

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Навчально-науковий інститут енергозбереження та енергоменеджменту
Кафедра електропостачання

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____ О. В. Бориченко
« ____ » _____ 2024 р.

Магістерська дисертація
на здобуття ступеня магістра

Спеціальності: 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Освітньої програми: Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології

на тему: «Прогнозування обсягів енергозбереження на прикладі
підприємства молочної галузі»

Виконала: студентка II курсу, групи ГН-31мп
_____ *Оніщенко Юлія Євгенівна*

(підпис)

Науковий керівник: к.т.н., доц. Бориченко О. В.

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

(підпис)

Консультант з нормоконтролю: ас. Прокопенко І. Д.

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент: к.т.н., доц. Білоус І. Ю.

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

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

Студентка _____

Київ – 2024

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Навчально-науковий інститут енергозбереження та енергоменеджменту
Кафедра електропостачання

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

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма: Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології

Завідувача кафедри

_____ Олена БОРИЧЕНКО

« ____ » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студентці
Оніщенко Юлії Євгенівні

1. Тема дисертації: «Прогнозування обсягів енергозбереження на прикладі підприємства молочної галузі»,
науковий керівник дисертації к.т.н., доц. Бориченко О. В.,
затверджені наказом по університету від 08 листопада 2024 р. №5008-с.
2. Строк подання студентом дисертації: “ ____ ” грудня 2024 р.
3. Об’єкт дослідження: підприємство молочної галузі.
4. Предмет дослідження: методи та моделі прогнозування обсягів енергозбереження на прикладі підприємства молочної галузі.
5. Перелік завдань, які потрібно розробити: 1) аналіз стану підприємств молочної галузі в Україні та світі; 2) аналіз поточного стану енергоспоживання на підприємстві молочної галузі; 3) дослідження методів та розробка математичної моделі для прогнозування енергозбереження на прикладі підприємства молочної галузі; 4) розробка стартап-проєкту.
6. Перелік графічного (ілюстративного матеріалу): презентація, графіки енергоспоживання та блок-схеми.
7. Орієнтовний перелік публікацій: 1) тези доповіді, опубліковані в збірнику «МАТЕРІАЛИ IV НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ МАГІСТРАНТІВ (за

результатами дисертаційних досліджень магістрантів)» ПРИСВЯЧЕНОЇ 75 – РІЧЦЮ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВОГО ІНСТИТУТУ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ 17 – 18 листопада 2021 р., 2) публікація в збірнику доповідей конференції «IX Ogólnopolska Konferencja Młodych Energetyków (ОКМЕ)» 18 – 19 листопада 2024 р.; 3) тези доповіді, опубліковані в збірнику X Міжнародної науково-технічної та навчально-методичної конференції «Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку – PEMS'24».

8. Консультанти розділів дисертації

Нормоконтроль

Прокопенко І. Д.

9. Дата видачі завдання 31 жовтня 2024 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів МД	Позначки керівника про виконання завдань
1	Аналіз літературних джерел: дослідження сучасних методів прогнозування енергозбереження	01.11 - 14.11.24	Вик.
2	Отримання вихідних даних для аудиту. Аналіз поточного стану енергоспоживання на підприємстві	01.11 - 10.11.24	Вик.
4	Розробка математичної моделі прогнозування енергозбереження	11.11 - 24.11.24	Вик.
5	Розробка стартап-проєкту	24.11-05.12.24	Вик.
6	Оформлення дисертації	05.12- 18.12.24	Вик.
7	Підготовка та презентації, проходження перевірки на плагіат та рецензування	10.12- 13.12.2024	Вик.
8	Захист дисертації	16.12.24	

Студентка

(підпис)

Ю. Є. Оніщенко

Науковий керівник

(підпис)

О. В. Бориченко

РЕФЕРАТ

Структура і обсяг роботи. Пояснювальна записка до магістерської дисертації складається з чотирьох розділів, містить 90 сторінок основного тексту. В основному тексті роботи наведено 20 ілюстрацій, 21 таблиця та 26 бібліографічних найменувань за переліком посилань.

Актуальність. Молочна промисловість є одним із найбільш енергоємних секторів у виробництві харчових продуктів, особливо на ринках, що розвиваються, таких як Україна, де застаріле обладнання та непослідовні практики енергоменеджменту часто перешкоджають ефективному використанню енергетичних ресурсів. Прогнозування енергозбереження має вирішальне значення для оптимізації використання ресурсів і скорочення викидів парникових газів у відповідності з глобальними цілями сталого розвитку. Застосування таких стандартів як ISO 50046 розглядає потребу в систематичних перевірених методологіях для оцінки енергозбереження в промисловому секторі, покращуючи процес прийняття рішень щодо інвестицій в енергоефективність.

