть постати при реалізації даних кроків, є підбір досвідчених і професійних спеціалістів, які мають правильно спланувати, впровадити, налагодити СЕнМ, аби вона пройшла енергетичний аудит і відповідала очікуванням. Важливим питанням слугує і постійне покращення існуючої системи на об'єкті та робота над поліпшенням [20].

Додатковими проблемними питаннями слугують фінансова, економічна та інвестиційна складова промислового підприємства. Всі затрати лягають виключно на організацію. Тому і загрози окупності, доцільності, перспективності існують.

Аналіз державного регулювання проблем

Оцінивши частину проблемних питань, варто зазначити, що без дієвої політики енергозбереження на рівні держави, регіонів та самого промислового підприємства, вирішити питання енергозбереження та енергоефективності неможливо. Ключовим фактором виходу з енергетичної залежності має стати реалізація організаційних, техніко-технологічних, економічних та інших механізмів у розрізі системи стратегій енергозбереження для виробництв.

Звісно, продовживши говорити про підтримку заходів з енергоефективності для промислового підприємства, на державному рівні розроблена та схвалена Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 р. № 1071 Енергетична стратегія України на період до 2030 р – «інтегрована модель дій держави, що спрямована на досягнення цілей національної безпеки та задоволення енергетичних потреб суспільства за найменших сукупних витрат, при цьому економічно обґрунтована», але вона потребує суттєвого доопрацювання [21].

Таким чином, основним фактором зниження споживання енергетичних ресурсів, є формування ефективно діючої системи державного управління сферою енергозбереження. Це дозволить в першу чергу, удосконалити структуру споживання енергоресурсів будь яким промисловим підприємством, зокрема, за рахунок подальшого розширення та поглиблення, шляхом заміщення дефіцитних видів палива впровадженням ВДЕ з одночасним підвищенням ефективності виробництва.

Також, важливо пам'ятати, що завдяки нормативно-правовим документам, держава здійснює вплив через регулювання, на об'єкти. Це здійснюється з метою контролю та забезпечення дотримання організацією (підприємством) усіх прописаних і встановлених вимог, умов, положень [22].

Використання маркетингових алгоритмів аналізу

SWOT-аналіз дозволяє встановити внутрішні та зовнішні фактори, що впливають на впровадження ідеї з аналізу, мінімізації та уникнення слабких сторін та загроз.

Таблиця 1.2 – SWOT аналіз

Сильні сторони	Слабкі сторони
1. Розвиток підприємства шляхом впровадження СЕНМ 2. Можливість підвищення рівня енергетичної ефективності підприємства. 3. Покращення кінцевої продукції та збільшення доходу власнику. 4. Зменшення затрат на ресурси, що використовуються об'єктом, запровадивши ВДЕ.	1. Новий напрямок на підприємстві до якого можуть бути неготові працівники. 2. Висока вартість впровадження СЕНМ на об'єкті (реконструкція, модернізація, покращення, навчання). 3. Відсутність мотивації для виробничого підприємства з боку держави. 4. Можливість не отримання планованого результату, а час та фінансова складова суттєво витрачений.
Можливості	Загрози
1. Вихід на європейській рівень при отриманні сертифікату з аудиту. 2. Постійні покращення функціонуючої СЕНМ.	1. Недостатня кількість інвестицій для реалізації проекту. 2. Недобросовісність виконавців системи на підприємстві. 3. Непередбачувані фактори.

1.3 Система енергетичного менеджменту згідно стандарту ISO 50001

Система енергетичного менеджменту згідно стандарту ISO 50001 - система управління, що визначає енергетичну політику, цілі, енергетичні завдання та управлінські рішення, спрямовані на їх досягнення, передбачає інформаційні, організаційні, кадрові, фінансові та технічні заходи щодо планування і управління ефективністю споживання енергетичних ресурсів.

Згідно до вимог ISO 50001, система енергетичного менеджменту формується на циклі Демінга: «Плануй – Роби – Перевіряй – Дій» (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Цикл Демінга

Кожне підприємство, має свою систему управління та функціональну структуру організації. СЕнМ, яка впроваджується, повинна бути інтегрована та відображена з врахуванням всіх сфер, на які вона поширюється [23]. При розробці системи вказуються усі права та обов'язки працівників даної компанії, що залучені. План, структура, цілі та політика СЕнМ виносять на загальний рівень організації, аби бути відомими усім працівникам та зацікавленим особам.

Для ефективного функціонування системи енергетичного менеджменту, її створення та впровадження складається з головних, послідовних кроків:

- розробка енергетичної політики і програми енергозбереження;
- розробка проєкту впровадження СЕнМ;
- формування штату енергоменеджменту підприємства;
- впровадження заходів енергетичного моніторингу;
- створення пакету внутрішніх стандартів, що регламентують функціонування СЕнМ в організації;
- створення пакету програм мотивації та навчання працівників в сфері енергозбереження;
- проведення аудиту та сертифікації СЕнМ.

Щоб розробити та впровадити СЕнМ, необхідно мати персонал. Це можуть бути працівники підприємства, але як правило, у них відсутність досвіду, що призводить до неефективного функціонування системи. Саме тому наймаються професійні знавці, які вже працювали в даній сфері; або відбувається залучення зовнішніх незалежних консультантів. Оскільки, успішність впровадженої СЕнМ залежить від умінь та навичок, наполегливості та кваліфікації, задіяних фахівців, координаторів чи спеціалістів [24].

У випадку повної відсутності досвіду в організації в впровадженні СЕнМ за ДСТУ ISO 50001:2020, з метою економії часу та коштів, необхідно звернутися до консультантів. Інакше, неякісна реалізація приведе не тільки донефективної роботи цілої системи, а і до виявлення багатьох помилок під час сертифікаційного аудиту.

Стандарт ДСТУ ISO 50001:2020 розроблений з метою надання практичних настанов та прикладів для створення, впровадження, підтримки та поліпшення системи енергетичного менеджменту. Незалежно від місця, типу, розміру, розташування чи рівня реалізації енергозберігаючих заходів, інформація з даного стандарту може бути використана для будь якої структури (рис 1.4).



Рисунок 1.4 – Модель побудови СЕНМ організації

Розробка системи енергетичного менеджменту виконується згідно вимог ISO 50001, та має бути зрозумілою. Цілі, які були поставлені щодо енергетичного менеджменту та ефективності, мають бути узгоджені з потребами організації (діяльністю) та бути досяжними і реальними. Усі нормативно-правові документи мають бути створені відповідно до напрямку організації, а також простими в оновленні та підтримці в актуальному стані. Якщо впроваджена система і функціонує згідно поставлених планів, її потрібно все одно постійно покращувати.

Щоб правильно поділити зусилля та ресурси в енергетичному менеджменті та покращення рівня енергоефективності, необхідно, щоб

організація визначила сфери та межі охоплення СЕНМ. Товариство не повинне виключати жодної системи енергоспоживання, окрім випадку, коли вона розраховується окремо з більш надійним контролем. Звісно, у випадку підвищення рівня енергоефективності чи певних організаційних обставин, сфера та межі охоплення можуть змінюватися. І такому випадку, СЕНМ оновлюють, враховуючи дані зміни.

Стандарт ДСТУ ISO 50001:2020 надає настанови організації з метою її відповідності вимогам ISO 50001, які пов'язані з розробкою, реалізацією та підтриманням показників енергетичної ефективності та базових рівнів енергетичного споживання при виміру рівня та його змін досягнутої енергоефективності [25]. Основними, головними елементами ISO 50001, які дозволяють вимірювати та регулювати рівні енергоефективності в організації, є саме ПЕЕ та БРЕ. Саме рівень досягнутої енергоефективності, дозволяє нам пов'язати енергетичне споживання, використання та ефективність.

Організація повинна знати, як споживається енергія і яке її використання протягом певного періоду часу на їх підприємстві з метою ефективного управління рівнями досягнутої енергоефективності у своїх системах, процесах та устаткуванні. Показник енергоефективності це міра, яка відображає результат, що пов'язаний з енергетичною ефективністю, використанням та споживанням на об'єкті.

Базовий рівень енергоспоживання є значенням, яке визначає рівень досягнутої енергоефективності протягом певного часу, організацією. Саме завдяки БРЕ, організація може оцінити зміну рівня досягнутої енергоефективності за обраними періодами часу; та обчислити економію енергії, як показник до реалізації заходів та після [26].

В СЕНМ на етапі енергетичного планування, організації встановлюють завдання для рівня досягнутої енергоефективності під час визначення ПЕЕ та БРЕ.

Основною метою ДСТУ ISO 50001:2020 при впровадженні СЕнМ є формулювання пакету вказівок та вимог, які застосовуватимуться для виміру та підвищення рівня досягнутої енергоефективності організації. Також, не важливо, який тип енергетичних ресурсів споживається на підприємстві, оскільки стандарт застосовується усюди.

Висновок до розділу 1

Проведений аналіз та систематизація етапів генезису досліджень DSM, дозволяють зробити висновок, що розвиток відбувається під впливом, як зовнішніх факторів (економічні кризи, поширення інформаційних технологій), так і внутрішніх (розвиток енергоринків, розвиток технологій відновлювальних джерел енергії, поява нових технологічних трендів).

Оцінюючи принципи керування енерговитратами в умовах інноваційного розвитку, варто зазначити, що розробка нових вимог до аналізу, планування та організації, виконується через створення організаційно-економічних заходів та застосування принципів функціонування промисловим підприємством. Ними виступають певні комплекси механізмів та методів.

Проведена вище робота, надала можливість охарактеризувати основні задачі енергоменеджменту на промисловому підприємстві до яких відноситься скорочення споживання паливно-енергетичних ресурсів, шляхом розробки механізмів зменшення споживання енергоносіїв та керувати витратами, а також раціональна поведінка об'єкту на ринках та розробка його енергетичної стратегії.

Дана проведена характеристика задач енергетичного менеджменту та формування енергетичної стратегії на промислових підприємствах, досить важлива для України в період ситуації в якій вона перебуває, адже дозволяє значно покращити енергополітику, що призведе до економії паливно-енергетичних ресурсів.

2 ХАРАКТЕРИСТИКА ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ ПІДПРИЄМСТВА. ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ ОБ'ЄКТОМ

2.1 Загальний опис існуючого промислового об'єкту

Об'єктом дослідження є ТДВ «Рівненський завод залізобетонних виробів», який збудований в 1985 році та знаходиться у місті Рівному, Рівненської області. Підприємство спеціалізується по виробництві товарного бетону та різних виробів із нього.

Загальними характеристиками промислового виробництва є:

- Виробнича потужність бетонозмішувального вузла складає 60 м³/год.
- Графік роботи підприємства з 06:00 до 18:00, безперервна робота устаткування складає 12 годин.
- Даний об'єкт містить одну стаціонарну лінію по виробництву товарного бетону різних марок.
- Двох-поверхове цегляне адміністративно-офісне приміщення площею 492 м², не утеплене. Значну площу становлять вікна і двері різних типів, значна частина з яких, є такою, що потребує заміни або ремонту, оскільки через них відбуваються значні тепловтрати.
- Гаражний комплекс для 10 автоміксерів площею 350 м².
- Складську будівлю площею 700 м² для зберігання залізобетонних виробів.
- Кількість працюючого персоналу складає 60 осіб.
- Освітлення промислового підприємства складається з ламп розжарювання.
- Теплопостачання адміністративної будівлі заводу – централізоване, теплоносієм є вода. Система опалення є залежною, оскільки підключена до теплових мереж.

- За призначенням системи водопостачання є виробничою; за кількістю об'єктів обслуговування є місцевою; за видом вододжерела – з підземних джерел. Зважаючи на спеціальне водокористування підземними водами, підприємство сплачує 99,80 грн за 100 м³ добутого ресурсу.
- Основним ресурсом, що активно споживається промисловим підприємством є електрична енергія, яка підключена до міських мереж.
- Від вуличної магістралі до промислового підприємства по виробництву бетону, підведений газ.

Основними проблемами даного об'єкту дослідження – промислового підприємства по виробництву бетону є:

- неефективне використання паливно-енергетичних ресурсів при виконанні технологічних процесів (значна витрата електричної енергії при роботі застарілого устаткування бетонно-розчинного вузла; величезні кошти, які витрачаються на оплату централізованого теплопостачання в опалювальний період; неточне дозування інертних складників, що необхідні для приготування бетону (вода, цемент, сипучі));
- відсутність енергетичної політики та стратегії розвитку виробництва з врахуванням вимог енергетичної ефективності та енергоощадливості;
- погіршення конкурентоспроможності на ринку продукції та зменшення доходів, через недоцільну роботу об'єкту і його невідповідність принципам сталого розвитку;
- значна витрата коштів на інженерні комунікації, які перебувають в незадовільному стані;
- зниження якості виробленої кінцевої продукції, що впливає на рейтинг даного заводу;
- відсутність розробленої системи енергетичного менеджменту з врахуванням вимог енергетичного переходу для об'єкту.

2.2 Поточний стан енергоспоживання підприємства

Промислове підприємство по виробництву бетону споживає наступні основні ресурси: електричну енергію, теплову енергію, холодне водопостачання. За наявними показниками діючих вузлів обліку води, теплової та електричних енергій та інформацією, щодо тарифів в момент вимірювання, виконаємо розрахунок спожитих ресурсів за 2020-2022 роки.

У таблицях 2.1-2.3 наведено дані про споживання електричної та теплової енергії, а також води, у фактичній та вартісній формах. На (рис 2.1-2.3) побудовані графіки споживання різного виду енергій за 2020-2022 роки.

Таблиця 2.1 – Річне споживання електричної енергії промисловим підприємством за 2020-2022 роки

№	Місяць	2020		2021		2022	
		кВт·год	грн	кВт·год	грн	кВт·год	грн
1	Січень	7000	15330	7400	20646	7950	39034,5
2	Лютий	9460	20717,4	9900	27324	10050	52963,5
3	Березень	14400	31536	14740	40535	15100	61759
4	Квітень	16800	29568	17200	49192	17450	61773
5	Травень	18200	32032	18250	56210	18350	50646
6	Червень	18720	32947,2	18850	41847	18970	59945,2
7	Липень	20160	35481,6	20720	55322,4	20940	76221,6
8	Серпень	19440	38102,4	19980	29970	20130	74279,7
9	Вересень	17750	34790	18850	40904,5	19100	76591
10	Жовтень	17500	32375	17750	50055	17670	82695,6
11	Листопад	16560	30636	16920	60066	17320	90583,6
12	Грудень	12000	27960	13400	57084	13750	73150

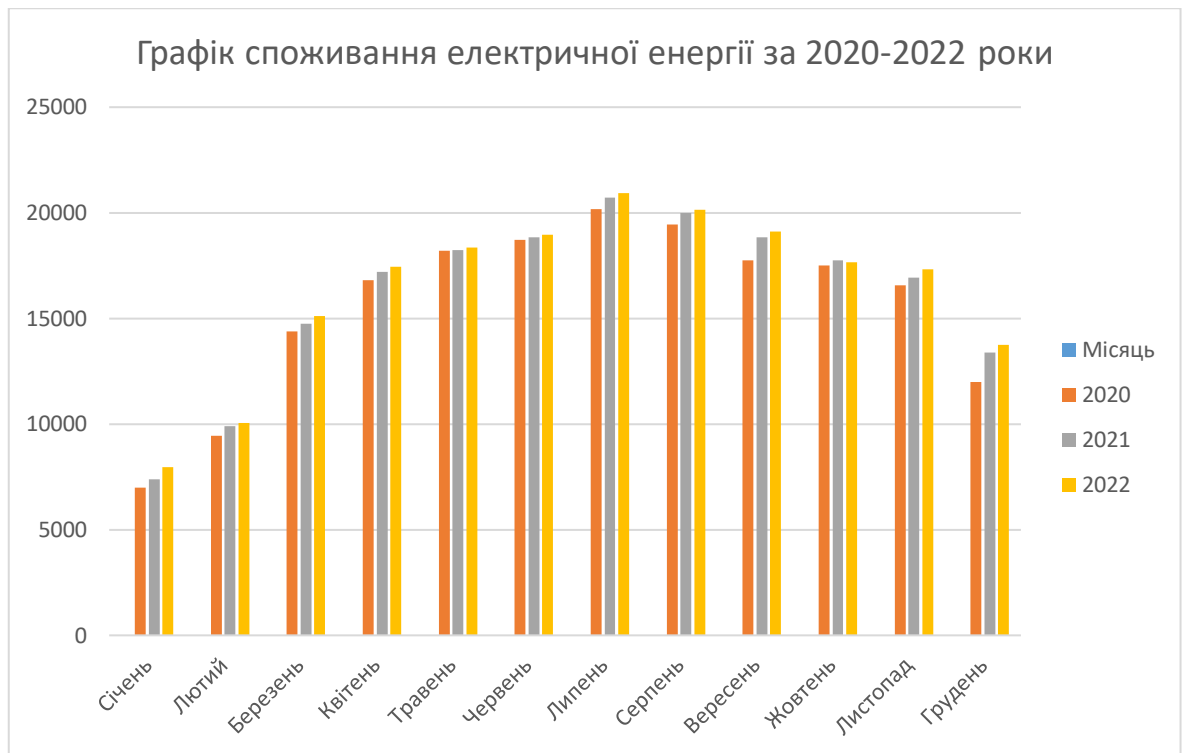


Рисунок 2.1 - Графік споживання електричної енергії за 2020-2022 роки

З (рис 2.1) можна помітити, що споживання промисловим підприємством електричної енергії є нерівномірним протягом року. В зимові періоди, процес виробництва бетону зменшується, лінія стає на ремонт. При потеплінні, кількість спожитої енергії відразу зростає і набуває піку влітку, коли величезна кількість замовлень на продукт. Також варто відзначити, що з кожним роком порівнюючи по місяцях, кількість використаного ресурсу збільшується, що характеризується зношенням устаткування та необхідністю до капітальної заміни важливих деталей устаткування. Важливим є те, що щороку вартість електроенергії зростає разом із споживанням, що негативно впливає на дохідність, кінцеву вартість продукту та конкурентоспроможність.

Таблиця 2.2 – Річне споживання теплової енергії промисловим підприємством за 2020-2022 роки

№	Місяць	2020		2021		2022	
		Гкал	грн	Гкал	грн	Гкал	грн
1	Січень	23,5	36430	23,31	37300	22,39	36950
2	Лютий	25,58	39650	25,63	41020	23,06	38060
3	Березень	18,51	28700	18,9	30250	18,79	31015
4	Квітень	14,6	22630	14,43	23100	13,86	22870
5	Травень	0	0	0	0	0	0
6	Червень	0	0	0	0	0	0
7	Липень	0	0	0	0	0	0
8	Серпень	0	0	0	0	0	0
9	Вересень	0	0	0	0	0	0
10	Жовтень	10,54	16340	11,5	18400	11,66	19250
11	Листопад	15,69	24320	16,41	26260	16,43	27120
12	Грудень	21,19	32850	21,34	34150	21,24	35050

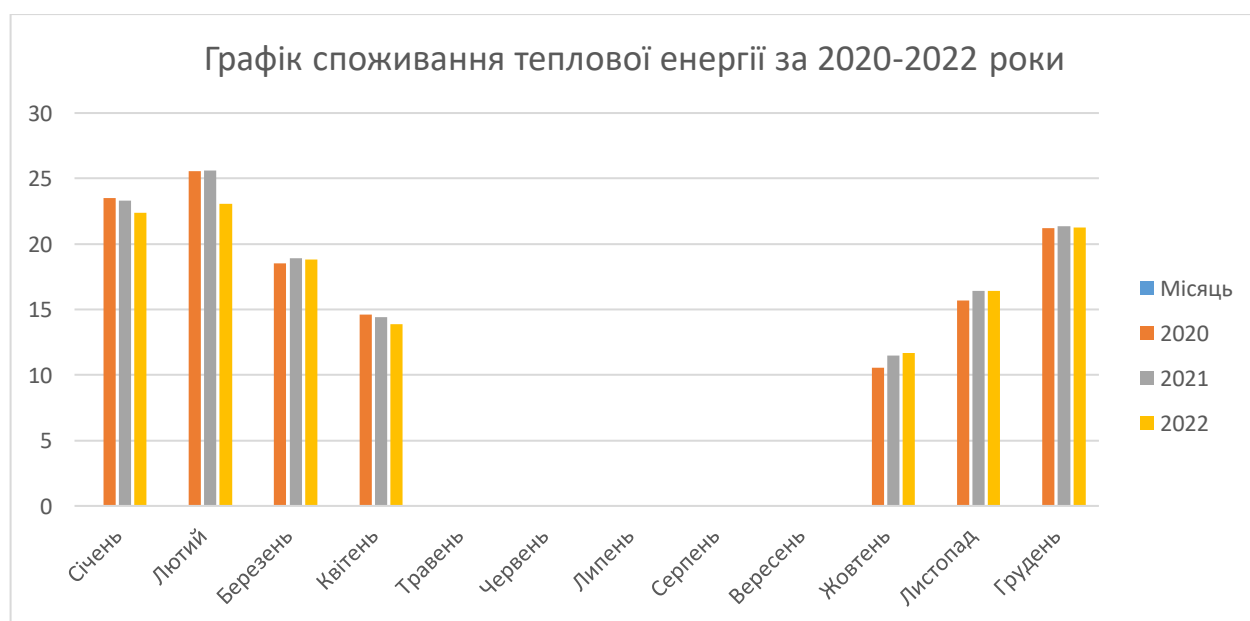


Рисунок 2.2 - Графік споживання теплової енергії за 2020-2022 роки

Аналізуючи (рис 2.2) можна побачити, що споживання теплової енергії промисловим підприємством, найбільше припадає на опалювальний сезон, оскільки температура повітря зменшується та настає зимовий період. З травня по вересень дані відсутні, оскільки процес централізованого теплопостачання зупинено. Також за таблицею 2.2 можна відстежити зростання вартості теплоносія щороку на суттєву суму, що впливає на дохідність заводу.