Метою магістерської дисертації є дослідження методології стандартів ISO 50046 General methods for predicting energy savings, ДСТУ ISO 17741:2017 Загальні технічні правила вимірювання, розрахунку та верифікації обсягів енергозбереження в проектах та ДСТУ ISO 17743:2017 Енергозбереження. Визначення методологічної основи розрахунку та звітності щодо обсягів енергозбереження для оцінки можливостей енергозбереження на прикладі українського підприємства молочної галузі.

Завдання. Для досягнення поставленої мети необхідно виконати наступні завдання: 1) дослідити сучасний стан ефективності використання енергії підприємствами молочної галузі в Україні та світу; 2) проаналізувати поточний стан споживання енергетичних ресурсів на досліджуваному підприємстві молочної галузі; 3) розробити математичну модель прогнозування енергозбереження на обраному підприємстві; 5) розробити стартап-проект для прогнозування обсягів енергозбереження на підприємствах.

Об'єктом дослідження є українське підприємство молочної галузі.

Предметом дослідження є потенціал енергозбереження, який можна досягти за допомогою заходів з підвищення енергоефективності, виміряний за допомогою методології ISO 50046 General methods for predicting energy savings.

Методи дослідження: 1) емпірична оцінка - використання оперативних даних для збору поточних даних енергоспоживання на підприємстві; 2) статистичне моделювання - аналіз закономірностей за даними споживання та потенційної економії; 3) інженерний аналіз - включення деталей процесу потоенційних обсягів енергозбереження для уточнення прогнозів. ISO 50046 формує методологічну основу, забезпечуючи точність і прозорість розрахунку прогнозованої економії енергії.

Наукова новизна одержаних результатів. Ця дисертація представляє модель прогнозованого енергозбереження для українського підприємства молочної галузі, з інтеграцією міжнародного стандарту, який не є наразі впровадженим в Україні.

Практичне значення роботи. Отримані результати нададуть приклад альтернативної можливості прогнозування обсягів енергозбереження для енергоаудиторів, політиків і підприємців с сфері молочного виробництва, забезпечуючи економічно обгрунтоване впровадження заходів з енергозбереження.

Апробація результатів дослідження. Результати досліджень були апробовані на X Міжнародної науково-технічної та навчально-методичної конференції «Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку – REMS'24».

Публікації.

1) Тези доповіді, опубліковані в збірнику «МАТЕРІАЛИ IV НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ МАГІСТРАНТІВ (за результатами дисертаційних досліджень магістрантів)» ПРИСВЯЧЕНОЇ 75 – РІЧЧЮ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВОГО ІНСТИТУТУ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ 17 – 18 листопада 2021 р.;

2) Публікація в збірнику доповідей конференції «IX Ogólnopolska Konferencja Młodych Energetyków (ОКМЕ)» 18 – 19 листопада 2024 р.;

3) Тези доповіді, опубліковані в збірнику X Міжнародної науково-технічної та навчально-методичної конференції «Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку – PEMS'24».

Ключові слова. ЗАХІД З ЕНЕРГОЗЕРЕЖЕННЯ (ЗЕЕ), СИСТЕМА ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ (СЕНМ), ОБСЯГИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ (PRES), ПІДПРИЄМСТВО МОЛОЧНОЇ ГАЛУЗІ, ISO 50046, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, ПРОГНОЗУВАННЯ, МАШИННЕ НАВЧАННЯ (ML).

ABSTRACT

Structure and scope of the work. The explanatory note to the master thesis consists of four chapters and contains 90 pages of the main text. The main text of the work contains 20 illustrations, 21 tables and 26 bibliographic references.

Relevance of the topic. The dairy industry is one of the most energy-intensive sectors in food production, especially in emerging markets such as Ukraine, where outdated equipment and inconsistent energy management practices often hinder the efficient use of energy resources. Forecasting energy savings is crucial to optimise resource use and reduce greenhouse gas emissions in line with global sustainability goals. The application of standards such as ISO 50046 addresses the need for systematic, proven methodologies to estimate energy savings in the industrial sector, improving decision-making for energy efficiency investments.