Таблиця 2.3 – Річне споживання води промисловим підприємством за 2020-2022 роки

№	Місяць	2020	2021	2022
		м³		
1	Січень	2550	2800	2920
2	Лютий	3270	3600	3740
3	Березень	4160	4550	4675
4	Квітень	4580	4720	4810
5	Травень	4810	4950	5140
6	Червень	5030	5250	5310
7	Липень	5290	5400	5520
8	Серпень	5380	5460	5590
9	Вересень	5070	5200	5310
10	Жовтень	4930	5150	5240
11	Листопад	4725	4800	4970
12	Грудень	3650	3900	4150

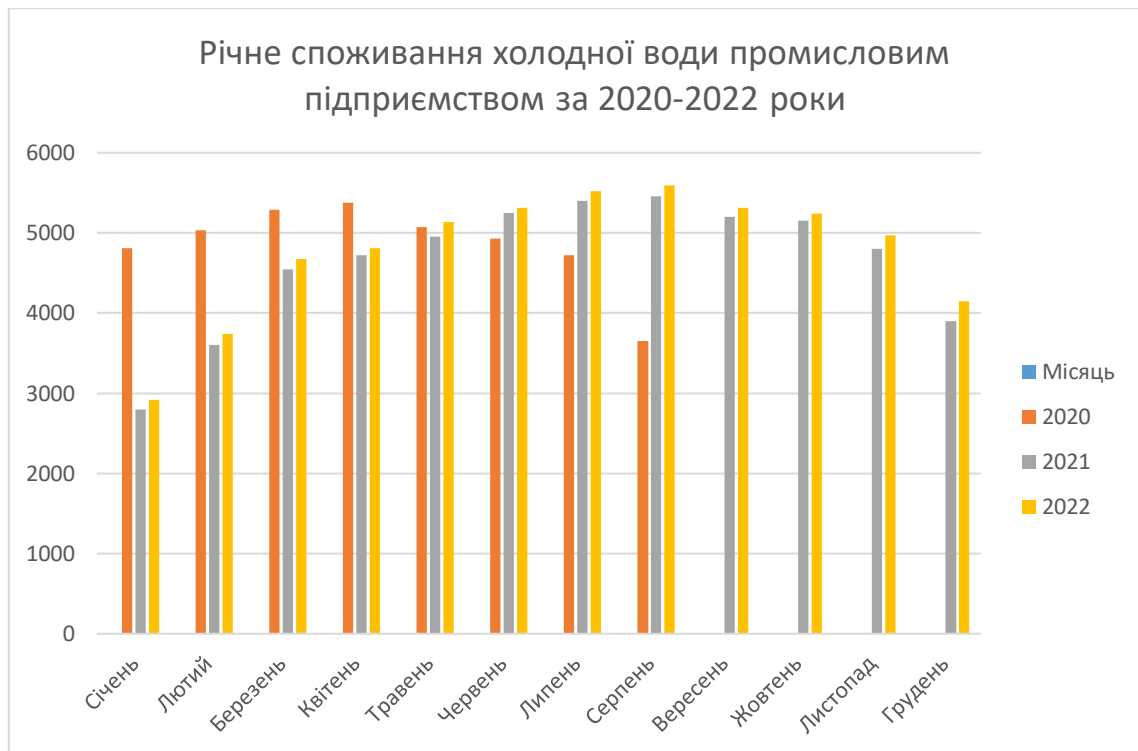


Рисунок 2.3 - Річне споживання холодної води промисловим підприємством за 2020-2022 роки

З (рис 2.3) можна помітити, що споживання води підприємством з кожним роком збільшується, що аргументується збільшенням кількості замовлень на виробництво товарного бетону, а також зношенням обладнання, що дозує воду в бетонозмішувач при виконанні технологічного процесу. Аналізуючи місяці попиту, то варто зазначити, що він припадає на літні місяці, оскільки зимою кількість роботи зменшується та виробництво стає на ремонтні роботи. Оскільки на території підприємства власне спеціальне користування підземними водами, то рентна плата за використання води, становить 99,80 грн за 100 м³.

Оцінимо зростання вартості електричної та теплової енергії за 2020-2022 роки в графіках на (рис 2.4-2.5).

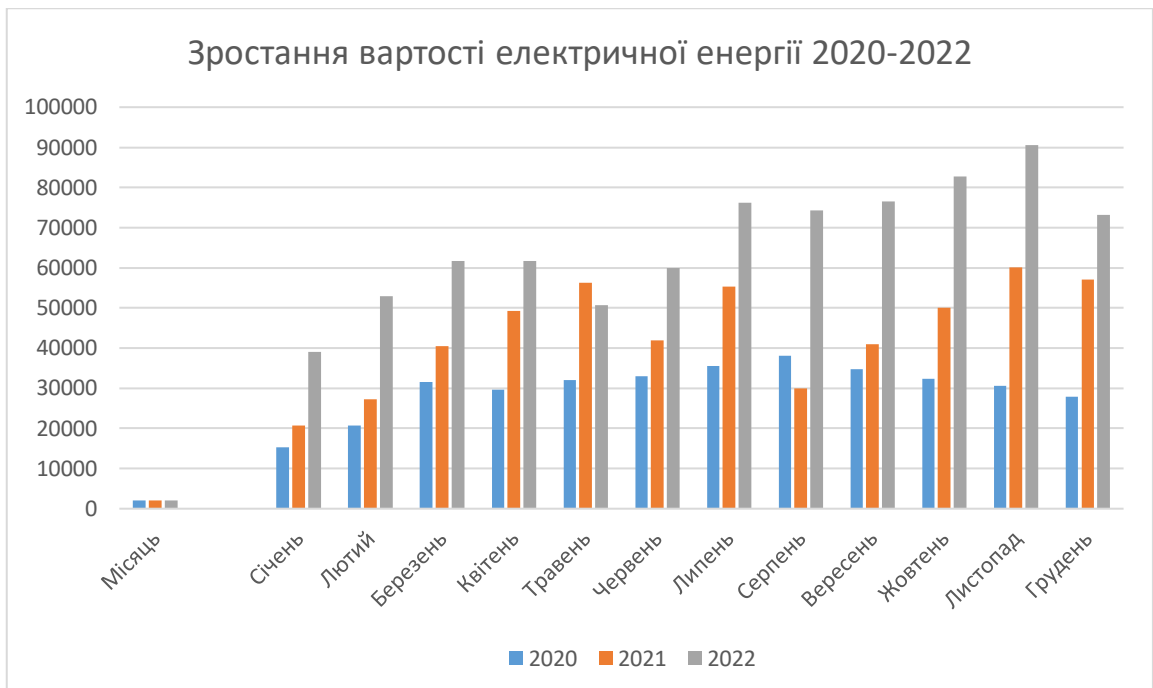


Рисунок 2.4 - Графік зростання вартості електричної енергії протягом 2020-2022 років



Рисунок 2.5 - Графік зростання вартості теплової енергії протягом 2020-2022 років

Аналізуючи одержані графіки на (рис 2.4-2.5) можна зробити висновок, що з кожним роком суттєво дорожчають енергетичні ресурси, що активно і недоцільно споживаються підприємством.

Тепер побудуємо графіки вартісної оплати, аби наочно побачити та оцінити грошові витрати, які ідуть на три основні ресурси, кожного року.

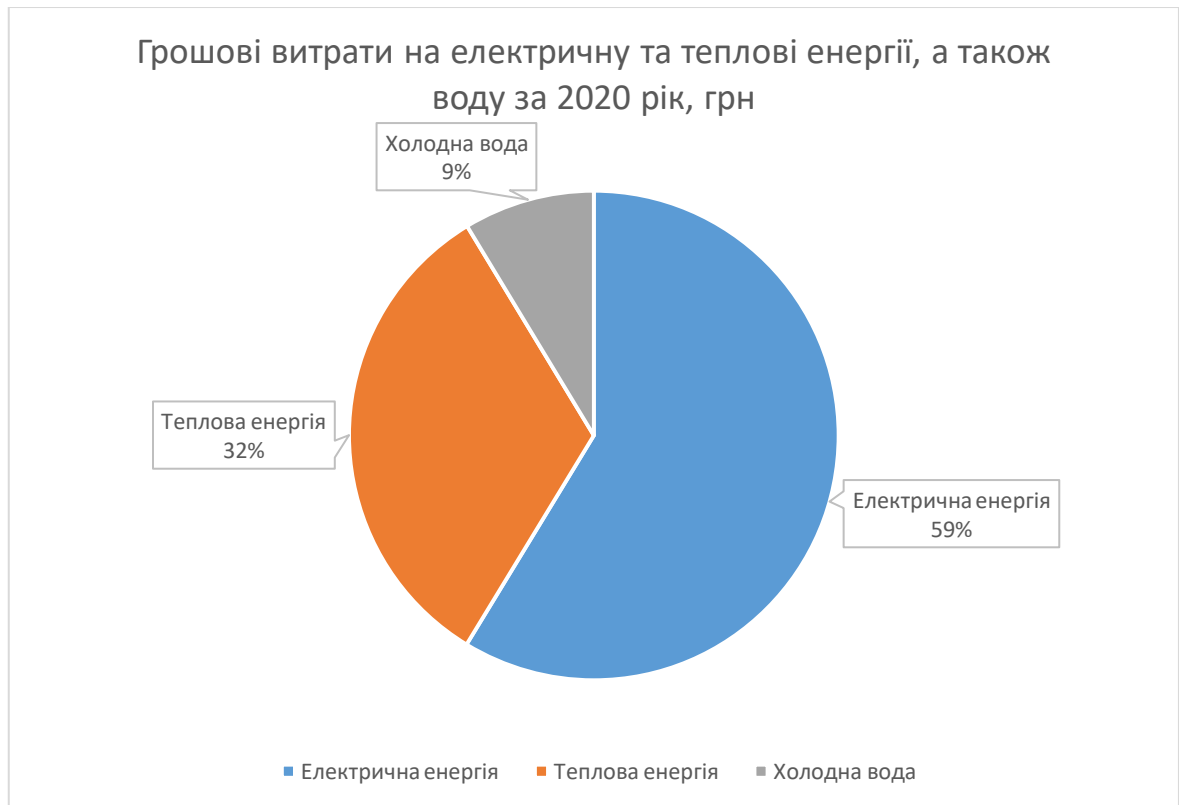


Рисунок 2.6 – Грошові витрати на електричну та теплову енергії, а також воду за 2020 рік, грн

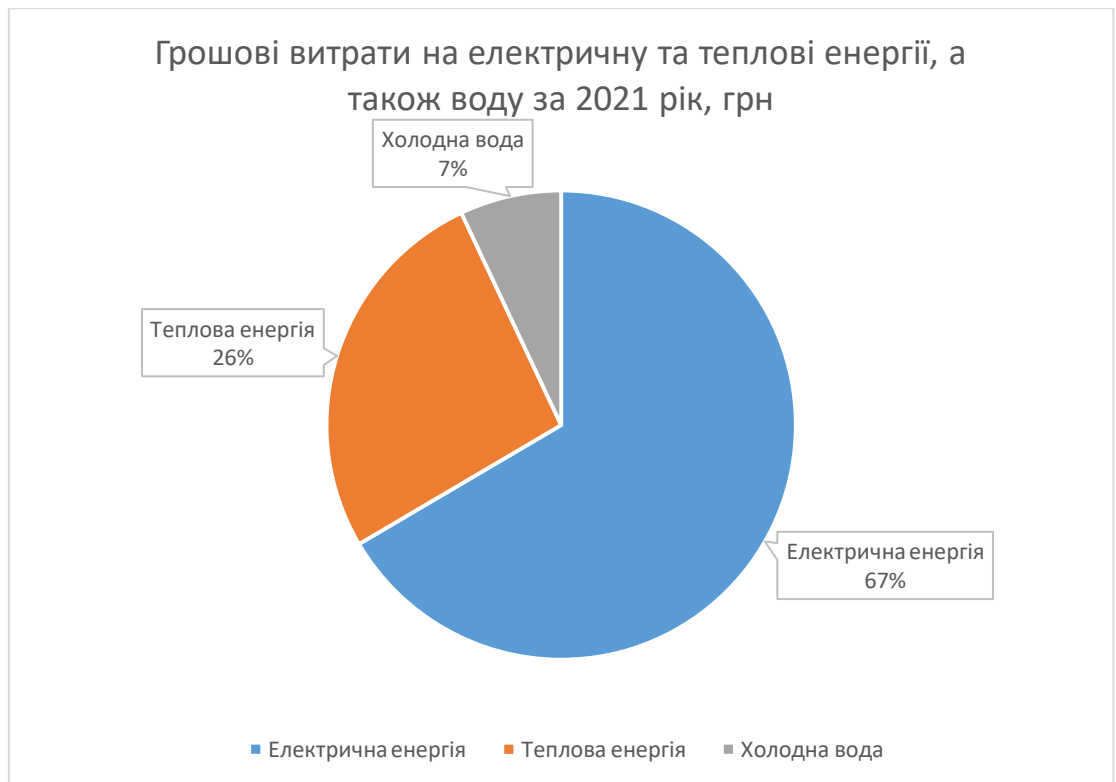


Рисунок 2.7 - Грошові витрати на електричну та теплові енергії, а також воду за 2021 рік, грн



Рисунок 2.8 - Грошові витрати на електричну та теплові енергії, а також воду за 2022 рік, грн

Аналізуючи (рис 2.6-2.8) по вартісній оплаті за паливно-енергетичні ресурси, які були отримані з обрахованих вище даних, можна сказати наступне:

- найбільше промисловим підприємством по виробництву бетону, споживається електрична енергія, яка витрачається на повноцінне функціонування бетонно-розчинного вузла при виконанні технологічного процесу, а також на робочі моменти життя всього заводу (його господарчу діяльність). Вартість даного ресурсу, зростає кожного року, і відсоткова складова на графіках, дозволяє це відстежити за певною тенденцією. З метою економії коштів, збільшення дохідності виробничого об'єкту, необхідно негайно приймати заходи, які модернізують та оновлять існуюче устаткування задля ощадливості даного виду ресурсу та конкурентоспроможності на ринку;
- значна кількість коштів підприємства іде на сплату теплової енергії в опалювальний сезон, яка централізовано постачається з метою обігріву адміністративно-офісної будівлі заводу. При цьому гаряче водопостачання відсутнє в літній період часу. А зважаючи на відсутність проведених заходів з термомодернізації заводу, відбуваються значні тепловтрати на зовні;
- завершує трійку найбільш спожитих підприємством ресурсів – вода, яка необхідна для виробництва бетону, оскільки входить в технологію приготування продукту. Звісно, хоча на території об'єкту є власне добуто постачання водного ресурсу, яке не належить до інженерного централізованого водоканалу, що значно економить кошти заводу, проте через спеціальне користування підземними водами рентна плата за використання води, становить 99,80 грн за 100 м³. Варто наголосити, що збільшення кількості води реалізується не через кількість замовлень, а через точність дозування, що впливає на кінцеву якість готового продукту.

2.3 Формування балансу споживання електричної енергії виробничого об'єкту

Технологічні витрати електроенергії. Визначення технологічних витрат електричної енергії здійснюється окремо для кожного виду основного та допоміжного технологічного обладнання у відповідності з його складом і технологічними схемами виробництва продукції. Витрати електроенергії для кожного виду технологічного обладнання визначаються за виразом:

Витрати електричної енергії на технологічний процес. Даний розрахунок виконується окремо для головного та додаткового виробничого устаткування. Витрати електричної енергії визначаються за формулою (2.1):

$$W_{\text{вит.ел}} = \sum_{1}^n K_{\text{вк}} \cdot P_{\text{н}} \cdot t_{\text{роб}} \cdot 10^{-3} ; \quad (2.1)$$

де $W_{\text{вит.ел}}$ – витрати електричної енергії, тис кВт·год;

$K_{\text{вк}}$ – коефіцієнт використання встановленої потужності;

$P_{\text{н}}$ – встановлена потужність, кВт;

$t_{\text{роб}}$ – тривалість роботи обладнання;

n – кількість обладнання.

Тривалість роботи головного та додаткового технологічного устаткування залежить від його типу та подано в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Характеристика тривалості роботи обладнання

Графік роботи, год/добу	4-12
Кількість робочих днів	5
Кількість тижнів у році	52

Розрахунок кількості необхідного освітлення. Для визначення кількості необхідних ламп, потрібно знайти потужність систем загального освітлення, що споживається за добу за формулою (2.2).

$$P_{\text{сис.осв}} = P_{\text{пит.буд}} \cdot F_{\text{буд}}; \quad (2.2)$$

де $P_{\text{сис.осв}}$ — потужність систем загального освітлення, кВт;

$P_{\text{пит.буд}}$ — питома встановлена потужність, Вт/м².

Знаходження промислових витрат електричної енергії по підприємству. Загальні витрати по об'єкту, розподіляються між певними видами продукції, пропорційно технологічним витратам електроенергії на кожний вид продукції.

Витрата електричної енергії на освітлення за робочий час протягом доби, розраховуються за формулою (2.3):

$$W_{\text{вит.ел.освіт}} = K_{\text{вк}} \cdot P_{\text{н.осв}} \cdot t_{\text{осв.роб}} \cdot 10^{-3}; \quad (2.3)$$

де $W_{\text{вит.ел.освіт}}$ — витрата електричної енергії на освітлення, тис·кВт·год;

$P_{\text{н.осв}}$ — потужність усіх ламп загального освітлення, що споживається, кВт;

$t_{\text{осв.роб}}$ — тривалість роботи, год.

Витрати електричної енергії на виконання технологічного процесу промисловим устаткуванням, визначаються за формулою (2.4):

$$W_{\text{вит.ел.обл}} = K_{\text{вк}} \cdot P_{\text{н.обл}} \cdot t_{\text{обл.роб}}; \quad (2.4)$$

де $W_{\text{вит.ел.обл}}$ — витрата електричної енергії на обладнання, кВт·год;

$P_{\text{н.обл}}$ — встановлена потужність устаткування, кВт;

$t_{\text{обл.роб}}$ — час роботи обладнання при технологічному процесі, год.

Результати розрахунків подано в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 - Споживання електричної енергії промисловим підприємством

Перелік електричного обладнання	Кількість, шт	Встановлена потужність, кВт	Загальна встановлена потужність, кВт	Коефіцієнт використання	Тривалість роботи, год/рік	Загальне електроспоживання, кВт·год
Конвеєр-вагодозатор	1	7,5	7,5	0,9	3600	24300
Скіповий підйомник	1	5,5	5,5	0,9	3600	17820
Насос для набору води з баку	1	1,5	1,5	0,9	3600	4860
Насос для набору хімічних домішок з баку	1	1,5	1,5	0,9	3600	4860
Насос для свердловини	1	7,5	7,5	0,9	5110	34493
Насоси для подачі теплоносія в приміщення	2	0,14	0,28	1	4344	1216
Шнековий транспортер для цементу	1	5,5	5,5	0,9	3600	17820
Бетонозмішувач	1	15	15	0,9	3600	48600
Кондиціонер в операторну	1	2,2	2,2	0,85	3120	5834,4

Продовження таблиці 2.5

Лампи розжарювання для території	35	0,2	7	0,75	4380	22995
Лампи розжарювання в будівлях	210	0,085	17,85	0,7	1320	16493
Комп'ютерно-офісна техніка	30	0,065	1,95	0,6	2340	2738
Всього						202 029,4

Для створення балансу споживання електричної енергії промисловим підприємством, об'єднаємо обладнання в групи (освітлення, насоси, допоміжне устаткування, бетонно-розчинний вузол) та подамо в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Поділене на підгрупи споживання електричної енергії промисловим підприємством по виробництву бетону

Назва електричного обладнання	Електроспоживання, кВт·год/рік
Освітлення	39488
Насоси	45429
Допоміжне устаткування	8572,4
Бетонно-розчинний вузол	108540
Всього	202 029,4



Рисунок 2.9 – Баланс споживання електроенергії на круговій діаграмі

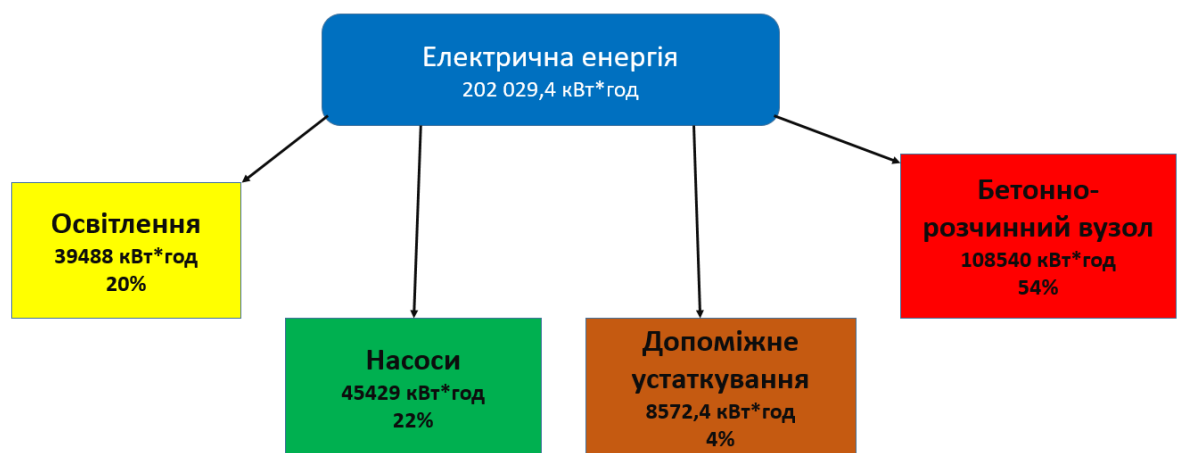


Рисунок 2.10 – Баланс споживання електроенергії на балансовій діаграмі

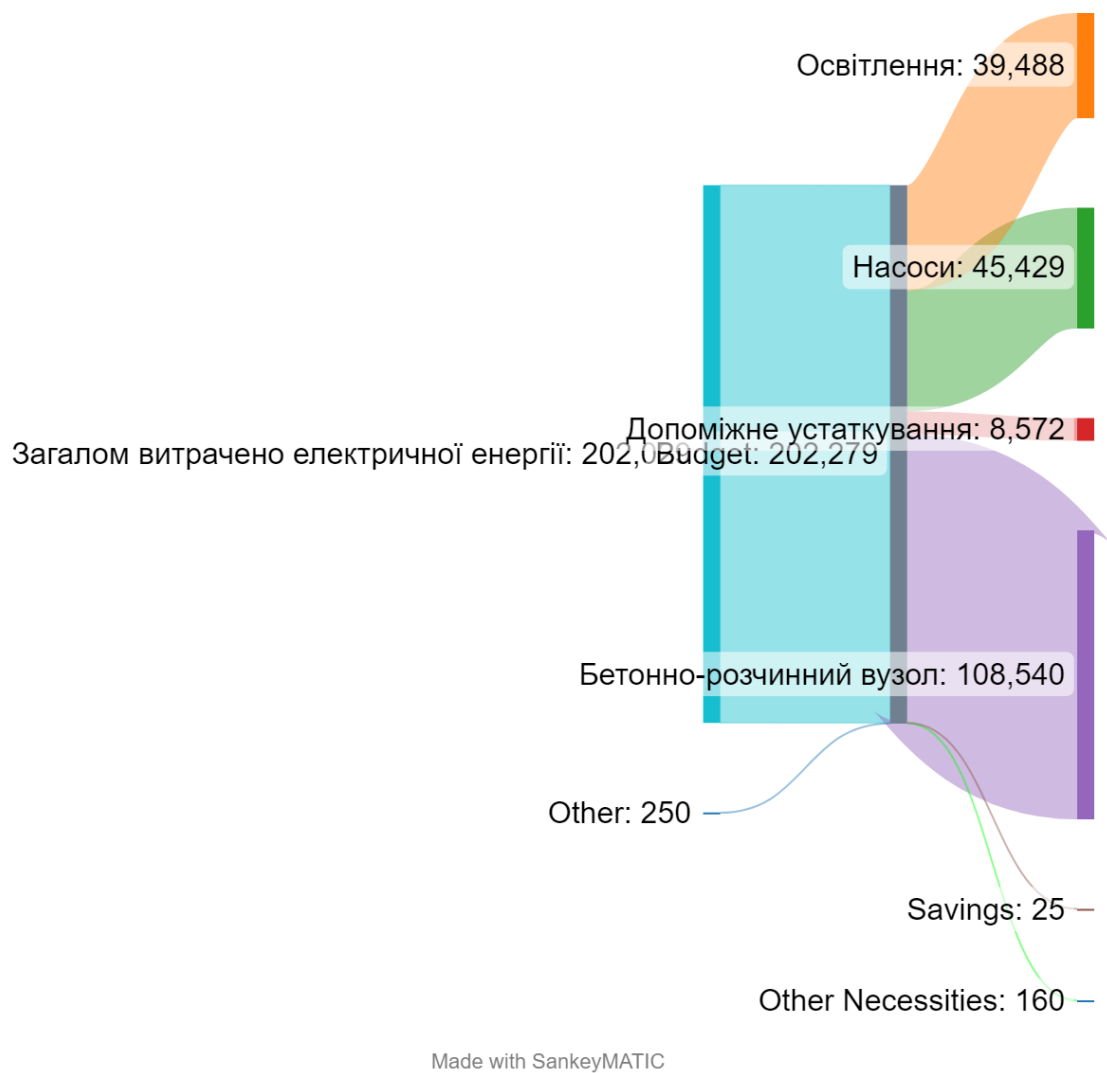


Рисунок 2.11 – Баланс споживання електричної енергії на діаграмі Санкея

2.4 Характеристика розрахунку навантаження обладнання, що використовується на об'єкті

Виконаємо повірочний розрахунок навантаження бетонного заводу. Для цього використаємо усі необхідні дані, які було одержано в минулому пункті та подано на (рис 2.9-2.11).

Таблиця 2.7 - Електротехнічне обладнання заводу, що споживає електричну енергію

Назва	Кількість	Коефіцієнт використання встановленої потужності, K_{BK}	Встановлена потужність P_n кВт	Загальна потужність, кВт
Конвеєр-вагодозатор	1	0,9	7,5	7,5
Скіповий підйомник	1	0,9	5,5	5,5
Насос для набору води з баку	1	0,9	1,5	1,5
Насос для набору хімічних домішок з баку	1	0,9	1,5	1,5
Насос для свердловини	1	0,75	7,5	7,5
Насоси для подачі теплоносія	2	1	0,14	0,28

Продовження таблиці 2.7

Шнековий транспортёр для цементу	1	0,9	5,5	5,5
Бетонозмішувач	1	0,9	15	15
Кондиціонер в операторну	1	0,85	2,2	2,2
Лампи розжарювання для території	35	0,75	0,2	7
Лампи розжарювання в будівлях	210	0,7	0,085	17,85
Комп'ютерно- офісна техніка	30	0,6	0,065	1,95
Сумарно				73,28

Описавши перелік обладнання, визначимо сумарне активне навантаження на прикладі конвеєра-вагодозатора, що знаходиться за формулою (2.5):

$$P_{\text{сум.ак.нав}} = N \cdot P_{\text{н}} \quad ; \quad (2.5)$$

де N – кількість обладнання, штук

$P_{\text{н}}$ – номінальна потужність одного обладнання, кВт.

Використовуючи формулу (2.5) підставимо наші дані і одержимо:

$$P_{\text{сум.ак.нав}} = 1 \cdot 7,5 = 7,5 \text{ кВт}$$

Середню потужність, кВт, визначимо за формулою (2.6):

$$P_{\text{сер.п}} = P_{\text{сум.ак.нав}} \cdot K_{\text{вк}} \quad (2.6)$$

де $K_{\text{вк}}$ – коефіцієнт використання встановленої потужності.

Підставивши наявні дані в формулу (2.6) одержимо:

$$P_{\text{сер.п}} = 7,5 \cdot 0,9 = 6,75 \text{ кВт.}$$

Тепер визначимо ефективне число обладнання $n_{\text{ефек}}$ враховуючи умови наступних перетворень:

$$M = \frac{P_{\text{н.найбіл}}}{P_{\text{н.найменш}}} \quad (2.7)$$

де $P_{\text{н.найбіл}}$ – найбільша потужність обладнання, кВт;

$P_{\text{н.найменш}}$ – найменша потужність обладнання, кВт.

У випадку, якщо $M \leq 3$, то $n_{\text{ефек}} = n$. У випадку $M \geq 3$, виконується формула (2.8):

$$n_{\text{ефек}} = \frac{2 \cdot \sum_{i=1}^n P_{\text{н}}}{P_{\text{н.найбіл}}} \quad (2.8)$$

Тепер підставимо наші дані в формулу (2.7):

$$M = \frac{17,85}{0,28} = 64.$$

Зважаючи на обрахунок, отриманий вище і виконання умов, то за формулою (2.8) визначимо:

$$n_{\text{ефек}} = \frac{2 \cdot 73}{17,85} = 8,21$$

Тепер знайдемо розрахункову потужність обладнання, кВт, за формулою (2.9):

$$P_{\text{роз}} = \sum_{i=1}^n P_{\text{сер.пот}} \cdot K_{\text{роз}} \quad ; \quad (2.9)$$

де $\sum_{i=1}^n P_{\text{сер.пот}}$ – загальна сума середніх потужностей обладнання;

$K_{роз}$ – коефіцієнт розрахункового навантаження (залежить від $n_{ефек}$).

За довідковими таблицями, завдяки $n_{ефек}$ та $K_{вк}$ одержимо $K_{роз}$. За формулою (2.9) знайдемо розрахункову потужність конвеєра-вагодозатора:

$$P_{роз} = 59,55 \cdot 1,1 = 65,505 \text{ кВт.}$$

Таблиця 2.8 - Загальний розрахунок навантаження обладнання

Назва	Середня потужність, кВт	Коефіцієнт розрахункового навантаження	Ефективне число	Розрахункова потужність кВт
Конвеєр- вагодозатор	6,75	1,1	8,21	65,197
Скіповий підйомник	4,95	1,05		62,23
Насос для набору води з баку	1,35	1.15		68,16
Насос для набору хімічних домішок з баку	1,35	1		59,27
Насос для свердловини	5,63	1		59,27
Насос для подачі теплоносія в приміщення	0,28	1,1		0,3

Продовження таблиці 2.8

Шнековий транспортер для цементу	4,95	1.05		62,23
Бетонозмішувач	13,5	1.1		65,19
Кондиціонер в операторну	1,87	1,2		71,124
Лампи розжарювання для території	5,25	1,05		62,23
Лампи розжарювання в будівлях	12,5	1,05		62,23
Комп’ютерно- офісна техніка	1,17	1		59,27
Сумарно				696,7

2.5 Формування теплового балансу будівлі

В даному пункті, визначимо теплові надходження до адміністративно-господарчої будівлі. Вони залежать від місця розташування приміщення, призначення, кількості людей та сумарної потужності обладнання. Обчислюється за формулою (2.10):

$$Q_{\text{теп.над}} = Q_{\text{люд}} + Q_{\text{обл}} + Q_{\text{осв}} + Q_{\text{рад}} ; \quad (2.10)$$

де $Q_{\text{люд}}$ – теплові надходження від працівників;

$Q_{\text{обл}}$ – теплові надходження від електрообладнання;

$Q_{\text{осв}}$ – теплові надходження від освітлення;

$Q_{\text{рад}}$ – теплові надходження від сонячної радіації.

Теплові надходження від працівників

Даний вид надходжень відбувається у вигляді тепловіддачі від тіла, оскільки вона підвищує температуру приміщення. Звісно, є ще тепловіддача з поверхні шкіри та вологістю, що випаровується разом з повітрям, але вона не суттєва.

Важливим моментом є те, що кількість теплового виділення працівниками, залежить від їх принципу роботи і параметрів середовища, що їх оточує.

Щоб знайти надходження теплоти від працівників, необхідно скористатися формулою (2.11) у Вт:

$$Q_{\text{люд}} = n_{\text{прац}} \cdot q_{\text{люд}} ; \quad (2.11)$$

де $n_{\text{прац}}$ – кількість працівників;

$q_{\text{люд}}$ – питома кількість теплоти, випромінюється 1 людиною $99 \frac{\text{Вт}}{\text{люд}}$.

В будівлі працює 35 працівників, серед яких 25 чоловіків та 10 жінок. Кількість теплоти, яку вони виділяють, складає 80 та 85 відсотків, відповідно.

Використовуючи формулу (2.11), знайдемо загальні теплові надходження від працівників:

$$Q_{\text{люд}} = (25 \cdot 0,8 + 10 \cdot 0,85) \cdot 99 = 2821,5 \text{ Вт.}$$

Теплові надходження від електричного обладнання

Одним із основних джерел теплових надходжень в приміщення, є електричне обладнання. Кількість теплоти, яка знаходить від них, обчислюється за формулою (2.12):

$$Q_{\text{обл}} = P_{\text{вст}} \cdot K_{\text{вик}} \cdot K_{\text{од}} \cdot K_{\text{зав}} \cdot (1 - \vartheta + K_{\text{пере}} \cdot \vartheta) ; \quad (2.12)$$

$P_{\text{заг}}$ – загальна потужність обладнання 5 кВт;

$K_{\text{вик}}$ – коефіцієнт використання встановленої потужності 0,8;

$K_{\text{од}}$ – коефіцієнт роботи устаткування 0,75;

$K_{\text{зав}}$ – коефіцієнт завантаження обладнання 0,7;

ϑ – ККД обладнання 0,85%;

$K_{\text{пере}}$ – коефіцієнт переведення енергії 0,5.

Маючи наявні дані, підставимо в формулу (2.12) та отримаємо кількість теплоти, що надходить від електрообладнання адміністративно-офісного приміщення:

$$Q_{\text{обл}} = 5 \cdot 0,8 \cdot 0,75 \cdot 0,7 \cdot (1 - 0,85 + 0,5 \cdot 0,85) = 1,2 \text{ Вт.}$$

Теплові надходження від приладів освітлення

Аби визначити теплові надходження від освітлювальних приладів, скористаємося формулою (2.13):

$$Q_{\text{осв}} = P_{\text{осв}} \cdot K_{\text{осв}} \cdot K_{\text{вик.осв}} ; \quad (2.13)$$

де $P_{\text{осв}}$ – сумарна потужність (120 штук * 0,085 Вт = 10,2 кВт);

$K_{\text{осв}}$ – коефіцієнт переходу електро енергії в теплову 0,7;

$K_{\text{вик.осв}}$ – коефіцієнт використання освітлення 0,5.

Зважаючи, на те що в адміністративно-офісній будівлі використовується 120 ламп розжарювання потужністю 85 Вт кожна, проведемо розрахунок теплових надходжень підставивши наявні дані в формулу (2.13):

$$Q_{\text{осв}} = 10200 \cdot 0,7 \cdot 0,5 = 3570 \text{ Вт.}$$

Теплові надходження від сонячної радіації

Надходження теплоти від сонячної радіації відбувається через вікна, зовнішні стіни чи покрівлю, але останні є незначними. Тому найбільше радіації проходить саме через вікна.

Для визначення теплових надходжень сонячної радіації через вікна скористаємося формулою (2.14):

$$Q_{\text{рад}} = K_{\text{зат}} \cdot K_{\text{прон}} \cdot (S_1 x_1 + S_2 x_2 + S_3 x_3 + S_4 x_4) \quad ; \quad (2.14)$$

де $K_{\text{зат}}$ – коефіцієнт затемнення вікон (0,7);

$K_{\text{прон}}$ – коефіцієнт проникнення сонячної радіації (0,6);

S_n – площа м² відповідної сторони будівлі;

x_n – середнє значення сонячної радіації.

Загальна площа вікон будівлі 105 м², а розташування міста Рівного 50° північної широти та 26° східної довготи. Відповідно підставивши дані в формулу (2.14) отримаємо:

$$\begin{aligned} Q_{\text{рад}} &= 0,7 \cdot 0,6 \cdot (57,75 \cdot 134,6 + 36,75 \cdot 143,17 + 5,25 \cdot 94,7 + 5,25 \cdot 113,4) \\ &= 5933 \text{ Вт} \end{aligned}$$

Отримані дані внесемо в таблицю 2.9.

Таблиця 2.9 - Теплові надходження до будівлі

Надходження теплоти	Потужність, Вт
Працівники	2821,5
Електрообладнання	1,2
Освітлення	3750
Сонячна радіація	5933

Тоді за формулою (2.10) розрахуємо загальні теплові надходження:

$$Q_{\text{теп.над}} = 2821,5 + 1,2 + 3750 + 5933 = 12\,505 \text{ Вт.}$$

2.6 Заходи, які реалізуватимуться при впровадженні для вдосконалення енергоефективності

Зважаючи на описані вище проблемні питання, що виникають на промисловому підприємстві та стосуються доцільності споживання паливно-енергетичних ресурсів, необхідно впроваджувати заходи для вдосконалення енергоефективності даного заводу. Нижче описаний основний першочерговий їх перелік.

Заходом №1, який є головним для виробничого об'єкту є впровадження системи енергетичного менеджменту з використанням вимог енергетичного переходу. Власники та вище керівництво мають прийняти рішення, щодо реалізації СЕНМ згідно стандарту ISO 50001. Це дозволить прописати енергетичну політику підприємства в якій буде розроблено заходи матеріального типу, що направлені на мінімізацію споживання ресурсів та досягання енергоефективності.

Заходом №2 є необхідність ведення обліку використання ресурсів на найбільш енергетично споживаючих ділянках заводу, зокрема бетонно-розчинного вузла. Даний крок дозволить одержувати інформацію, щодо значних затрат ПЕР, її аналізувати та виконувати дії з контролю, які направлені на зменшення затрат.

Заходом №3 є повноцінна автоматизація існуючого бетонно-розчинного вузла. Мається на увазі реалізація автоматичних інструментів моніторингу, контролю розподілу та використанням енергоносіїв. Це покращить точність дозування інертних інгредієнтів, що входять в технологічний процес приготування бетонного розчину з метою підвищення якості кінцевого продукту (все чітко рецепту) та збільшення дохідності об'єктом.

Заходом №4 є абсолютна заміна існуючих та зношених двигунів, що встановлені в бетонозмішувачі, скіпу, конвеєрі, силосах на новий тип модернізованих, ефективних з кращим ККД та більшим ресурсом . Даний крок дозволить зменшити втрати на електричну енергію, що активно споживається при роботі лінією та надає можливість направити зекономлені кошти на її оновлення.

Заходом №5 є повноцінний контроль за витратами електричної енергії на освітлення по всьому промислового підприємстві. Необхідна заміна існуючих систем освітлення на більш енергоефективні для даного об'єкту, зокрема LED лампи. Дані кроки реалізуються в адміністративно-офісній будівлі, складі, гаражному комплексі та на відкритій території.

Заходом №6 є повна термомодернізація приміщень, що використовують теплову енергію. Тобто утеплення фасадів будівлі, заміна вікон та дверей. Повна герметизація термічного обладнання та повноцінний ремонт теплоізоляції із застосуванням сучасних теплоізоляційних матеріалів, що дозволить знизити втрати тепла. Важливим кроком є впровадження сучасних систем управління температурними режимами в адміністративно-офісній будівлі. Додатковими заходами є встановлення кондиціонерів та електричних конвекторів з метою додаткового обігріву, а також бойлерів для наявності гарячої води в період відсутності опалювального сезону.

Заходом №7 є поступова заміна та прокладання нових інженерних мереж промислового підприємства. Заміна старих, зношених металевих труб на пластмасові. Це дозволить мінімізувати втрати в навколишнє середовище, що значно економитиме кошти.