The purpose of the Master's thesis is to study the methodology of ISO 50046 General methods for predicting energy savings, «ДСТУ ISO 17741:2017 Загальні технічні правила вимірювання, розрахунку та верифікації обсягів енергозбереження в проектах» та «ДСТУ ISO 17743:2017 Енергозбереження. Визначення методологічної основи розрахунку та звітності щодо обсягів енергозбереження» to assess energy saving opportunities on the example of a Ukrainian dairy enterprise.

Task. To achieve this goal, the following tasks are necessary: 1) to study the current state of energy efficiency of dairy enterprises in Ukraine and the world; 2) to analyse the current state of energy consumption at the studied dairy enterprise; 3) to develop a mathematical model for forecasting energy saving at the selected enterprise; 5) to develop a start-up project for forecasting energy saving at enterprises.

Object of research is a Ukrainian dairy enterprise.

The subject of the study is the energy saving potential that can be achieved through energy efficiency measures, measured using the ISO 50046 General methods for predicting energy savings methodology.

Research methods. 1) empirical assessment - using operational data to collect current energy consumption data at the enterprise; 2) statistical modelling - analysing patterns in consumption data and potential savings; 3) engineering analysis - incorporating details of the process of current energy savings to refine the predictions. ISO 50046 forms the methodological basis, ensuring the accuracy and transparency of the calculation of projected energy savings.

Scientific novelty of the obtained results. This thesis presents a model of projected energy savings for a Ukrainian dairy enterprise, with the integration of an international standard that is not currently implemented in Ukraine.

Practical significance of the work. The obtained results will provide an example of an alternative possibility of forecasting energy savings for energy auditors, politicians and entrepreneurs in the field of dairy production, ensuring economically justified implementation of energy saving measures.

Approbation of research results. The results of the research were tested at the X International Scientific, Technical and Educational Conference «Energy Management: State and Prospects of Development - PEMS'24».

Publications.

1) Abstracts published in the collection «MATERIALS OF THE IV SCIENTIFIC AND TECHNICAL CONFERENCE OF MAJORS (based on the results of dissertation research of master's students)» DEDICATED TO THE 75TH ANNIVERSARY OF THE EDUCATIONAL AND RESEARCH INSTITUTE OF ENERGY SAVINGS AND ENERGY MANAGEMENT on 17-18 November 2021;

2) Publication in the proceedings of the conference «IX Ogólnopolska Konferencja Młodych Energetyków (OKME)» 18 - 19 November 2024;

3) Abstracts published in the proceedings of the X International Scientific, Technical and Educational Conference «Energy Management: State and Prospects of Development - PEMS'24».

Keywords. ENERGY PERFORMANCE IMPROVEMENT ACTION (EPIA), ENERGY MANAGEMENT SYSTEM (ENMS), PREDICTED ENERGY SAVINGS

(PRES), DAIRY ENTERPRISE, ISO 50046, ENERGY EFFICIENCY,
FORECASTING, MACHINE LEARNING (ML).

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ

ISO - International Organization for Standardization

ЗЗЕ – захід з енергозбереження

СЕМ – система енергетичного менеджменту

PrES – прогнозований обсяг енергозбереження

БРЕ – базовий рівень енергоспоживання

ML – machine learning

ЗМІСТ

ВСТУП.....	13
1 АНАЛІЗ СТАНУ ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ НА ПІДПРИЄМСТВАХ МОЛОЧНОЇ ГАЛУЗІ В УКРАЇНІ ТА СВІТІ	15
1.1 Опис стану підприємств молочної галузі в Україні та світі	15
1.2 Актуальність проблеми енергозбереження на підприємствах	18
1.3 Стан впровадження технологій енергозбереження та енергоефективності на підприємствах України та світу.....	21
1.4 Основні перешкоди для впровадження технологій енергозбереження на підприємствах.....	26
1.5 Шляхи вдосконалення політики енергозбереження для підприємств	28
Висновки до розділу 1	31
2 АНАЛІЗ ПОТОЧНОГО СТАНУ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ НА ПІДПРИЄМСТВІ МОЛОЧНОЇ ГАЛУЗІ.....	33
2.1 Загальний опис підприємства	33
2.2. Аналіз структури енергоспоживання та виробленої продукції.....	34
2.3. Ідентифікація основних споживачів енергії.....	43
2.4 Визначення базових рівнів енергоспоживання на підприємстві.....	48
2.5 SWOT-аналіз щодо перспективи впровадження технологій енергозбереження на підприємстві	49
Висновки до розділу 2	53
3 ВИБІР МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОГНОЗУВАННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ	55
3.1 Огляд літературних джерел та методологій розрахунку обсягів енергозбереження	55
3.2 Визначення вимог до математичної моделі та цілей прогнозування.....	57
3.3 Підготовка та вибір математичної моделі	59
3.4 Розрахунок заходів з енергозбереження	63
3.5 Агрегування прогнозування обсягів енергозбереження	65
3.6 Оцінка якості отриманих результатів та границь невизначеності	66
Висновки до розділу 3	67
4 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЄКТУ З ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ.....	69
4.1 Опис ідеї та концепції стартапу	69

1.2	Технологічний аудит ідеї проєкту	74
4.2	Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проєкту та цільової аудиторії.....	75
4.3	Розроблення ринкової стратегії проєкту.....	80
4.4	Екологічний та соціальний вплив стартапу	81
	Висновки до розділу 4	83
	ВИСНОВКИ	85
	ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ПОСИЛАНЬ.....	87
	ДОДАТКИ.....	90
	Додаток А	90

ВСТУП

Актуальність. Молочна промисловість є одним із найбільш енергоємних секторів у виробництві харчових продуктів, особливо на ринках, що розвиваються, таких як Україна, де застаріле обладнання та непослідовні практики енергоменеджменту часто перешкоджають ефективному використанню енергетичних ресурсів. Прогнозування енергозбереження має вирішальне значення для оптимізації використання ресурсів і скорочення викидів парникових газів у відповідності з глобальними цілями сталого розвитку. Застосування таких стандартів як ISO 50046 розглядає потребу в систематичних перевірених методологіях для оцінки енергозбереження в промисловому секторі, покращуючи процес прийняття рішень щодо інвестицій в енергоефективність.

Метою магістерської дисертації є дослідження методології стандартів ISO 50046 General methods for predicting energy savings, ДСТУ ISO 17741:2017 Загальні технічні правила вимірювання, розрахунку та верифікації обсягів енергозбереження в проектах та ДСТУ ISO 17743:2017 Енергозбереження. Визначення методологічної основи розрахунку та звітності щодо обсягів енергозбереження для оцінки можливостей енергозбереження на прикладі українського підприємства молочної галузі.

Завдання. Для досягнення поставленої мети необхідно виконати наступні завдання: 1) дослідити сучасний стан ефективності використання енергії підприємствами молочної галузі в Україні та світу; 2) проаналізувати поточний стан споживання енергетичних ресурсів на досліджуваному підприємстві молочної галузі; 3) розробити математичну модель прогнозування енергозбереження на обраному підприємстві; 5) розробити стартап-проект для прогнозування обсягів енергозбереження на підприємствах.

Об'єктом дослідження є українське підприємство молочної галузі.

Предметом дослідження є потенціал енергозбереження, який можна досягти за допомогою заходів з підвищення енергоефективності, вимірний за допомогою методології ISO 50046 General methods for predicting energy savings.

Методи дослідження: 1) емпірична оцінка - використання оперативних даних для збору поточних даних енергоспоживання на підприємстві; 2) статистичне моделювання - аналіз закономірностей за даними споживання та потенційної економії; 3) інженерний аналіз - включення деталей процесу потенційних обсягів енергозбереження для уточнення прогнозів. ISO 50046 формує методологічну основу, забезпечуючи точність і прозорість розрахунку прогнозованої економії енергії.

Наукова новизна одержаних результатів. Ця дисертація представляє модель прогнозованого енергозбереження для українського підприємства молочної галузі, з інтеграцією міжнародного стандарту, який не є наразі впровадженим в Україні.

Практичне значення роботи. Отримані результати нададуть приклад альтернативної можливості прогнозування обсягів енергозбереження для енергоаудиторів, політиків і підприємців с сфері молочного виробництва, забезпечуючи економічно обгрунтоване впровадження заходів з енергозбереження.

Апробація результатів дослідження. Результати досліджень були апробовані на X Міжнародної науково-технічної та навчально-методичної конференції «Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку – PEMS'24».

Публікації.

1) Тези доповіді, опубліковані в збірнику «МАТЕРІАЛИ IV НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ МАГІСТРАНТІВ (за результатами дисертаційних досліджень магістрантів)» ПРИСВЯЧЕНОЇ 75 – РІЧЧЮ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВОГО ІНСТИТУТУ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ 17 – 18 листопада 2021 р.;

2) Публікація в збірнику доповідей конференції «IX Ogólnopolska Konferencja Młodych Energetyków (ОКМЕ)» 18 – 19 листопада 2024 р.;

3) Тези доповіді, опубліковані в збірнику X Міжнародної науково-технічної та навчально-методичної конференції «Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку – PEMS'24».