Заходом №8 є детальний аналіз використання палива заводом. Додатковою втратою, що впливає на дохідність підприємства є пальне, яке необхідно більш якісно та точно контролювати та розподіляти максимально ефективно. Лише повноцінний аналіз, інструкція до якого прописана в енергетичній політиці заводу, дозволить досягти даних очікувань та перших результатів.

Заходом №9 є встановлення та запуск нетрадиційних відновлювальних джерел енергії. Оскільки промислове підприємство по виробництву бетону, найбільш активно споживає електричну енергію, то встановлення сонячних електростанцій допоможе здобути автономність та незалежність від централізованих мереж, а також значно економити кошти, оскільки іде самостійне вироблення ресурсу та його акумулювання. Особливо це корисно в періоди

відключення світла, коли стоїть необхідність повноцінної роботи заводу. Також це надає можливість додаткового заробітку для об'єкту, оскільки можна продавати вироблену енергію в державу.

Заходом №10 є розробка та реалізація власної твердопаливної котельні. Оскільки другою за споживанням на підприємстві є теплова енергія, яка постачається централізовано, що несе значні втрати коштів, важливим є впровадження власної котельні на щепі. Цим може слугувати енергетична верба, яка має хороші теплотворні властивості при спалюванні. Даний крок дозволить бути незалежним від теплопостачальних та виробничих компаній та дасть змогу контролювати самостійно даний ресурс з метою обігріву приміщень підприємства.

Заходом №11 є можливість в майбутньому встановлення когенераційної установки. Зважаючи на наявність на території виробничого підприємства підведеного газу від місцевих мереж, є шанс впровадження когенерації. Це дозволить не тільки отримувати тепло для обігріву приміщень в опалювальний період та мати гарячу воду кругло річно, а і виробляти електричну енергію, яка суттєво споживається лінією при виконанні технологічних процесів. А також надає шанс для збуту виробленого надлишкового ресурсу в державу, що дозволить отримати додатковий заробіток для об'єкту, окрім свого основного виду діяльності.

Висновок до розділу 2

Під час виконання даного розділу було охарактеризовано промислове підприємство, що спеціалізується на виробництві бетону. Описано його основні параметри (продуктивність, що складає 60 м³ за годину; потужність), наявне майно (кількість ліній, будівель, транспорт), персонал.

Подано головні проблеми, які не дозволяють заводу розвиватися, а саме:

- відсутність енергетичної політики і впровадженої СЕНМ загалом на об'єкті;
- значне споживання електричної енергії застарілим та не оновленим устаткуванням бетонно-розчинного вузла;
- централізоване теплопостачання, яке не обігріває приміщень, через відсутність будь яких раніше проведених заходів з термомодернізації будівлі, а також дорого вартісне.

Важливим етапом роботи, був детальний аналіз поточного стану енергоспоживання промислового підприємства. Маючи дані за останні три роки, було побудовано графіки та діаграми, які дозволили нам відстежити, що найбільше споживається ресурсів в теплі пори роки, коли збільшується кількість замовлень, а також через зношеність устаткування і його значні втрати. Також було проаналізовано, що разом зі щорічним зростанням використання ПЕР, зростає і їх вартість, що не припустимо для заводу, який хоче бути енергоефективним та отримувати більші доходи.

Зважаючи на одержану вище інформацію шляхом аналізу та дослідження, було зрозуміло, що необхідні негайні заходи, які мають бути реалізовані, як найшвидше. Перелік цих кроків описано вище та обґрунтовано їх доцільність. Лише завдяки їх впровадженню, можливий позитивний кінцевий результат, який дозволить економити кошти власнику підприємства та вкладати їх в оновлення свого виробництва.

З РОЗРАХУНОК ЗАХОДІВ З ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ ПІДПРИЄМСТВА

3.1 Модернізація системи освітлення всього об'єкту

Значну кількість електричної енергії, споживає система освітлення, всього промислового підприємства по виробництву бетону. Це відбувається через використання на території об'єкту дослідження ламп розжарювання великої потужності. Тому з метою зменшення витрат даного ресурсу, потрібна повна заміна ламп розжарювання на LED лампи.

Основними перевагами LED ламп є більша світловіддача та значний термін служби на відмінно від розжарювання.

Заміна системи освітлення приміщень

В адміністративно-офісній будівлі, гаражному комплексі та складській будівлі, встановлено 210 ламп розжарення потужністю 85 Вт. Пропонується замінити існуючі лампи на світлодіодні потужністю 9 Вт, кращого ефекту світловіддачі, та довшого строку служби.

Економію електричної енергії, яка настане при впровадженні даного заходу, визначимо за формулою (3.1):

$$\Delta P = (P_{\text{роз}} - P_{\text{лед}}) \cdot k_{\text{вик}} \cdot N \cdot t_{\text{рік}} \quad (3.1)$$

де $P_{\text{роз}}$ — потужність лампи розжарювання, кВт;

$P_{\text{лед}}$ — потужність LED лампи, кВт;

$k_{\text{вик}}$ — коефіцієнт кількості використаної потужності;

N — кількість ламп в будівлі;

$t_{\text{рік}}$ — кількість годин роботи ламп на рік, $\frac{\text{год}}{\text{рік}}$.

Розрахуємо споживання електричної енергії з огляду на те, що кількість годин ввімкнення в адміністративній будівлі становить 5 год за добу та працює

підприємство 264 робочих дні на рік. Тобто кількість годин роботи ламп на рік 1320 год/рік.

Отже, економія електроенергії за формулою (3.1) становитиме:

$$\Delta P = (0.085 - 0.009) \cdot 1 \cdot 210 \cdot 1320 = 21\,067 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}}.$$

Тепер визначимо вартісну економію за наступною формулою (3.2):

$$S = \Delta P \cdot c \quad (3.2)$$

де c – вартість електроенергії, що становить 5,8 грн/кВт·год.

Річна економія при встановленні LED ламп становить (3.2):

$$S = 21\,067 \cdot 5,8 = 122\,188,6 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}.$$

Вартість однієї світлодіодної лампи моделі ELM Led на 9 Вт становить 100 грн. Тоді загальні інвестиції визначатимуться за формулою (3.3):

$$C = N \cdot V; \quad (3.3)$$

де V – вартість однієї світлодіодної лампи.

Підставивши дані в формулу (3.3), одержимо:

$$C = 210 \cdot 100 = 21\,000 \text{ грн.}$$

Тепер за формулою (3.4) визначимо термін окупності впровадженого заходу:

$$T = \frac{C}{S} \quad (3.4)$$

Підставивши наявні дані в формулу (3.4), одержимо:

$$T = \frac{21\,000}{122\,188,6} = 2 \text{ місяця}$$

Отже, зважаючи на виконані обрахунки, впровадження даного кроку є економічно доцільним та окупиться за 2 місяці роботи підприємства.

Заміна системи зовнішнього освітлення

На промисловому підприємстві по виробництву бетону у системі зовнішнього освітлення (території) встановлено 35 ламп розжарювання

потужністю 200 Вт. Пропонується замінити існуючі лампи на LED потужністю 30 Вт, кращого ефекту світловіддачі, та довшого строку служби.

Розрахуємо споживання електричної енергії з огляду на те, що кількість годин ввімкнення освітлення в середньому становить 12 годин за добу 365 днів на рік. Тобто кількість годин роботи ламп на рік 4380 год/рік.

Отже, економія електроенергії за формулою (3.1) становитиме:

$$\Delta P = (0,2 - 0,03) \cdot 1 \cdot 35 \cdot 4380 = 26\,061 \frac{\text{кВт}}{\text{рік}}.$$

Тепер визначимо річну вартісну економію при встановленні LED ламп за формулою (3.2):

$$S = 26\,061 \cdot 5,8 = 151\,153,8 \text{ грн}$$

Вартість однієї світлодіодної лампи моделі ETRON Power Light A67 на 30 Вт становить 400 грн. Тоді загальні інвестиції визначатимуться за формулою (3.3):

$$C = 35 \cdot 400 = 14\,000 \text{ грн.}$$

Тепер підставивши наші дані в формулу (3.4) аби визначити термін окупності впровадженого заходу:

$$T = \frac{14\,000}{151\,153,8} = 1 \text{ місяць}$$

Отже, зважаючи на проведені розрахунки, реалізація даного кроку по заміні ламп розжарювання на світлодіодні є економічно доцільною та окупиться за 1 місяць роботи промислового підприємства.

Вставлення датчиків руху на систему освітлення в прохідні місця

Досить ефективним заходом, що позитивно впливатиме на енергоефективність даного об'єкту дослідження, є встановлення датчиків руху на території підприємства в прохідні місця по периметру території. Даний крок дозволить не споживати лишню електроенергію заводом, оскільки в місцях, де в пізній час доби постійно увімкнено освітлення, буде можливість керування на рух.

Обравши модель SW-02, яка коштує 300 грн за штуку, придбаємо 20 датчиків. Дана марка надійно працює під час своєї експлуатації та відмінно зарекомендувала себе на ринку. Усі вони будуть підключені до 20 вуличних LED ламп (30 Вт), які було обрано в попередньому пункті.

Знайдемо щорічне загальне споживання електричної енергії 20 LED лампами за формулою (3.5):

$$P_{\text{лед,рік}} = N \cdot t_{\text{рік}} \cdot P_{\text{лед}} ; \quad (3.5)$$

де N – кількість світлодіодних ламп (20 штук);

$$t_{\text{рік}} - \text{час освітлення на рік} \left(4380 \frac{\text{год}}{\text{рік}} \right);$$

$P_{\text{лед}}$ – потужність однієї світлодіодної лампи (0,03 кВт)

Підставивши отримані значення в формулу (3.5) одержимо:

$$P_{\text{лед,рік}} = 20 \cdot 4380 \cdot 0,03 = 2628 \frac{\text{кВт}}{\text{рік}}.$$

В вартісній основі споживання 20 світлодіодними лампами електроенергії вартуватиме (3.6):

$$S = P_{\text{лед,рік}} \cdot 5,8 = 2628 \cdot 5,8 = 15\,242,4 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}. \quad (3.6)$$

Зважаючи на те, що в середньому, щодоби, освітлення ввімкнене протягом 12 годин 365 днів на тиждень, то з використанням датчиків руху, як правило цей показник становитиме в двічі менше.

Оскільки освітлення, вмикається від сигналу, що подає датчик руху, то працює воно 1 хвилину. Шляхом нескладного аналізу, можна зробити висновок, що термін освітлення 20 світлодіодних ламп за добу, становитиме біля 6-ти годин.

Таким чином, після встановлення датчиків руху, вартість електроенергії, яку ми прорахували в формулі (3.6) становитиме 7621,2 грн/рік.

Загальні інвестиції в впровадження датчиків руху визначатимуться за формулою (3.3):

$$C = 20 * 300 = 6000 \text{ грн}$$

Тепер підставивши наші дані в формулу (3.4) аби визначити термін окупності впровадженого заходу:

$$T = \frac{6000}{7621,2} = 9 \text{ місяців}$$

Отже, можна зробити висновок, що при заміні ламп розжарювання на світлодіодні лампи, ми значно економимо кошти підприємства. А при доставленні датчиків руху до декількох LED ламп вуличного освітлення, ми зменшуємо фінансові витрати ще на половину, оскільки зменшуємо час освітлення (лише у випадку руху). Так, звісно, термін окупності даного заходу, складає 9 місяців, проте, це досить енергоефективний та доцільний крок, що можна було впровадити в системі освітлення.

3.2 Модернізація приміщень заводу

Досить багато коштів витрачає підприємство на сплату використаної теплової енергії, що постачається в опалювальний сезон в адміністративно-офісну будівлю з метою обігріву. Зважаючи на те, що дане приміщення побудовано в минулому столітті, жодних енергоефективних заходів в ньому не було проведено. Це призводить до значних тепловтрат в навколишнє середовище. Тому необхідні енергоефективні заходи, доцільність яких розрахована нижче.

Визначення тепловтрат через огорожувальні конструкції

Втрата теплоти.

Для того, щоб визначити теплові втрати, через огорожувальні конструкції офісної будівлі, необхідно скористатися формулою (3.7):

$$\Delta Q = s \cdot r \cdot n_0 \cdot K \cdot (t_{\text{тп}} - t_{\text{ср}}) \cdot (1 + \delta) \quad (3.7)$$

де K – коефіцієнт теплопередачі, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$;

s – площа огорожувальних конструкцій, м^2 ;

r – коефіцієнт розрахункової різниці температур;

n_0 – тривалість опалювального сезону, днів;

$t_{\text{тп}}$ – температура приміщення всередині, 20°C ;

$t_{\text{ср}}$ – середня температура повітря за опалювальний сезон – $0,1^\circ \text{C}$;

$1 + \delta$ – додаткові теплові втрати, що не відносяться до основних.

Опір теплопередачі

Для визначення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій ($\frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$), застосуємо формулу (4.8):

$$R_{\text{тер.оп}} = \frac{1}{\alpha_{\text{зов}}} + \sum \frac{\delta_{\text{т.ш}}}{\lambda_{\text{к.ш}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{внут}}} \quad ; \quad (3.8)$$

де $\alpha_{\text{зов}} = 23 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ – коефіцієнт тепловіддачі зовні будівлі;

$\alpha_{\text{внут}} = 8,7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ – коефіцієнт тепловіддачі всередині будівлі;

$\delta_{\text{т.ш}}$ – товщина шару огорожувальної конструкції, м;

$\lambda_{\text{к.ш}}$ – коефіцієнт теплопередачі шару конструкції, $\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$

Коефіцієнт теплопередачі

Для визначення коефіцієнту теплопередачі $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$, використаємо формулу (3.9):

$$K_{\text{т}} = \frac{1}{R_{\text{тер.оп}}} \quad (3.9)$$

Далі за описаними вище формулами, проведемо обстеження огорожувальних конструкцій для нашого адміністративно-офісного приміщення.

Обстеження огорожувальних конструкцій – вікон

У адміністративній будівлі встановлено дерев'яні вікна, з опором теплопередачі, який становить:

$$R_{\text{тер.оп.вік}} = 0,54 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Зважаючи, що завод знаходиться в Рівному, яке відноситься до першої кліматичної зони, то мінімальне нормативне значення опору теплопередачі для світлопрозорих огорожувальних конструкцій:

$$R_{\text{тер.оп.вік.мін}} = 0,9 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Існуюче значення опору теплопередачі не задовільняє мініимальному нормативному. Заходом, який може виправити дану ситуацію з метою досягнення енергоефективності, служить повна заміна вікон на металопластикові.

Також тепер визначимо коефіцієнт теплопередачі для існуючих встановлених вікон, підставивши дані в формулу (3.9):

$$K_{\text{т.вік}} = \frac{1}{0,54} = 1,85 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Обстеження огорожувальних конструкцій – дверей

У адміністративній будівлі встановлено дерев'яні двері, з опором теплопередачі, який становить:

$$R_{\text{тер.оп.двер}} = 0,366 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Зважаючи, що завод знаходиться в Рівному, яке відноситься до першої кліматичної зони, то мінімальне нормативне значення опору теплопередачі зовнішніх дверей:

$$R_{\text{тер.оп.двер.мін}} = 0,7 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Існуюче значення опору теплопередачі не задовільняє мініимальному нормативному. З метою виправлення даної ситуації, необхідно замінити існуючі дерев'яні двері на металопластикові.

Також тепер визначимо коефіцієнт теплопередачі для існуючих встановлених вікон, підставивши дані в формулу (3.9):

$$K_{\text{т.двер}} = \frac{1}{0,366} = 2,73 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Обстеження огорожувальних конструкцій – зовнішніх стін

Адміністративно-офісна будівля збудована з цегли, товщиною 0,4 метри; цементної штукатурки та шуби. За наявною інформацією, яку підставимо в формулу (3.8), одержимо опір теплопередачі існуючих зовнішніх стін:

$$R_{\text{тер.оп.стін}} = \frac{1}{23} + 1,49 + \frac{1}{8,7} = 1,65 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

Зважаючи, що завод знаходиться в Рівному, яке відноситься до першої кліматичної зони, то мінімальне нормативне значення опору теплопередачі зовнішніх стін становить:

$$R_{\text{тер.оп.стін.мін}} = 4 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Існуюче значення опору теплопередачі не задовільняє мініимальному нормативному. Доцільним заходом стала б повне утеплення зовнішніх стін обшиттям з мінеральної вати або пінопласту.

Також тепер визначимо коефіцієнт теплопередачі для існуючих зовнішніх стін, підставивши дані в формулу (3.9):

$$K_{\text{т.стін}} = \frac{1}{1,65} = 0,6 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Обстеження огорожувальних конструкцій – даху

Дана адміністративно-офісна будівля містить прямий плоский дах із рубероїду. Використавши наявні дані, які підставимо в формулу (3.8), одержимо опір теплопередачі існуючого стану даху:

$$R_{\text{тер.оп.дах}} = \frac{1}{23} + 1,06 + \frac{1}{8,7} = 1,21 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

Зважаючи, що завод знаходиться в Рівному, яке відноситься до першої кліматичної зони, то мінімальне нормативне значення опору теплопередачі для даху становить:

$$R_{\text{тер.оп.дах.мін}} = 6 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Існуюче значення опору теплопередачі не задовільняє мініимальному нормативному. Рекомендується утеплити дах мінеральною ватою з повною заміною та перестеленням рубероїду.

Також тепер визначимо коефіцієнт теплопередачі для існуючого стану даху, підставивши дані в формулу (3.9):

$$K_{\text{т.дах}} = \frac{1}{1,21} = 0,82 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Обстеження огорожувальних конструкцій – підлоги

Використавши наявні дані, які підставимо в формулу (3.8), одержимо опір теплопередачі існуючого стану підлоги:

$$R_{\text{тер.оп.під}} = \frac{1}{23} + 1,9 + \frac{1}{8,7} = 2,05 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

Зважаючи, що завод знаходиться в Рівному, яке відноситься до першої кліматичної зони, то мінімальне нормативне значення опору теплопередачі для підлоги становить:

$$R_{\text{тер.оп.норм.під}} = 5 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Існуюче значення опору теплопередачі не задовільняє мініимальному нормативному. Необхідними заходами буде прокладання гідро та паро ізоляції з використанням мінватних плит.

Також тепер визначимо коефіцієнт теплопередачі для існуючого стану підлоги, підставивши дані в формулу (3.9):

$$K_{\text{т.під}} = \frac{1}{2,05} = 0,49 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Перестановка вікон

В адміністративно-офісній будівлі встановлені вікна перебувають жахливому стані. Дерев'яні рами прогнили, що призвело до нещільності між склом та основою. Також, дані вікна частково зруйновані, що доводить їх перебування в аварійності. Як наслідок, вони не прилягають до стіни та не щільно зачиняються, збільшуючи втрати тепла та пропуску холодного повітря. Їх ремонт фізично не є можливим.

Кількість вікон, що потребує заміни, становить 40 штук, загальною площею 105 м². Існуючий опір теплопередачі встановлених дерев'яних вікон, становить $R_{\text{тер.оп.вік}} = 0,54 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$, а середній коефіцієнт теплопередачі $K_{\text{т.вік}} = 1,85 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$.

Пропонується замінити дану кількість вікон на металопластикові з опором теплопередачі не менше нормативного значення для 1 кліматичної зони 0,9 (м²·К)/Вт та коефіцієнтом теплопередачі 1,11 Вт/(м²·К).

Економія теплоти, яку одержимо при встановленні металопластикових вікон в Гкал/рік, визначимо по формулі (3.10):

$$\Delta Q = s \cdot r \cdot n_0 \cdot (K_1 - K_2) \cdot (t_{\text{тп}} - t_{\text{ср}}) \cdot (1 + \delta) \cdot 24 \cdot 10^{-6} ; \quad (3.10)$$

де K_1 – коефіцієнт теплопередачі дерев'яних вікон ($1,85 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$);

K_2 – коефіцієнт теплопередачі металопластикових вікон ($1,11 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$);

s – площа вікон, яка складає 105 м²;

r – коефіцієнт розрахункової різниці температур становить 1;

n_0 – тривалість опалювального сезону 182 день;

$t_{\text{тп}}$ – температура приміщення всередині, 20 °С;

$t_{\text{ср}}$ – середня температура повітря за опалювальний сезон – 0,1°С;

$1 + \delta$ – додаткові втрати теплоти.

Таблиця 3.1 - Економія теплоти при заміні вікон за формулою (3.10)

Площа вікон, м²	Орієнтація вікон	$\Delta K, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$	$\Delta t, ^\circ\text{C}$	1+δ	$\Delta Q_{\text{вік}}, \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}$
57,75	Південь	0,74	19,9	1,1	4,09
36,75	Північ			1,15	2,72
5,25	Захід			1,05	0,36
5,25	Схід			1,1	0,37
$\Delta Q_{\text{заг.вік}} \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}$					7,54

Тепер визначимо економію теплоти завдяки зменшенню інфільтрації в Гкал/год за формулою (3.11):

$$\Delta Q_{\text{інфіл}} = V_{\text{прим}} \cdot \rho \cdot c_p \cdot (r_1 - r_2) \cdot (t_{\text{тп}} - t_{\text{ср}}) \cdot n_0 \cdot 24 \cdot 10^{-6} \quad (3.11)$$

де $V_{\text{прим}}$ – кондиціонований об'єм 3293 м³;

ρ – густина повітря 1,29 кг/м³;

c_p – теплоємність повітря, $1005 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$;

r_1 – показник кратності інфільтрації до заміни становить 0,6;

r_2 – показник кратності інфільтрації після заміни становить 0,5.

Тоді підставивши в формулу (3.11) одержимо:

$$\begin{aligned}\Delta Q_{\text{інфіл}} &= 3293 \cdot 1,29 \cdot 1005 \cdot (0,6 - 0,5) \cdot 18 \cdot 182 \cdot 24 \cdot 10^{-6} = 33\,566 \frac{\text{МДж} \cdot \text{год}}{\text{рік}} \\ &= 7,97 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}\end{aligned}$$

Тепер визначимо вартісну економію, яка знаходиться за формулою (3.12):

$$E_{\text{вік.е}} = w \cdot (\Delta Q_{\text{заг.вік}} + \Delta Q_{\text{інфіл}}) ; \quad (3.12)$$

де w – вартість тарифу на теплову енергію $5347,07 \frac{\text{грн}}{\text{Гкал}}$.

Підставимо наявні дані у формулу (3.12) та отримаємо:

$$E_{\text{вік.е}} = 5347,07 \cdot (7,97 + 7,54) = 82\,933 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}.$$

Тепер, розрахуємо термін окупності даного заходу по заміні вікон формулою (3.4). За ринковою ціною металопластикові вікна таких параметрів з встановленням обійдуться по вартості в $\Pi_{\text{вік}} = 765$ тис грн.

Термін окупності складе:

$$T_{\text{ок.вік}} = \frac{\Pi_{\text{вік}}}{E_{\text{вік.е}}} = \frac{765000}{82\,933} = 9,2 \text{ роки.}$$

Зважаючи на те, що металопластикові вікна даних параметрів, характеристик та виробника, має термін служби 40 років, то даний захід можна вважати ефективним.

Заміна дверей

В адміністративно-офісній будівлі, встановлені двері перебувають в недопустимому стані. Вони вироблені з дерева, через вік прогнили та дали тріщини.

Вони не щільно зачиняються та між стінами проходить холодне повітря, що є негативним, оскільки збільшується втрата тепла. Ремонт дверей не можливий, лише повна заміна.

Кількість дверей, які потребують заміни, становить 5 штук, загальною площею 15,4 м². Існуючий опір теплопередачі встановлених дерев'яних дверей становить $R_{\text{тер.оп.двер}} = 0,366 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$, а середній коефіцієнт теплопередачі $K_{\text{т.двер}} = 2,73 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$.

Пропонується замінити дану кількість дверей на металопластикові з опором теплопередачі не менше нормативного значення для 1 кліматичної зони 0,7 (м²·К)/Вт та коефіцієнтом теплопередачі 1,43 Вт/(м²·К).

Економія теплоти, яку одержимо при встановленні металопластикових дверей в Гкал/рік, визначимо по формулі (3.10):

Таблиця 3.2 - Економія теплоти при заміні дверей за формулою (3.10)

Площа дверей, м ²	Орієнтація дверей	n ₀ днів	ΔK, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$	Δt, °C	1+δ	ΔQ _{двер} , $\frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}$
3,08	Південь	182	1,3	19,9	1,1	0,38
3,08	Північ				1,15	0,4
6,16	Захід				1,05	0,73
3,08	Схід				1,1	0,38
	ΔQ _{заг.двері} $\frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}$					1,89

Тепер визначимо вартісну економію, яка знаходиться за формулою (3.12):

$$E_{\text{двері.е}} = 5347,07 \cdot 1,89 = 10\,106 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}.$$

Тепер, розрахуємо термін окупності заміни дверей за формулою (3.4). За ринковою ціною металопластикові даних характеристик з встановленням, вартують $P_{\text{двері}} = 75$ тис грн.

Термін окупності складе:

$$T_{\text{ок.двері}} = \frac{P_{\text{двері}}}{E_{\text{двері.е}}} = \frac{75000}{10106} = 7,4 \text{ роки.}$$

Таким чином, після одержаних результатів можна зробити висновок, що даний захід є економічно ефективним, оскільки за вказаними характеристиками, дані металопластикові двері, можуть прослужити 40 років, що значно більше, ніж термін окупності.

Утеплення зовнішніх стін

Оскільки адміністративно-офісне приміщення було збудоване в минулому столітті, то ніяких термомодернізаційних заходів, не було проведено. Будівля збудована з цегли, товщиною 0,4 метри; цементної штукатурки та плитки.

Існуючий опір теплопередачі зовнішніх стін становить $R_{\text{тер.оп.стін}} = 1,65 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$, а середній коефіцієнт теплопередачі $K_{\text{т.стін}} = 0,6 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$.

З метою скорочення лишніх теплових втрат, які відбуваються через зовнішні стіни будівлі, необхідно виконати додатковий шар теплової ізоляції. Аби опір теплопередачі був не менше нормативного значення для 1 кліматичної зони 4 $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ та коефіцієнтом теплопередачі $0,25 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$.

Площа огорожувальних конструкцій даної будівлі – зовнішніх стін, яку потрібно термомодернізувати становить $775,6 \text{ м}^2$. Засобом для обшиття буде мінеральна вата товщиною $\delta_{\text{т.ш.мв}} = 0,2 \text{ м}$ з коефіцієнтом теплопровідності $\lambda_{\text{к.ш.мв}} = 0,045 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$.

Завдяки формулі (4.8) знайдемо опір теплопередачі утеплювача, яким виступає мінеральна вата:

$$R_{\text{тер.оп.ут}} = \frac{1}{\alpha_{\text{зов}}} + \sum \frac{\delta_{\text{т.ш.мв}}}{\lambda_{\text{к.ш.мв}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{внут}}} = R_{\text{тер.оп}} = \frac{1}{23} + 4,4 + \frac{1}{8,7} == 4,56 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Використовуючи формулу (3.8), визначимо опір теплопередачі зовнішньої стіни будівлі, що буде утеплена:

$$R_{\text{тер.оп.ут.стін}} = \frac{1}{\alpha_{\text{зов}}} + R_{\text{тер.оп.стін}} + R_{\text{тер.оп.ут}} + \frac{1}{\alpha_{\text{внут}}} = \frac{1}{23} + 1,65 + 4,56 + \frac{1}{8,7}$$

$$= 6,37 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Визначимо теплову економію від утеплення мінватою зовнішніх стін за формулою (3.13):

$$\Delta Q = s \cdot r \cdot n_0 \cdot (K_{\text{т.стін}} - K_{\text{т.ут.ст}}) \cdot (t_{\text{тп}} - t_{\text{ср}}) \cdot (1 + \delta) \cdot 24 \cdot 10^{-6} \quad (3.13)$$

де $K_{\text{т.стін}}$ – коефіцієнт теплопередачі існуючих стін, $0,6 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$;

$K_{\text{т.ут.стін}}$ – коефіцієнт теплопередачі утеплених стін, $0,25 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$;

s – площа стін, м^2 ;

r – коефіцієнт розрахункової різниці температур;

n_0 – тривалість опалювального сезону, днів;

$t_{\text{тп}}$ – температура приміщення всередині, 20°C ;

$t_{\text{ср}}$ – середня температура повітря за опалювальний сезон – $0,1^\circ\text{C}$;

$1 + \delta$ – додаткові теплові втрати, що не відносяться до основних.

Таблиця 3.3 - Економія теплоти при утепленні зовнішніх стін за формулою (3.13)

Площа стін, м²	Орієнтація стін	n_0 днів	$\Delta K, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{K}}$	$\Delta t, ^\circ\text{C}$	$1+\delta$	$\Delta Q_{\text{ст}}, \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}$
275,17	Південь	182	0,35	19,9	1,1	9,2
296,17	Північ				1,15	10,36
100,59	Захід				1,05	3,22
103,67	Схід				1,1	3,47
	$\Delta Q_{\text{заг.ст}} \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}$					26,25

Тепер визначимо вартісну економію після обшиття будівлі:

$$E_{\text{ут.стін.е}} = 5347,07 \cdot 26,25 = 140\,361 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}$$

Оскільки вартість одного квадрату мінеральної вати вартує 750 грн/м², а виконання роботи 920 грн/м², то загальна сума інвестицій при площі обшиття 775,6 м² становить $P_{\text{ут.стін}} = 1\,295\,252$ грн.

Отже термін окупності складе

$$T_{\text{ок.стін.ут}} = \frac{P_{\text{ут.стін}}}{E_{\text{ут.стін.е}}} = \frac{1\,295\,252}{140361} = 9,2 \text{ роки.}$$

Зважаючи на те, що термін виконання своїх призначень в утеплених мінеральною ватою стін складає більше 50 років, то даний захід є вигідним з точки зору ефективності.

Реконструкція даху будівлі

Завершенням будівництва адміністративно-офісного приміщення було виконано в 1985 році. З того моменту, капітальних ремонтів даху, проведено не було. Місцями дах підтікає, що робить його необхідним до ремонту.

Існуючий опір теплопередачі даху становить $R_{\text{тер.оп.дах}} = 1,21 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$, а середній коефіцієнт теплопередачі $K_{\text{т.дах}} = 0,82 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$.

З метою скорочення лишніх теплових втрат, які відбуваються через зовнішні стіни будівлі, необхідно виконати додатковий шар теплової ізоляції. Аби опір теплопередачі був не менше нормативного значення для 1 кліматичної зони 6 (м²·К)/Вт та коефіцієнтом теплопередачі $0,16 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$.

Площа огорожувальних конструкцій даної будівлі – даху становить 588 м². Засобом для обшиття буде мінеральна вата товщиною $\delta_{\text{т.ш.мв}} = 0,2$ м з коефіцієнтом теплопровідності $\lambda_{\text{к.ш.мв}} = 0,045 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ та простелення двох шарів рубероїду.

Так як даний вид мінеральної вати ми брали для утеплення стін, то опір теплопередачі для мінвати за формулою (3.8) складе:

$$R_{\text{тер.оп.ут}} = 4,56 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Використовуючи формулу (3.8), визначимо опір теплопередачі зовнішньої стіни будівлі, що буде утеплена:

$$\begin{aligned} R_{\text{тер.оп.ут.дах}} &= \frac{1}{\alpha_{\text{зов}}} + R_{\text{тер.оп.дах}} + R_{\text{тер.оп.ут}} + \frac{1}{\alpha_{\text{внут}}} = \frac{1}{23} + 1,21 + 4,56 + \frac{1}{8,7} \\ &= 5,93 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}. \end{aligned}$$

Визначимо теплову економію від утеплення мінватою даху за формулою (3.14):

$$\Delta Q = s \cdot r \cdot n_0 \cdot (K_{\text{т.дах}} - K_{\text{т.ут.дах}}) \cdot (t_{\text{тп}} - t_{\text{ср}}) \cdot (1 + \delta) \cdot 24 \cdot 10^{-6} \quad (3.14)$$

де $K_{\text{т.дах}}$ – коефіцієнт теплопередачі існуючого даху, $0,82 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$;

$K_{\text{т.ут.дах}}$ – коефіцієнт теплопередачі утепленого даху, $0,16 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$;

s – площа даху, м^2 ;

r – коефіцієнт розрахункової різниці температур;

n_0 – тривалість опалювального сезону, днів;

$t_{\text{тп}}$ – температура приміщення всередині, 20°C ;

$t_{\text{ср}}$ – середня температура повітря за опалювальний сезон – $0,1^\circ\text{C}$;

$1 + \delta$ – додаткові теплові втрати, що не відносяться до основних.

Таблиця 3.4 - Економія теплоти при утепленні даху за формулою (3.14)

Площа, м^2	n_0 днів	$\Delta K, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$	$\Delta t, ^\circ\text{C}$	$1+\delta$	$\Delta Q_{\text{дах.заг}}, \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}$
588	182	0,66	19,9	0,9	30,36

Тепер визначимо вартісну економію після утеплення даху:

$$E_{\text{ут.стін.е}} = 5347,07 \cdot 30,36 = 162\,337 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}$$

Оскільки вартість одного квадрату мінеральної вати вартує 750 грн/м²; вартість одного квадрату рубероїду 300 грн/м², а виконання роботи 1000 грн/м², то загальна сума інвестицій при площі обшиття 588 м² становить $P_{\text{ут.дах}} = 1\,205\,400$ тис грн.

Отже термін окупності складе

$$T_{\text{ок.дах.ут}} = \frac{P_{\text{ут.дах}}}{E_{\text{ут.дах.е}}} = \frac{1\,205\,400}{162\,337} = 7,43 \text{ років.}$$

Зважаючи на те, що термін виконання своїх призначень в утеплених мінеральною ватою дахів складає більше 40 років, то даний захід є вигідним з точки зору ефективності.

Утеплення підлоги

У будівлі існуючий опір теплопередачі підлоги становить $R_{\text{тер.оп.під}} = 2,05 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$, а середній коефіцієнт теплопередачі $K_{\text{т.під}} = 0,49 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$.

З метою скорочення теплових втрат, які відбуваються через підлогу, необхідно постелити теплову ізоляцію із відповідних для цього матеріалів. Аби опір теплопередачі був не менше нормативного значення для 1 кліматичної зони $5 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$ та коефіцієнтом теплопередачі $0,2 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$.

Площа підлоги будівлі, яка потребує утеплення 471 м². Засобом для утеплення буде мінеральна вата товщиною $\delta_{\text{т.ш.мв}} = 0,2$ м з коефіцієнтом теплопровідності $\lambda_{\text{к.ш.мв}} = 0,045 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ з використанням ізоляційного покриття $\delta_{\text{т.ш.ізол}} = 0,15$ м з коефіцієнтом теплопровідності $\lambda_{\text{к.ш.ізол}} = 0,4 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$

Проведемо обрахунок усіх утеплювачів, які будуть використані з метою визначення опору теплопередачі за формулою (3.15):

$$R_{\text{тер.оп.під}} = \frac{1}{\alpha_{\text{зов}}} + \frac{\delta_{\text{т.ш.мв}}}{\lambda_{\text{к.ш.мв}}} + \frac{\delta_{\text{т.ш.ізол}}}{\lambda_{\text{к.ш.ізол}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{внут}}} = R_{\text{тер.оп}} = \frac{1}{23} + 4,4 + 0,375 + \frac{1}{8,7}$$

$$= 4,93 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}. \quad (3.15)$$

Використовуючи формулу (3.8), визначимо опір теплопередачі підлоги будівлі, що буде утеплена:

$$R_{\text{тер.оп.ут.під}} = \frac{1}{\alpha_{\text{зов}}} + R_{\text{тер.оп.під}} + R_{\text{тер.оп.ут}} + \frac{1}{\alpha_{\text{внут}}} = \frac{1}{23} + 2,05 + 4,93 + \frac{1}{8,7}$$

$$= 7,14 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Визначимо теплову економію від утеплення мінватою даху за формулою (3.16):

$$\Delta Q = s \cdot r \cdot n_0 \cdot (K_{\text{т.під}} - K_{\text{т.ут.під}}) \cdot (t_{\text{тп}} - t_{\text{ср}}) \cdot (1 + \delta) \cdot 24 \cdot 10^{-6} \quad (3.16)$$

де $K_{\text{т.під}}$ – коефіцієнт теплопередачі стану підлоги, $0,49 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$;

$K_{\text{т.ут.під}}$ – коефіцієнт теплопередачі утеленої підлоги, $0,2 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$;

s – площа підлоги, м^2 ;

r – коефіцієнт розрахункової різниці температур;

n_0 – тривалість опалювального сезону, днів;

$t_{\text{тп}}$ – температура приміщення всередині, 20°C ;

$t_{\text{ср}}$ – середня температура повітря за опалювальний сезон – $0,1^\circ\text{C}$;

$1 + \delta$ – додаткові теплові втрати, що не відносяться до основних.

Таблиця 3.5 - Економія теплоти при утепленні підлоги за формулою (3.14)

Площа, м ²	n ₀ днів	$\Delta K, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$	$\Delta t, ^\circ\text{C}$	1+ δ	$\Delta Q_{\text{під.заг}}, \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}$
471	182	0,29	19,9	0,6	7,2

Тепер визначимо вартісну економію після утеплення підлоги:

$$E_{\text{ут.під.е}} = 5347,07 \cdot 7,2 = 38\,499 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}$$

Оскільки вартість одного квадрату мінеральної вати вартує 750 грн/м²; вартість ізоляційного покриття 100 грн/м², а виконання роботи 650 грн/м², то загальна сума інвестицій при площі обшиття 471 м² становить $P_{\text{ут.дах}} = 706\,500$ грн.

Отже термін окупності складе

$$T_{\text{ок.дах.ут}} = \frac{P_{\text{ут.дах}}}{E_{\text{ут.дах.е}}} = \frac{706\,500}{38\,499} = 18,3 \text{ років.}$$

Оскільки даний захід виконується в будівлі, то термін виконання своїх призначень складає більше 60 років, отже даний захід є вигідним з точки зору ефективності.

3.3 Модернізація насосів, що встановлені на підприємстві

На промисловому підприємстві по виробництву бетону встановлено декілька видів різноманітних насосів. Вони відрізняються за характеристиками та призначенням. Проте, через довгий час роботи, вони істотно зносилися, що призводить до меншої подачі та більшого споживання електричної енергії. В заходах, що описані нижче, ми обрахуємо доцільність від заміни на нові насоси.

Заміна свердловинного насосу, який живить об'єкт

Зважаючи на те, що водопостачання на території підприємства призначене для виробничих та господарських цілей та відбувається із підземних джерел (місцеве), то є необхідність у використанні насосу. Існуюча установка ЕЦВ-6-10-110 зносилася і потребує заміни, тому пропонується її замінити на DONGYIN 4SD8/42, характеристики якої наведені в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 - Параметри свердловинних насосів

Назва	Потужність, кВт	Продуктивність, м ³ /год	Напір, м
ЕЦВ-6-10-110	7,5	24	265
DONGYIN 4SD8/42	7,5	36	150

Вартість запропонованого варіанту насосу складає 50 тис грн. З врахуванням вартості роботи по демонтажу та встановленні нового, а також частковому оновленні, загальні інвестиції складатимуть $P_{ін} = 70$ тис грн.

Тепер розрахуємо потужність, яка споживається існуючим насосом за рік завдяки формулі (3.17):

$$P_{ст.на} = P_{ст.на} \cdot N_{ст.на} \cdot K_{вик.ст.на} \cdot T_{роб.ст.нас} \quad ; \quad (3.17)$$

де $P_{\text{ст.на}}$ – потужність існуючого насосу, 7,5кВт;

$N_{\text{ст.на}}$ – кількість насосів, 1 штука;

$K_{\text{вик.ст.на}}$ – коефіцієнт використання насосом потужності, 0,75;

$T_{\text{роб.ст.нас}}$ – час роботи насосу за рік, 5110 год.

Підставивши наявні дані в формулу (3.17) одержимо:

$$P_{\text{ст.на}} = 7,5 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 5110 = 28\,744 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{Рік}}$$

Тепер розрахуємо потужність, яка буде споживатися новим впровадженим насосом, але з врахуванням того, що новий насос має більшу продуктивність в порівнянні з старим (36 і 24 м³/год відповідно), то час роботи нового насосу за рік буде меншим, та становитиме 3650 год/рік.

Тоді завдяки формулі (3.18) розрахуємо споживану потужність новим насосом:

$$P_{\text{нов.на}} = P_{\text{нов.на}} \cdot N_{\text{нов.на}} \cdot K_{\text{вик.нов.на}} \cdot T_{\text{роб.нов.нас}} ; \quad (3.18)$$

де $P_{\text{нов.на}}$ – потужність існуючого насосу, 7,5кВт;

$N_{\text{нов.на}}$ – кількість насосів, 1 штука;

$K_{\text{вик.нас.на}}$ – коефіцієнт використання насосом потужності, 0,75;

$T_{\text{роб.нов.нас}}$ – час роботи насосу за рік, 3650 год.

Підставивши дані в формулу (3.18) розрахуємо споживану потужність нового насосу:

$$P_{\text{нов.на}} = 7,5 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 3650 = 20\,531 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{Рік}}$$

Тоді загальна економія електричної енергії після заміни насосів, обчислюється за формулою (3.19):

$$\Delta P_{\text{екон.на}} = P_{\text{ст.на}} - P_{\text{нов.на}} = 28\,744 - 20\,531 = 8213 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{Рік}}. \quad (3.19)$$

Тепер знаючи кількість електричної енергії, що зберігається, визначимо вартісну економію за формулою (3.20):

$$E_{\text{на}} = 8213 \cdot 5,8 = 47\,635,4 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}. \quad (3.20)$$

Завдяки формулі (3.21) знайдемо час окупності даного впровадженого заходу:

$$T_{\text{ок.на}} = \frac{P_{\text{ін}}}{E_{\text{на}}} = \frac{70000}{47\,635,4} = 1,5 \text{ роки.}$$

Зважаючи на термін роботи нових насосів, окупність в 1,5 роки вважається досить хорошим показником, тому даний захід економічно доцільний

Заміна насосів в бетонно-розчинному вузлі

У бетонно-розчинному вузлі встановлено два насоси, які подають хімічні домішки та воду з баків у бетонозмішувач.

Існуючі два насоси СД-05-60 зносилися і потребують заміни, тому пропонується її замінити на Aquaviva LD-05, характеристики якої наведені в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 - Параметри насосів для води та хімічних домішок

Назва	Потужність, кВт	Продуктивність, м ³ /год	Напір, м
СД-05-60	1,35	12	33
Aquaviva LD-05	1,5	18	58

Вартість запропонованого варіанту насосу складає 15 тис грн, а за обидва 30 тис грн. З врахуванням вартості роботи по демонтажу та встановленні нового, а також частковому оновленні, загальні інвестиції складатимуть $\Pi_{ін} = 35$ тис грн.

Тепер розрахуємо потужність, яка споживається існуючим насосом за рік завдяки формулі (3.17):

$$P_{ст.на} = P_{ст.на} \cdot N_{ст.на} \cdot K_{вик.ст.на} \cdot T_{роб.ст.на} ; \quad (3.17)$$

де $P_{ст.на}$ — потужність існуючого насосу, 1,35кВт;

$N_{ст.на}$ — кількість насосів, 2 штуки;

$K_{вик.ст.на}$ — коефіцієнт використання насосом потужності, 0,9;

$T_{роб.ст.на}$ — час роботи насосу за рік, 3600 год.

Підставивши наявні дані в формулу (3.17) одержимо:

$$P_{ст.на} = 1,35 \cdot 2 \cdot 0,9 \cdot 3600 = 8748 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{Рік}}$$

Тоді завдяки формулі (3.18) розрахуємо споживану потужність новим насосом:

$$P_{нов.на} = P_{нов.на} \cdot N_{нов.на} \cdot K_{вик.нов.на} \cdot T_{роб.нов.на} ; \quad (3.18)$$

де $P_{нов.на}$ — потужність існуючого насосу, 1,5кВт;

$N_{нов.на}$ — кількість насосів, 2 штуки;

$K_{вик.на.на}$ — коефіцієнт використання насосом потужності, 0,9;

$T_{роб.нов.на}$ — час роботи насосу за рік, 2400 год.

Тепер розрахуємо потужність, яка буде споживатися новим впровадженим насосом, але з врахуванням того, що новий насос має більшу продуктивність в порівнянні з старим (18 і 12 м³/год відповідно), то час роботи нового насосу за рік буде меншим, та становитиме 2400 год/рік.

Підставивши дані в формулу (3.18) розрахуємо споживану потужність нових насосів:

$$P_{\text{нов.на}} = 1,5 \cdot 2 \cdot 0,9 \cdot 2400 = 6480 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{Рік}}.$$

Тоді загальна економія електричної енергії після заміни насосів, обчислюється за формулою (3.19):

$$\Delta P_{\text{екон.на}} = P_{\text{ст.на}} - P_{\text{нов.на}} = 8748 - 6480 = 2268 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{Рік}}. \quad (3.19)$$

Тепер знаючи кількість електричної енергії, що зберігається, визначимо вартісну економію за формулою (3.20):

$$E_{\text{на}} = 2268 \cdot 5,8 = 13\,154,4 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}. \quad (3.20)$$

Завдяки формулі (3.21) знайдемо час окупності даного впровадженого заходу:

$$T_{\text{ок.на}} = \frac{P_{\text{ін}}}{E_{\text{на}}} = \frac{35000}{13154,4} = 2,6 \text{ роки}.$$

Зважаючи на термін роботи нових насосів, які поставленні для закачування води та хімічних домішок, окупність в 2,6 роки вважається досить хорошим показником, тому даний захід економічно доцільний.

Заміна насосів для подачі теплоносія в приміщення

Під час початку опалювального сезону, подача теплоносія з в адміністративно-офісне приміщення здійснюється з централізованих магістралей і циркулює по будівлі, завдяки двом насосам (основний і запасний).

Обидва циркуляційні насоси, перебувають в поганому стані, оскільки під час ремонту одного, завжди функціонував інший. Існуючі два насоси МП-50-01 зносилися і потребують заміни, тому пропонується її замінити на Vitals Aqua CH 10, характеристики яких наведені в таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 - Параметри насосів для подачі теплоносія

Назва	Потужність, кВт	Продуктивність, м³/год	Напір, м
МП-50-01	0,14	5	10
Vitals Aqua 10	0,2	11	16

Вартість запропонованого варіанту циркуляційного насосу складає 3 тис грн, а за обидва 6 тис грн. З врахуванням вартості роботи по демонтажу та встановленні нового, а також частковому оновленні, загальні інвестиції складатимуть $\Pi_{\text{ін}} = 7$ тис грн.

Тепер розрахуємо потужність, яка споживається існуючим циркуляційним насосом за рік завдяки формулі (3.17):

$$P_{\text{ст.на}} = P_{\text{ст.на}} \cdot N_{\text{ст.на}} \cdot K_{\text{вик.ст.на}} \cdot T_{\text{роб.ст.нас}} ; \quad (3.17)$$

де $P_{\text{ст.на}}$ – потужність існуючого насосу, 0,14кВт;

$N_{\text{ст.на}}$ – кількість насосів, 2 штуки;

$K_{\text{вик.ст.на}}$ – коефіцієнт використання насосом потужності, 1;

$T_{\text{роб.ст.нас}}$ – час роботи насосу за рік, 4344 год.

Підставивши наявні дані в формулу (3.17) одержимо:

$$P_{\text{ст.на}} = 0,14 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 4344 = 1216,3 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{Рік}}$$

Тоді завдяки формулі (3.18) розрахуємо споживану потужність новим циркуляційним насосом:

$$P_{\text{нов.на}} = P_{\text{нов.на}} \cdot N_{\text{нов.на}} \cdot K_{\text{вик.нов.на}} \cdot T_{\text{роб.нов.нас}} ; \quad (3.18)$$

де $P_{\text{нов.на}}$ – потужність існуючого насосу, 0,2 кВт;

$N_{\text{нов.на}}$ – кількість насосів, 2 штуки;

$K_{\text{вик.нас.на}}$ – коефіцієнт використання насосом потужності, 0,6;

$T_{\text{роб.нов.нас}}$ – час роботи насосу за рік, 4344 год.

Зважаючи на те, що запропоновані циркулюючі насоси більш потужні, мають кращу продуктивність, то коефіцієнт використання потужності буде меншим, ніж в старих.

Підставивши дані в формулу (3.18) розрахуємо споживану потужність нових насосів:

$$P_{\text{нов.на}} = 0,2 \cdot 2 \cdot 0,6 \cdot 4344 = 1042,56 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{Рік}}.$$

Тоді загальна економія електричної енергії після заміни насосів, обчислюється за формулою (3.19):

$$\Delta P_{\text{екон.на}} = P_{\text{ст.на}} - P_{\text{нов.на}} = 1216,3 - 1042,56 = 173,74 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{Рік}}. \quad (3.19)$$

Тепер знаючи кількість електричної енергії, що зберігається, визначимо вартісну економію за формулою (3.20):

$$E_{\text{на}} = 173,74 \cdot 5,8 = 1007,7 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}. \quad (3.20)$$

Завдяки формулі (3.21) знайдемо час окупності даного впровадженого заходу:

$$T_{\text{ок.на}} = \frac{P_{\text{ін}}}{E_{\text{на}}} = \frac{7000}{1007,7} = 6,9 \text{ роки.}$$

Зважаючи на те, що терміни роботи циркуляційних насосів для подачі теплоносія в приміщення виконується лише в період опалення, то термін окупності в майже 7 років, не поганий час.

3.4 Модернізація бетонно-розчинного вузла (БРВ)

Проведені вище дослідження показали, що основним споживачем електричної енергії, є виробнича лінія – бетонно-розчинний вузол. Через виконання технологічного процесу він споживає значну кількість ресурсу, що впливає на вартість кінцевого продукту та дохідність підприємства.

В підпунктах, які описані нижче, ми проведемо розрахунок економічної доцільності запропонованих заходів, які мають зробити наше підприємство енергоефективним згідно програми, що прописана в системі енергетичного менеджменту даного заводу.

Заміна двигунів в бетонно-розчинному вузлі

Загальна кількість двигунів, які потребують заміни, становить 4 штуки та знаходяться в бетонозмішувачі, шнековом-транспортері, скіповому підйомнику та конвеєрі-вагодозаторі. В таблиці подано параметри встановлених двигунів та запропоновані новітні на заміну.

Таблиця 3.9 - Параметри двигунів існуючих та запропонованих

	Існуючий	Пропонований
Бетонозмішувач		
Назва	4A-160S-4	WAT MOTOR
Потужність, кВт	15	15
Частота обертання, об/хв	1500	3000
ККД, %	80	90
Коефіцієнт використання потужності	0,98	0,8
Ціна, грн		35 000

Продовження таблиці 3.9

Скіповий підйомник		
Назва	4А-112М-4	WEG W22 132S2
Потужність, кВт	5,5	5,5
Частота обертання, об/хв	1500	3000
ККД, %	75	85,7
Коефіцієнт використання потужності	0,95	0,8
Ціна, грн		15 000
Шнековий транспортер		
Назва	4АМ-132S-6	WEG W22 132S2
Потужність, кВт	5,5	5,5
Частота обертання, об/хв	1000	1500
ККД, %	72,5	87,5
Коефіцієнт використання потужності	0,95	0,85
Ціна, грн		15 000
Конвеєр-вагодозатор		
Назва	4АМ-132S-4	WEG W21 132S2
Потужність, кВт	7,5	7,5
Частота обертання, об/хв	1750	3000
ККД, %	82,5	95

Продовження таблиці 3.9

Коефіцієнт використання потужності	0,95	0,8
Ціна, грн		18 000

Розрахуємо потужність, яка споживається існуючими двигунами за рік завдяки формулі (3.22):

$$\begin{aligned}
 P_{\text{ст.дв.брв}} = & (P_{\text{ст.дв.зм}} \cdot N_{\text{ст.дв.зм}} \cdot K_{\text{вик.ст.дв.зм}} \cdot T_{\text{роб.ст.дв.зм}}) \\
 & + (P_{\text{ст.дв.скіп}} \cdot N_{\text{ст.дв.скіп}} \cdot K_{\text{вик.ст.дв.скіп}} \cdot T_{\text{роб.ст.дв.скіп}}) \\
 & + (P_{\text{ст.дв.шн}} \cdot N_{\text{ст.дв.шн}} \cdot K_{\text{вик.ст.дв.шн}} \cdot T_{\text{роб.ст.дв.шн}}) \\
 & + (P_{\text{ст.дв.кв}} \cdot N_{\text{ст.дв.кв}} \cdot K_{\text{вик.ст.дв.кв}} \cdot T_{\text{роб.ст.дв.кв}}) ; \quad (3.22)
 \end{aligned}$$

де $P_{\text{ст.дв.}}$ – потужність існуючого двигуна кВт;

$N_{\text{ст.дв}}$ – кількість старих двигунів, штуки;

$K_{\text{вик.ст.дв}}$ – коефіцієнт використання двигуном потужності;

$T_{\text{роб.ст.дв}}$ – час роботи двигуна за рік, год.

Підставивши наявні дані в формулу (3.22) одержимо:

$$\begin{aligned}
 P_{\text{ст.дв.брв}} = & (15 \cdot 1 \cdot 0,98 \cdot 3600) + (5,5 \cdot 1 \cdot 0,95 \cdot 3600) + (5,5 \cdot 1 \cdot 0,95 \cdot 3600) \\
 & + (7,5 \cdot 1 \cdot 0,95 \cdot 3600) = 116\,190 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{Рік}}
 \end{aligned}$$

Тоді завдяки формулі (3.23) розрахуємо споживану потужність новими встановленими двигунами:

$$\begin{aligned}
P_{\text{нов.дв.брв}} = & (P_{\text{нов.дв.зм}} \cdot N_{\text{нов.дв.зм}} \cdot K_{\text{вик.нов.дв.зм}} \cdot T_{\text{роб.нов.дв.зм}}) \\
& + (P_{\text{нов.дв.скіп}} \cdot N_{\text{нов.дв.скіп}} \cdot K_{\text{вик.нов.дв.скіп}} \cdot T_{\text{роб.нов.дв.скіп}}) \\
& + (P_{\text{нов.дв.шн}} \cdot N_{\text{нов.дв.шн}} \cdot K_{\text{вик.нов.дв.шн}} \cdot T_{\text{роб.нов.дв.шн}}) \\
& + (P_{\text{нов.дв.кв}} \cdot N_{\text{нов.дв.кв}} \cdot K_{\text{вик.нов.дв.кв}} \cdot T_{\text{роб.нов.дв.кв}}) ; \quad (3.23)
\end{aligned}$$

де $P_{\text{нов.дв.}}$ – потужність нового двигуна кВт;

$N_{\text{нов.дв}}$ – кількість нових двигунів, штуки;

$K_{\text{вик.нов.дв}}$ – коефіцієнт використання новим двигуном потужності;

$T_{\text{роб.нов.дв}}$ – час роботи нового двигуна за рік, год.

Підставивши наявні дані в формулу (3.23) одержимо:

$$\begin{aligned}
P_{\text{нов.дв.брв}} = & (15 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 3600) + (5,5 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 3600) + (5,5 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 3600) \\
& + (7,5 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 3600) = 97\,470 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{Рік}}
\end{aligned}$$

Зважаючи на те, що запропоновані двигуни більш потужні, мають кращу ККД, то коефіцієнт використання потужності буде меншим, ніж в старих.

Тоді загальна економія електричної енергії після заміни двигунів, обчислюється за формулою (3.24):

$$\begin{aligned}
\Delta P_{\text{екон.дв.брв}} = & P_{\text{ст.дв.брв}} - P_{\text{нов.дв.брв}} = 116\,190 - 97\,470 = \\
& = 18\,720 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{Рік}}. \quad (3.24)
\end{aligned}$$

Тепер знаючи кількість електричної енергії, що зберігається, визначимо вартісну економію за формулою (3.25):

$$E_{\text{дв.брв}} = 18\,720 \cdot 5,8 = 108\,576 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}. \quad (3.25)$$

Порахуємо вартість інвестицій, які обійдуться при купівлі двигунів та встановленні

$$P_{\text{ін.дв.брв}} = 35000 + 15000 + 15000 + 18000 + 10000 = 93 \text{ тис грн.}$$

Завдяки формулі (3.26) знайдемо час окупності даного впровадженого заходу:

$$T_{\text{ок.дв.брв}} = \frac{P_{\text{ін.дв.брв}}}{E_{\text{дв.брв}}} = \frac{93000}{108\,576} = 10 \text{ місяців.} \quad (3.26)$$

Зважаючи на проведені розрахунки, термін окупності впроваджених заходів становить 10 місяців, що досить вигідно і робить процес приготування бетонних сумішей, максимально вигідним.

Встановлення перетворювачів частоти в БРВ

Важливим заходом, який можна впровадити з метою економії електричної енергії, що активно споживається бетонно-розчинним вузлом, є впровадження частотних перетворювачів на двигуни.

Сучасні перетворювачі частоти дозволяють скоротити витрату електроенергії на 30-45% та досягти ККД 98%. Завдяки застосуванню даних приладів збільшується термін експлуатації двигунів та досягається покращення економічного ефекту дохідності промислового підприємства.

Спробуємо провести розрахунок доцільності впровадження даного заходу в бетонно-розчинному вузлі. Зважаючи на те, що основними споживачами є конвеєр-вагодозатор, скіповий підйомник, шнековий транспортер та бетонозмішувач, які мають по двигуну, то необхідно встановити 4 частотних перетворювачі.

Як запропонованим варіантом, може слугувати частотник Schneider Electric Altivar 0.75 kW, який може працювати з двигунами потужністю від 0,37 кВт до 18 кВт. Вартість даного приладу становить 15 тис грн, відповідно з врахуванням встановлення чотирьох штук, загальні інвестиції складуть $P_{\text{ін.час.брв}} = 80$ тис грн.

Запровадимо даний захід для нових двигунів, доцільність впровадження, яких, ми обґрунтовували в минулому пункті. Це здійснено з метою комплексного підходу до енергоефективності роботи БРВ.

Знаючи, що річне загальне споживання електричної енергії новими двигунами складає:

$$P_{\text{нов.дв.брв}} = 97\,470 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{Рік}}.$$

Зважаючи на те, що рівень економії електроенергії, яка споживається двигунами з встановленими частотними перетворювачами складає близько 30-45% (візьмемо середнє 37,5%), визначимо рівень економії споживання ресурсу за рік за формулою (3.27):

$$\begin{aligned} P_{\text{екон.час.брв}} &= (P_{\text{нов.дв.брв}} \cdot 37,5)/100 = (97\,470 \cdot 37,5)/100 \\ &= 36\,551 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{Рік}}. \end{aligned} \quad (3.27)$$

Тоді кількість споживання електричної енергії двигунами, після встановлених частотників, складатиме (3.28):

$$\begin{aligned} \Delta P_{\text{екон.час.брв}} &= P_{\text{нов.дв.брв}} - P_{\text{екон.час.брв}} = 97\,470 - 36\,551 \\ &= 60\,919 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{Рік}}. \end{aligned} \quad (3.28)$$

Тепер визначимо вартісну економію за формулою (3.29):

$$E_{\text{час.брв}} = \Delta P_{\text{екон.час.брв}} \cdot 5,8 = 60\,919 \cdot 5,8 = 353\,331 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}. \quad (3.29)$$

Знаючи вартість інвестицій, знайдемо термін окупності даного заходу за формулою (3.30):

$$T_{\text{ок.дв.брв}} = \frac{P_{\text{ін.час.брв}}}{E_{\text{час.брв}}} = \frac{80000}{353331} = 3 \text{ місяці}.$$

Отже, після проведених розрахунків, можна зрозуміти, що час окупності впровадження перетворювачів частоти для двигунів БРВ, досить малий та складає 3 місяці, що економічно вигідно.

3.5 Заходи в системі тепlopостачання будівлі

Чистка мереж системи опалення адміністративно-офісної будівлі

В адміністративно-офісній будівлі встановлена система тепlopостачання, підключена до централізованих теплових мереж. В підвальному приміщенні встановлено циркуляційні насоси. Система опалення будівлі є однотрубною з нижньою розводкою.

Зважаючи на те, що трубопроводи та прилади забиті з часом, є потреба в проведенні очистки мереж системи опалення адміністративно-офісної будівлі, що збільшить теплову віддачу приладів та зменшить використання теплової енергії. Невиконання даного заходу призводить до зниження теплового випромінювання радіатором на 30-50%.

В проведеній нижче роботі, ми спробуємо визначити кількість теплоти яка споживається до та після чистки мереж з метою обрахунку економічної вигідності.

Основними параметрами для обрахунків є те, що радіатори в будівлі виготовлені з чавуну коефіцієнт теплопровідності $\lambda_{\text{чав.рад}} = 50 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ та товщиною $\sigma_{\text{чав.рад}} = 0,005 \text{ м}$. В шар забруднення входить накип $\lambda_{\text{нак.рад}} = 0,3 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ і $\sigma_{\text{нак.рад}} = 0,005 \text{ м}$. А також іржа $\lambda_{\text{ірж.рад}} = 1,15 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ і $\sigma_{\text{ірж.рад}} = 0,005 \text{ м}$. Коефіцієнт тепловіддачі води в радіаторах $\alpha_{\text{рад}} = 2600 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$, а будівлі $\alpha_{\text{буд}} = 8,9 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$.

Тепер за формулою (3.30) розрахуємо коефіцієнт теплопередачі для існуючого радіатора:

$$K_{\text{існ}} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\text{рад}}} + \frac{\sigma_{\text{чав.рад}}}{\lambda_{\text{чав.рад}}} + \frac{\sigma_{\text{нак.рад}}}{\lambda_{\text{нак.рад}}} + \frac{\sigma_{\text{ірж.рад}}}{\lambda_{\text{ірж.рад}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{буд}}}}$$
$$= \frac{1}{\frac{1}{2600} + \frac{0,005}{50} + \frac{0,005}{0,3} + \frac{0,005}{1,15} + \frac{1}{8,9}} = 7,47 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}. \quad (3.30)$$

Тепер за формулою (3.31) розрахуємо коефіцієнт теплопередачі для почищеного радіатора:

$$K_{\text{чис}} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\text{рад}}} + \frac{\sigma_{\text{чав.рад}}}{\lambda_{\text{чав.рад}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{буд}}}} = \frac{1}{\frac{1}{2600} + \frac{0,005}{50} + \frac{1}{8,9}} = 8,86 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}. \quad (3.31)$$

Наступним кроком необхідно виконати приведення коефіцієнту теплопередачі до одиниці площі, де є врахування 50/50% відповідно забрудненого і чистого радіаторів за формулою (3.32):

$$K_{\text{пр}} = K_{\text{існ}} \cdot 0,5 + K_{\text{чис}} \cdot 0,5 = 7,47 \cdot 0,5 + 8,86 \cdot 0,5 = 8,165 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \quad (3.32)$$

Тепер визначимо кількість енергії, який планується досягти при кількості теплоти радіаторами 0,2 Гкал/год і використанні 127,43 Гкал/рік (3.33):

$$Q_{\text{дос}} = \frac{0,2 \cdot 148\,174}{4344} = 6,82 \text{ кВт} \quad (3.33)$$

Енергія при існуючих радіаторах визначатиметься за формулою (3.34):

$$Q_{\text{існ}} = \frac{8,165}{8,86} \cdot 6,82 = 6,29 \text{ кВт} \quad (3.34)$$

Отже, різниця в існуючому стані та почищеному визначатиметься за формулою (3.35):

$$Q_{\text{різ}} = (6,82 - 6,29) \cdot 24 \cdot 182 = 2315 \frac{\text{кВт}}{\text{рік}} = 1,99 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}. \quad (3.35)$$

У вартісному співвідношенні при тарифі 5347,07 грн/Гкал дана різниця становитиме (3.36):

$$E_{\text{чист}} = 1,99 \cdot 5347,07 = 10\,641 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}.$$

Вартість виконання робіт з чистка мереж системи опалення становить за ринковими цінами, згідно даних характеристик адміністративно-офісного приміщення, приблизно $\Pi_{\text{інв.чист}} = 117$ тис грн.

Отже за формулою (3.37) визначимо термін окупності впровадженого заходу:

$$T_{\text{ок.чист}} = \frac{P_{\text{інв.чист}}}{E_{\text{чист}}} = \frac{117000}{10\,641} = 11 \text{ років.}$$

Зважаючи на те, що термін опалювального сезону складає приблизно 182 день на рік, то термін окупності даного заходу в 11 років, є економічно доцільним.

3.6 Реалізація СЕС для власного споживання підприємством

Аналізуючи добове споживання електроенергії промисловим підприємством, можна сказати, що в роботі об'єкту прослідковується два піки споживання електричної енергії, що припадають на ранковий та обідній період. Пропується перелаштувати роботу підприємства під використання власної згенерованої енергії.

Одним із інструментів керування попитом, виступає налаштування споживання електроенергії під генерацію СЕС, тобто перенесення навантаження з традиційних пікових годин на інші, враховуючі особливості встановлення СЕС на даному об'єкті.

Встановлення мережевої сонячної електростанції для власного використання, призводить до зменшення споживання електроенергії від мережі.

Факторами для реалізації даного рішення є:

- оплата електроенергії, що споживається промисловим підприємством по виробництву бетону за тарифами для юридичних осіб (в нашому випадку 5,8 грн/кВт·год);
- значна частина коштів із доходу підприємства, витрачається на оплату електроенергії;
- споживання значної частини електроенергії у світлий час доби бетонно-розчинним вузлом.

Мережева сонячна електростанція для власного споживання, промисловим підприємством по виробництву бетону, працює без дорогих акумуляторних батарей в онлайн режимі. Підключення до «зеленого» тарифу не потрібно.

Сонячні батареї, генерують електричну енергію (постійний струм). Інвертор перетворює постійний струм у трьох фазний змінний. Змінний струм подається в загальну енергомережу підприємства. З метою виключення випадків перетікань потужності в енергомережу енергопостачальної компанії, інвертор підключається

до спеціального приладу обліку електроенергії (його ще називають розумний лічильник або SmartMetter), який фіксує моментальне навантаження і коректує роботу СЕС таким чином, щоб генерація не перевищила споживання. Таким чином сонячна станція може працювати в двох режимах:

1. Генерація СЕС перевищує споживання на виробництві. За таких умов перетворена сонячна енергія скеровується на навантаження, не купується з мережі.
2. Генерація СЕС менша або дорівнює споживанню електроенергії на виробництві. Енергія від сонячних панелей використовується споживачами і в разі нестачі, енергія паралельно добирається з мережі.

На (рис 3.1) показано, як сонячна генерація перетікає до споживача, а з мережі береться тільки та частина, якої не вистачає.

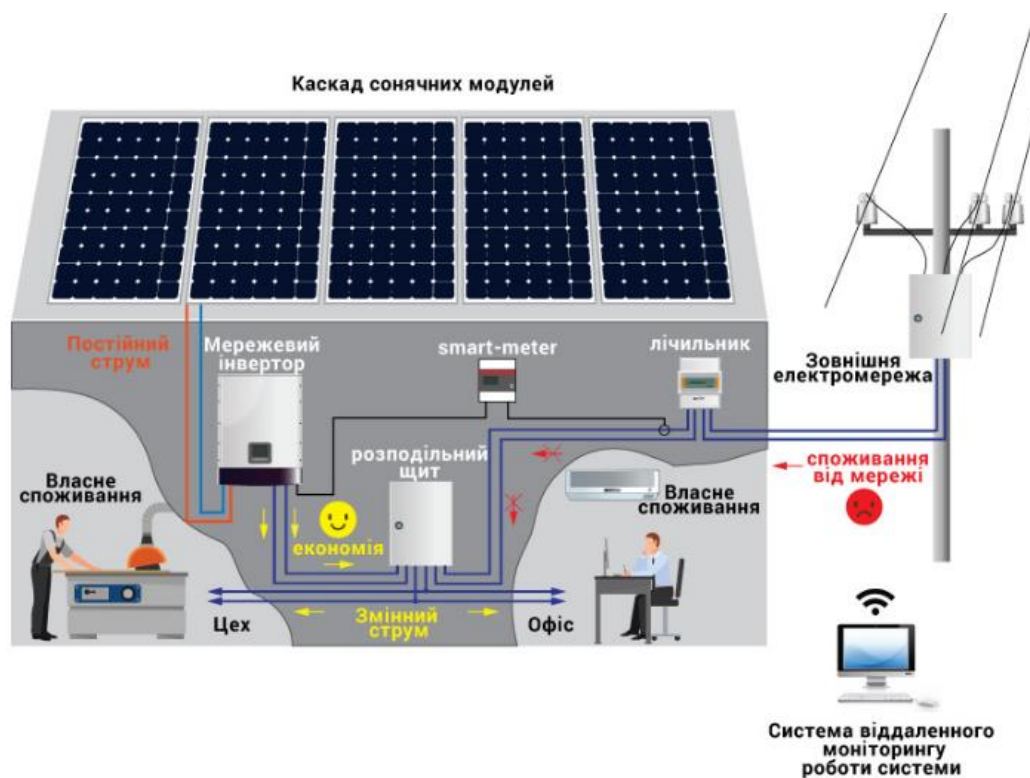


Рисунок 3.1 – Принцип роботи генерації електроенергії СЕС

Основне обладнання, яке необхідне для впровадження СЕС:

- Сонячні панелі.
- Мережевий перетворювач (інвертор, що трансформує постійний струм у змінний).
- Системи кріплення (для даху або наземна конструкція).
- Система електротехнічного захисту (постійний та змінний струм).

Комерційні сонячні електростанції для власного споживання цілей промислового підприємства, не вимагають виконання проектів на приєднання і отримання ліцензії та відносяться до категорії приладів, що встановлені після точки розмежування, що визначена в договорі на користування електричною енергією з енергопостачальною компанією. Це дозволяє швидко реалізовувати проект і починати економити кошти.

Розглянемо таблицю 3.10 в якій показано кількість споживання електричної енергії за 2020-2022 роки, а також середній показник за рік.

Таблиця 3.10 – Споживання електричної енергії в кВт

Місяць року	2020	2021	2022
Січень	7000	7400	7950
Лютий	9460	9900	10050
Березень	14400	14740	15100
Квітень	16800	17200	17450
Травень	18200	18250	18350
Червень	18720	18850	18970
Липень	20160	20720	20940
Серпень	19440	19980	20130
Вересень	17750	18850	19100
Жовтень	17500	17750	17670
Листопад	16560	16920	17320
Грудень	12000	13400	13750
Середнє місячне споживання об'єкта, порічно, кВт/міс	15665,83	16163,33	16398,33
Розрахункове середнє місячне споживання, кВт/міс	16075,83333		

Тепер створимо таблицю 3.11, де запишемо енергетичні показники роботи підприємства.

Таблиця 3.11 – Енергетичні показники роботи підприємства

Середнє місячне споживання об'єкту, кВт·год	16 076
Середнє споживання в світлу пору доби, кВт·год	15 500

Продовження таблиці 3.11

Стабільне навантаження виробничого обладнання, кВт	55 кВт
Тариф на вартість електричної енергії станом на 2023 рік (середній за рік для даного об'єкту за 1 кВт·год), грн	5,8

Адміністративно-офісна будівля має горизонтальну покрівлю з технологічними системами та іншими будівельними конструкціями.

Орієнтація фотоелектричних модулів на даху будівлі, прощею 588 м² можлива з 180° по відношенню до півночі. Тому основний пік генерації електроенергії даної СЕС для даної кліматичної зони буде виконуватися в період 12:00-16:00 год. Згідно проекту, фотоелектричні модулі будуть розміщуватися на конструкціях з металу. Це дозволить регулювати кут нахилу системи, який за запропоновано в 35°.

В таблиці 3.12 показано перелік обладнання згідно проектних рішень, що може бути реалізоване при встановленні СЕС на даху будівлі.

Таблиця 3.12 – Перелік обладнання дахової СЕС потужності 61,6 кВт

№	Назва	Модель	Одиниця виміру	Кількість	Ціна за одиницю	Загальна сума, грн
1.	Фотоелектричні модулі	Shinefar 580 W N-TYPE	шт.	108	6337	684396
2.	Інвертор	Huawei Sun 2000-30ktl-m3	шт.	2	115500	231000

Продовження таблиці 3.12

3.	Система кріплення	Металева баластна однонаправлена	комп.	1	480 500	480 500
4.	Силові шафи	ШС АС/DC	шт.	6	30000	180000
5.	Кабельно з'єднувальна продукція	Кабель	м.	1000	50,25	50250
	Додаткові системи та аксесуари	Труби, лотки	комп.	1	50000	50000
Розробка проекту						80000
Монтажні та пуско-налагоджувальні роботи						220000
Загальна сума проекту						1 976 146

Виконаємо таблицю 3.13, де внесемо характеристики СЕС, що має впроваджуватися.

Таблиця 3.13 – Загальні характеристики СЕС, що планується встановити

Характеристика СЕС	
Загальна проектована потужність СЕС по постійному струму, кВт	61,6
Потужність СЕС по змінному струму, кВт	54
Сумарна річна генерація СЕС за 300 днів роботи підприємства на рік, кВт·год	34960,2
Загальна вартість СЕС, $P_{\text{інв,сес}}$, грн	1 976 146

Тепер оцінимо таблицю 3.14 в якій подано порівняльне споживання електричної енергії промисловим підприємством щодо покриття навантаження підприємства за рахунок генерації електричної енергії СЕС.

Таблиця 3.14 – Забезпечення електроенергією промислового підприємства за рахунок власної генерації

	Споживання е/е 2022 р., кВт *год	Генерація е/е, кВт *год	%
Січень	7950	644,6	8,1
Лютий	10050	1062,7	10,6
Березень	15100	1924,5	12,7
Квітень	17450	3653,5	20,9
Травень	18300	5609,5	30,7
Червень	18970	6598,7	34,8
Липень	20940	6278,4	30,0
Серпень	20130	4584,1	22,8
Вересень	19100	2174,5	11,4
Жовтень	17670	1270,5	7,2
Листопад	17320	674,4	3,9
Грудень	13750	484,8	3,5

З метою виконання порівняльного аналізу, здійснимо моделювання даної генерації СЕС з отриманим графіком електричного навантаження (рис 3.2) за один із травневих днів на промисловому підприємстві.

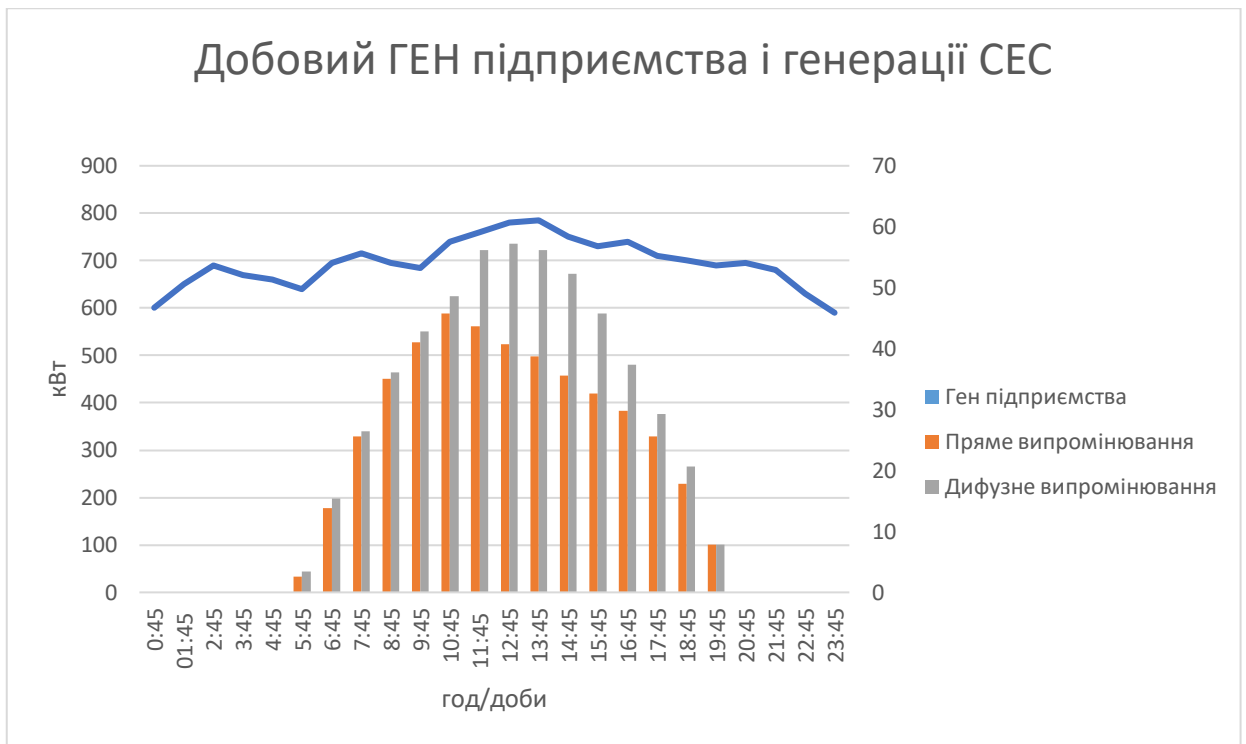


Рисунок 3.2 – Добовий ГЕН підприємства і генерації СЕС

Бачимо, що добова генерація спроектованими СЕС зменшить навантаження промислового підприємства на мережу в робочі години, що є одним із інструментів керування попитом.

Тепер виконаємо розрахунок економічної доцільності впровадженого заходу.

Знайдемо заощадження за рік, при даній генерації впровадженої СЕС завдяки формулі (3.38):

$$E_{\text{впр.сес}} = p_{\text{ген.річ}} \cdot T_{\text{варт.енерг}} \quad ; \quad (3.38)$$

де $p_{\text{ген.річ}}$ – річна сумарна генерація, 34960,2 кВт · год;

$T_{\text{варт.енерг}}$ – тариф на вартість електричної енергії, 5,8 грн/кВт · год.

Підставивши наявні дані в формулу (3.38) одержимо:

$$E_{\text{впр.сес}} = 34960,2 \cdot 5,8 = 202\,770 \text{ грн.}$$

Тоді за формулою (3.39) визначимо термін окупності СЕС:

$$T_{\text{ок.сес}} = \frac{\Pi_{\text{інв,сес}}}{233\,188} = \frac{1\,976\,146}{202\,770} = 9,7 \text{ роки.} \quad (3.39)$$

Зважаючи на те, що кожного року вартість тарифу на електричну енергію зростає приблизно на 40%, то термін окупності буде зменшуватися. Важливим є те, що мінімальний термін експлуатації СЕС, становить 40 років. Даний обрахунок показав, що впровадження заходу по встановленню СЕС є економічно доцільним кроком.

Висновок до розділу 3

В даному розділі були проведені обрахунки на економічну доцільність заходів, які пропонується впровадити на промисловому підприємстві по виробництву бетону. Їх результати показали, що дані кроки, є ефективними з точки зору збереження енергетичних ресурсів, що призведуть до економії коштів підприємством.

Дані заходи, були застосовані до основних, найбільших споживачів енергетичних ресурсів, зокрема: бетонно-розчинний вузол та адміністративно-офісну будівлю. Впровадженими діями були заміни ламп в системі освітлення всього підприємства; повна термомодернізація приміщення; оновлення електрообладнання технологічної лінії по виробництву бетону.

Дані розрахунки, які направлені на економію електричної та теплових енергій, показали, що незважаючи на терміни окупності, вони досить вигідні та є економічно доцільними, оскільки працюють на перспективу, та дозволяють економити підприємству кошти на доцільному споживанні ПЕР. А різницю витрат, яка була до модернізації та після, вкладати в додатковий розвиток підприємства, згідно енергетичної політики, що прописана в розробленій системі енергетичного менеджменту даного об'єкту.

Важливим кроком при виконанні роботи, був обрахунок доцільності встановлення мережевої СЕС на нашому підприємстві. Як результат, ми довели, що сонячна електростанція для покриття власного споживання забезпечує виробничі потреби підприємства протягом світлового дня. У випадку коли власної сонячної енергії недостатньо, різниця автоматично береться з централізованої енергомережі. Основний економічний ефект виникає з заощаджень коштів, що не були витрачені на придбання електрики від енергопостачальної компанії. А головною перевагою є те, що добова генерація спроектованими СЕС зменшить навантаження промислового підприємства на мережу в робочі години, що є одним із інструментів керування попитом.

4 СТВОРЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ «ВПРОВАДЖЕННЯ КОГЕНЕРАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ НА ПРОМИСЛОВОМУ ПІДПРИЄМСТВІ ПО ВИРОБНИЦТВУ БЕТОНУ»

4.1 Характеристика ідеї стартапу

Промисловим підприємством по виробництві бетону, активно споживається електрична та теплова енергія в момент повноцінної роботи технологічної лінії та у опалювальний період, відповідно.

Зважаючи на те, що на територію підприємства підведено газ, є можливість впровадження когенераційної установки, яка буде генерувати електричну та теплову енергію, для забезпечення потреб заводу, а також приносити додатковий дохід, зважаючи на збут електрики в державні мережі.

Більш детально характеристики стартап-проекту описано в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Характеристика стартап-проекту

Опис ідеї	Напрямки застосування	Вигода та переваги
Ідея формується в аналізі, оцінці, розробці та впровадженні когенераційної установки на промисловому підприємстві по виробництву бетону. Це дозволить самостійно виробляти електричну та теплову енергію для технологічних процесів заводу. Також дозволяє отримувати додатковий пасивний дохід для об'єкту, шляхом збуту власне виробленої енергії.	Автономність	Можливість незалежного функціонування підприємства без централізованого теплопостачання в будівлю, а також безперебійного живлення електричною енергією лінії.
	Електроенергетична сфера	Вироблення власної електроенергії, що іде на потреби виконання технологічного процесу БРВ. Можливість отримання додаткового заробітку, від продажу власне виробленої енергії. Збільшення потужностей виробничих з можливістю економії ресурсу.

Продовження таблиці 4.1

	Теплоенергетична сфера	Забезпечення обігріву адміністративно-офісної будівлі в період опалювального сезону, що призведе до мінімальних витрат на теплоносії. Круглорічна наявність гарячої води в приміщеннях.
--	------------------------	--

Тепер проведемо аналіз порівняння існуючого стану роботи підприємства з запропонованим стартап проектом, аби визначити слабкі та сильні сторони таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Порівняльна характеристика слабких та сильних сторін

Техніко-економічні характеристики ідеї	Слабкі сторони	Сильні сторони
Низьке бажання через вартість впровадження	+	
Недовіра до отриманого результату, через відсутність знань	+	
Економія коштів на ресурсах, що споживаються підприємством		+
Можливість об'єкту дослідження бути автономним від ПЕР, оскільки є власна генерація		+
Додатковий пасивний заробіток заводу, збуваючи власне з генеровану електроенергію		+
Простота у розробці та встановленні	+	
Не має аналогів у конкурентів		+

Продовження таблиці 4.2

Впливає на вартість кінцевого продукту, що робить підприємство більш конкуруючим на ринку		+
Дозволяє відповідати тенденціям сталого розвитку		+
Напрявлене на енергетичний перехід об'єкту на нетрадиційні джерела енергії		+

Зважаючи на проведений огляд в таблиці 4.2 варто зазначити, що слабкими сторонами, які зупиняють впровадження даного заходу, є невизначеність в точності очікуваних результатів, через нестачу досвіду та знань в подібних проектах. Зважаючи на значну кількість сильних сторін, ми спробуємо виконати SWOT-аналіз, який надає нам більшу характеристику за рахунок врахування усіх загроз та можливостей таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 - SWOT-аналіз впровадження стартап-проекту

Сильні сторони	Слабкі сторони
1. Незалежність від електричної та теплової енергій.	1. Відсутність у вищого керівництва досвіду від впровадження даного заходу.
2. Зменшення грошових витрат на ресурси, що найчастіше споживаються.	2. Небажання власника заводу вкладати кошти в захід, через ризик неодержання планового результату.
3. Підтримка вимог енергетичного переходу до нетрадиційних джерел енергії, що відповідає сталому розвитку.	3. Нерозуміння правильної побудови виконання процесу по встановленню даної когенераційної установки.
4. Збільшення виробничих потужностей, через власну генерацію ресурсів, що потребуються.	4. Взаємодія з державою з метою генерації та збуту в мережі, виробленої енергії.

Продовження таблиці 4.3

Можливості	Загрози
1. Автономність і безперебійність роботи БРВ через власну генерацію електроенергії. 2. Продаж згенерованої електроенергії та отримання пасивного доходу. 3. Формування іншої ціни на вартість кінцевого продукту, що покращує конкурентне становища. 4. Обігрів теплоносієм не тільки адміністративно-офісного приміщення, а і складського комплексу.	1. Ризик неграмотного проектування і розрахунку впровадження, що призведе до більших термінів окупності проекту, або зокрема неочікуваних результатів. 2. Загроза поломки усієї системи і витрачання невизначеної кількості часу, на її ремонт.

Формування SWOT-аналізу в таблиці 4.3, показує, що основними слабкими сторонами, що блокують впровадження когенераційної установки на підприємстві, є страх власників підприємства вкладати кошти, через недовіру у її дієвості та проєктованих результатах. А також відсутність досвіду в вищого керівництва та особисте небажання, реалізовувати даний глобальний проєкт на об'єкті. З позитивних сторін, ми маємо автономію через власне вироблення енергії, що призводить до скорочення витрат на ресурси, а також дозволяє підвищити дохідність пасивними шляхами. З можливостей надається покращення конкурентоздатності нашого продукту на ринку, через його кінцеву ціну.

Для оцінки факторів загрози, що може виникнути та шляхів їх вирішення, скористаємося таблицею 4.4.

Таблиця 4.4 – Протиставлення загроз та варіантів вирішення

Фактор	Опис загрози	Вирішення
Відсутність у вищого керівництва досвіду і бажання	Вище керівництво, може не мати бажання, щодо встановлення даної установки, оскільки це додаткова робота для них, яку треба максимально правильно побудувати. А також відсутність досвіду у виконанні таких задач	Власник підприємства має здійснити мотиваційні заходи до своїх працівників, аби вони хотіли розібрати дану сферу та впровадити її. У разі повної відсутності досвіду, знайти спеціалістів, які зможуть виконати поставлену задачу
Страх власника підприємства вкладати кошти	Через відсутність будь яких знань чи досвіду, власник, може боятися вкладати кошти, оскільки абстрактне проектування даного заходу і результатів, може не здійснитися	Необхідність власником заводу, знайти схожі реалізовані проекти, аби поспілкуватися з їх керівниками та переконатися в доцільності впровадження, саме на «чужому досвіді»

Продовження таблиці 4.4

Тісна взаємодія підприємства і держави в плані збуту генерованого ресурсу	Надлишкова електрична енергія, яка генеруватиметься підприємством і не споживатиметься, має бути продана в мережі держави. Зазвичай, власники бояться взаємодіяти з державою	Впровадження когенераційної установки, це шлях до сталого розвитку енергетичного переходу. Держава ставить за ціль, аби нетрадиційні джерела енергії розвивалися, мотивуючи різними грандами, кредитами і купівлею продукту.
Неправильно спроектована система та підібране устаткування, що не виправдає капіталовкладення	Через неякісно підібраних осіб, що займатимуться впровадженням даного заходу, є ризик, що вони недоцільно спланують результати, не правильно спроектують систему та не підберуть хороше устаткування	У відповідальних за дану задачу працівників, має бути окрім спеціальних документів, що дозволяють виконувати поставлені задачі, ще і практичний досвід та портфоліо власне виконаних робіт.

Аналізуючи таблицю 4.4, можна підбити підсумок, що встановлення когенераційної установки на промисловому підприємстві по виробництву бетону, є кроком до енергетичного переходу, сталого розвитку. Оскільки об'єкт, має можливість власно виробляти ресурси, що споживає, а також додатково отримувати доходи від продажу.

4.2 Аналіз можливостей на ринку від впровадження проекту

З метою аналізу можливостей впровадження стартап-проекту, визначимо споживачів та їх особливості, завдяки таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Характеристика споживачів стартап-проекту

Потреба	Споживачі	Опис	Вимоги
Генерація електричної та теплової енергії	Підприємство по виробництву бетону	Споживання генерованої електроенергії бетонно-розчинним вузлом.	Безперебійність в генерації енергії для споживачів
	Держава	Постачання з генерованої електроенергії підприємством в єдину енергетичну мережу	

Важливим кроком, є визначення базових стратегій розвитку, позиціонування та конкурентної поведінки даного стартап-проекту. В таблиці 4.6-4.8 більш детально охарактеризовано кожен з них.

Таблиця 4.6 – Визначення базової стратегії розвитку

Альтернатива розвитку проекту	Стратегія роботи	Ключові позиції	Базова стратегія розвитку
Формування команди фахівців по впровадженню когенераційних установок, які правильно прорахують результати, спроектують та встановлять систему	Генерація електричної та теплової енергії з метою забезпечення технологічного процесу і збуту лишнього ресурсу	Безперебійна генерація ресурсів і їх використання, як для власних цілей, так і для продажу	Доведення системи до очікуваних результатів роботи з врахуванням можливих загроз

Таблиця 4.7 – Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Пошук споживачів	Основні характеристики продукту	Стратегія конкурентної поведінки
Подібні проекти по встановленню когенераційних установок на промислових підприємствах уже існують	Споживачем є підприємство по виробництву бетону, яке генерує енергію для власних цілей. Також споживачем є держава, яка купує надлишкову енергію	Кількість виробленої електричної енергії	Стратегія збільшення генерованої потужності та її акумулювання

Таблиця 4.8 – Визначення стратегії позиціонування

Вимоги до продукту	Базова стратегія покращення	Ключові переваги над конкурентами
Безперебійна генерація енергії для власних виробничих цілей та збуту	Збільшення кількості генерованої енергії, та зменшення її використання для власних потреб, шляхом впровадження заходів з енергоефективності в БРВ. А збільшення збуту для продажу	Мають менші когенераційні установки, оскільки їх виробничі потреби, не такі потужні, як на підприємстві по виробництву бетону

4.3 Переваги та бізнес модель стартап-проекту

Таблиця 4.9 – Ключові переваги даного стартап-проекту

Перевага	Характеристика
Зменшення плати за споживані централізовані енергоресурси	При впровадженні когенераційної установки на підприємстві, настає можливість власного вироблення енергії, що необхідна для потреб об'єкту
Незалежність від зовнішніх мереж	Підприємство не прив'язане до відсутності електроенергії чи тепlopостачання, оскільки здатне виробляти його самостійно
Зменшення теплових втрат, які відбуваються при централізованому тепlopостачанні	Підприємство самостійно підігріває теплоносії і подає відразу в будівлю
Пасивний дохід від лишньої генерації електроенергії	Продаж державі енергії, що була з генерована та не використана під час технологічного процесу

Таблиця 4.10 – Бізнес модель стартап-проекту

Ключові партнери:	Ключові види діяльності:	Цінність пропозиції:	Взаємовідносини з клієнтами:	Споживач:
Держава. Обслуговуючі компанії.	Генерація електричної та теплової енергії для власних цілей та продажу	Можливість власної генерації ресурсів, що необхідні для функціонування технологічного процесу по виробництву бетону. Це дозволить працювати незалежно та економити кошти не купуючи у когось.	Збут в державній мережі відбувається за підписаним договором.	Власне підприємство. Потенційним клієнтом, що купує лишню згенеровану енергію, є держава.

Продовження таблиці 4.10

	Ключові ресурси: 1. Матеріальні ресурси (когенераційна установка, матеріали для обслуговування). 2. Інтелектуальні ресурси (знання, які використовуються при проектуванні, розробленні та встановленні установки). 3. Трудові ресурси (працівники, що мають відповідну кваліфікацію). 4. Грошові ресурси (інвестиції).		Канали збуту: Державні закупівлі	
--	--	--	---	--

Продовження таблиці 4.10

Затрати:	Шляхи надходження доходу:
1. Когенераційна установка (разово). 2. Сервісне обслуговування (постійно)	1. Дохід від продажу лишньої генерації електричної енергії, державі. 2. Економія на вартісній платі за ресурси, оскільки іде власне вироблення

Висновок до розділу 4

В даному розділі було охарактеризовано ідею стартап-проекту, а саме впровадження когенераційної установки на промисловому підприємстві по виробництву бетону. Оскільки завод споживає значну кількість електричної енергії для виконання своїх технологічних процесів, а також на обігрів будівлі в опалювальний період – то захід є доцільним.

Було охарактеризовані сильні та слабкі сторони даного заходу, а також оцінено його можливості та загрози, які прийняті до уваги та розглянуті при впровадженні.

Значну увагу приділено формуванню стратегій розвитку та впровадження даного стартап-проекту в життя.

ВИСНОВОК

На початку виконання даної магістерської дисертації, було охарактеризовано етапи розвитку керування попитом на енергоспоживання, яке розвивалося через економічні кризи та поширення інформаційних технологій, а також потреб енергоринку через збільшення можливостей додаткової генерації енергії.

При отриманому огляді, вдалося відстежити залежність комплексу механізмів та методів, які називаються організаційно-економічними заходами, що слугують принципами функціонування промисловим підприємством для керування попитом в умовах інноваційного розвитку.

Також описано основні завдання енергетичного менеджменту на промисловому підприємстві до яких відноситься: скорочення споживання паливно-енергетичних ресурсів, шляхом впровадження заходів зменшення споживання паливно-енергетичних ресурсів та керування витратами, а також раціональна поведінка об'єкту на ринках та розробка його енергетичної стратегії.

Це включає в себе аналіз економічно-технологічних можливостей підприємства, що визначають вибір типу базової стратегії, а також формують мету та обґрунтування доцільності обсягів структури попиту на енергоносії.

При виконанні другого розділу даної магістерської дисертації було описано промислове підприємство, що спеціалізується на виробництві бетонних виробів. Вказано його основні параметри (продуктивність, що складає 60 м³ за годину; потужність), наявне майно (кількість ліній, будівель, транспорт), персонал.

Проблемами, що не дають об'єкту бути енергоефективним, є: відсутність енергетичної політики і впровадженої СЕНМ; значне споживання електричної енергії застарілим устаткуванням бетонно-розчинного вузла; централізоване теплопостачання.

Тому значну частину роботи, було приділено аналізу поточного стану енергоспоживання промислового підприємства. Маючи дані за останні три роки,

побудовано графіки та діаграми, які дозволили відстежити, що найбільше споживається ресурсів в теплі пори роки, коли збільшується кількість замовлень, а також через зношеність устаткування і його значні втрати. Також було проаналізовано, що разом зі щорічним зростанням використання ПЕР, зростає і їх вартість, що не припустимо для заводу, який хоче бути енергоефективним та отримувати більші доходи.

Проведена робота за одержаною інформацією, дала поштовх для розробки та впровадження заходів, що націлені на покращення енергоспоживання об'єктом. Перелік цих заходів було вказано вище, оскільки завдяки їх впровадженню, можливий позитивний кінцевий результат, який дозволить економити кошти власнику підприємства та вкладати їх в оновлення свого виробництва.

В третьому розділі виконано розрахунки економічної доцільності заходів, які необхідно реалізувати на промисловому підприємстві по виробництву бетону. Одержані результати довели, що впроваджені заходи є енергоефективними та дозволяють зменшити грошові витрати.

Запропонований комплекс заходів, був реалізований до головних, суттєвих споживачів паливно-енергетичних ресурсів, якими слугує: бетонно-розчинний вузол та адміністративно-офісна будівля. Він показав, що незважаючи на терміни окупності, є економічно доцільним оскільки працюють на перспективу, та дозволяють економити підприємству кошти на споживанні ПЕР.

Одним із інструментів керування попитом, виступає налаштування споживання електроенергії під генерацію СЕС, тобто перенесення навантаження з традиційних пікових годин на інші, враховуючі особливості встановлення на даному об'єкті. Обрахувавши доцільність реалізації мережевої СЕС на промисловому підприємстві по виробництву бетону, було доведено, що сонячна електростанція для покриття власного споживання забезпечує виробничі потреби протягом світлового дня, а коли енергії недостатньо, різниця автоматично береться з централізованої енергомережі. Перевагою постає заощадження коштів, що не були витрачені на придбання електрики від енергопостачальної компанії.

В четвертому розділі, було описано ідею стартап-проекту, а саме впровадження когенераційної установки на промисловому підприємстві по виробництву бетону. Зважаючи на те, що об'єкт використовує багато паливно-енергетичних ресурсів для функціонування, то даний захід є доцільним.

Надано характеристику можливостей та загроз, які варто взяти до уваги при реалізації, а також описано слабкі та сильні сторони даного заходу. Оцінено варіанти формування стратегій розвитку та та впровадження даного стартап-проекту в життя.

Дана проведена робота по реалізації системи енергетичного менеджменту та формування енергетичної стратегії на промислових підприємствах з метою керування попитом на енергоспоживання, досить важлива для України в період ситуації в якій вона перебуває, адже дозволяє значно покращити енергополітику, що призведе до економії паливно-енергетичних ресурсів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Денисюк С.П. Особливості формування активного споживача в сучасних електромережах С.П. Денисюк, Т.М. Базюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. –2014. – № 3. – С. 75–79. – ISSN 1997-9274
2. Денисюк С.П. Технологічні орієнтири реалізації концепції Smart Grid в електроенергетичних системах. Енергетика: економіка, технології, екологія. 2014. №1. – С. 7–20.
3. Стогній Б.С., Кириленко О.В., Праховник А.В., Денисюк С.П. Інтелектуальні електричні мережі: світовий досвід і перспективи України // Пр. Ін-ту електродинаміки НАН України: 36. наук. Пр.. Спец. Випуск. Ч. 1. К.: ІЕД НАНУ, 2011. С. 5-20.
4. Керування енергопроцесами в Microgrid на основі оцінки рівня витрат від нерівномірного споживання електроенергії / Денисюк С. П., Романченко О. С. // About the problems of practice, science and ways to solve them, abstracts of XXIV international scientific and practical conference, 2021 – pp. 333-343.
5. Денисюк С.П. Дослідження програм з керування попиту на електроенергію та аналіз ефективності їх використання [Текст] / С.П. Денисюк, В.П. Опришко // Technology Audit & Production Reserves. – 2016. – том 3 (29) – С.69-73.
6. Денисюк С.П. Оцінка нерівномірності споживання та генерації електричної енергії в локальних електроенергетичних системах [Текст] / С.П. Денисюк, В.П. Опришко Пр. Ін-ту електродинаміки НАН України. № 48. – К.: Ін-т електродинаміки, 2017. С.43-52
7. Денисюк С. П. «Аналіз можливостей оптимізації добового графіку споживання електричної енергії» [Електронний ресурс] / С. П. Денисюк, В. В. Опришко // ВІСНИК КНУТД №6 (128), 2018. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <http://vistnuk.knutd.edu.ua/wp-content/uploads/sites/2/2019/03/10-28.pdf>

8. Денисюк С.П. Технологічні орієнтири реалізації концепції Smart Grid в електроенергетичних системах. Енергетика: економіка, технології, екологія. 2014. №1. – С. 7–20.
9. Блінов І.В., Попович В.І. Гармонізована рольова модель європейського ринку електроенергії. Проблеми загальної енергетики. 2011. № 3(26). С. 5 – 11.
10. Strbac G. Demand side management: Benefits and challenges / Strbac Goran – London, 2008.
11. Razzaq S. A New Scheme for Demand Side Management in Future Smart Grid Networks / Razzaq Sohail – Belgium, 2014.
12. Dietrich D. Demand Side Management: Demand Response, Intelligent Energy Systems, and Smart Loads / Dietrich Dietmar – Vienna, 2011.
13. Cagno E. A novel approach for barriers to industrial energy efficiency / Cagno., 2013. – 308 с.
14. Thollander P. An energy efficient Swedish pulp and paper industry - exploring barriers to and driving forces for cost-effective energy efficiency investments. Energy Eff. / P. Thollander., 2008.
15. Kleindorfer 3. Finding and Implementing Energy Efficiency Projects in Industrial Facilities / 3. Kleindorfer., 2013. – 517 с.
16. Durakbasa N. M. Evaluation of corporate energy management practices of energy intensive industries in Turkey / Durakbasa., 2012.
17. Ottosson M. Energy management in industry - a systematic review of previous findings and an integrative conceptual framework / M. Ottosson., 2016.
18. Schönsleben P. Integrating energy efficiency performance in production management-gap analysis between industrial needs and scientific literature / P. Schönsleben., 2011. – 679 с.

19. Лужнюк П.Д., Комар В.О., Кравчук С.В. «Балансування електроенергії в електричній мережі (локальній електричній системі) з відновлюваними джерелами енергії. Енергоринок, платні послуги», Вісник Вінницького національного технічного університету (ВНТУ). ВІСНИК НТУ "ХПІ" № 45 (1321).

20. Smart Grid European Technology Platform for Electricity Networks of the Future. European Commission, 2005. [Electronic resource] Mode of access: <http://www.smartgrds.eu/>

21. Hongbo Zhu, Yan Gao, Yong Hou. Real-Time Pricing for Demand Response in Smart Grid Based on Alternating Direction Method of Multipliers // Mathematical Problems in Engineering. – 2018. – 10 p.

23. Sucic, B., Al-Mansour, F., Pusnik, M. and Vuk, T. 2016. Context sensitive production planning and energy management approach in energy intensive industries. Energy, 108, 63-73.

24. Lee, D. and Cheng, C.C. 2016. Energy conservation by energy management systems: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 56, 760-777.

25. Antunes, P., Carreira, P. and Mira da Silva, M. (2014). Towards energy management maturity model. Energy Policy, 73, 803-814.

26. Kmet, E.B. and Mayzner, N.A. 2017. The Methodical Approach to the Evaluation of the Competitiveness of the Border Territories. European Research Studies Journal, 20(2B), 182-199

27. Gangolells, M., Casals, M., Forcada, N., Macarulla, M. and Giretti, A. 2016. Energy performance assessment of an intelligent energy management system. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 55, 662-667.

28. Розроблення стартап-проекту: Методологічні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. Ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28с