1 АНАЛІЗ СТАНУ ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ НА ПІДПРИЄМСТВАХ МОЛОЧНОЇ ГАЛУЗІ В УКРАЇНІ ТА СВІТІ

1.1 Опис стану підприємств молочної галузі в Україні та світі

Два останні десятиліття обсяги виробництва молока в Україні поступово скорочувалися, втрачаючи в середньому близько 3 % щороку. Початок повномасштабної війни став ще більшим викликом для цієї галузі, адже це вплинуло на всі аспекти виробництва та переробки. Серед основних проблем - скорочення поголів'я худоби, зменшення обсягів надоїв, руйнування інфраструктури та перебої в логістиці. Найбільших втрат зазнали господарства на прифронтових територіях, де через нестачу кормів та ветеринарних засобів фермери змушені були скорочувати поголів'я худоби. Тенденцію динаміки виробництва молока та поголів'я в Україні можна побачити на рис. 1.1.

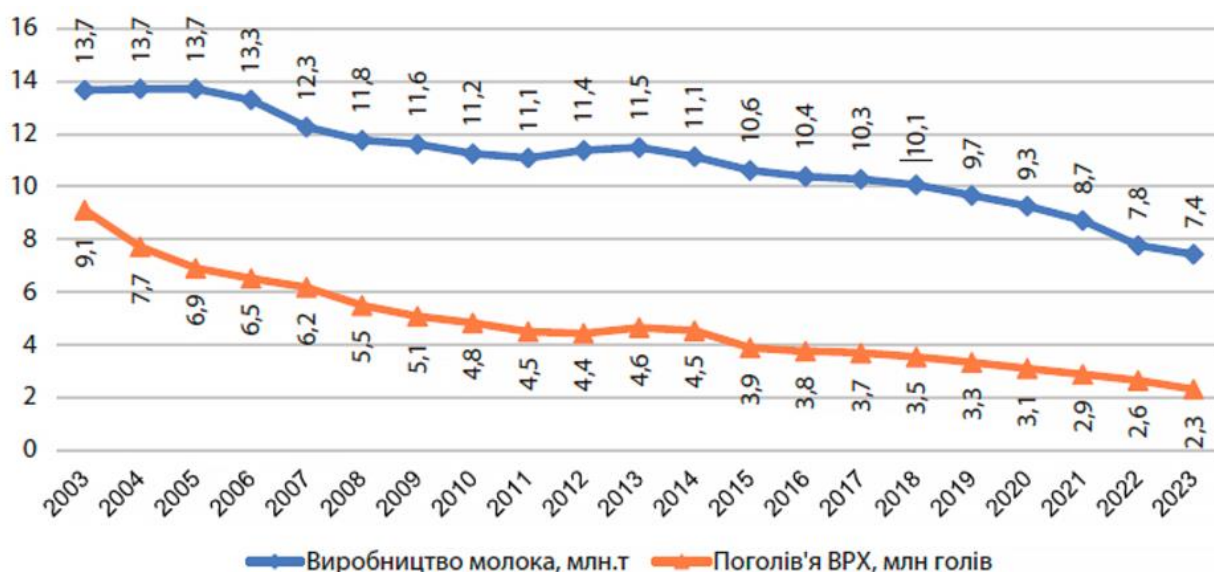


Рисунок 1.1 - Динаміка обсягів виробництва молока та поголів'я ВРХ у 2003–2023 роках [1]

Таким чином, скорочення поголів'я великої рогатої худоби в Україні є тривалою тенденцією, на яку значно вплинули фінансові фактори, що переважають навіть над наслідками війни. Основними причинами фермери називають зниження

рентабельності молочного виробництва через зростання витрат на корм, дизельне паливо та електроенергію. За даними дослідження, проведеного УКАБ та Мінагрополітики, витрати на виробництво збільшуються швидше, ніж ціни на готову продукцію.

У наступні роки очікується подальше зростання вартості кормів через підвищення цін на зернові та олійні культури, зростання тарифів на електроенергію та девальвацію гривні. Також значний вплив має зниження купівельної спроможності населення, що зменшує попит на дорожчі молочні продукти, такі як масло та сири.

Додатковим викликом для фермерів стало скорочення площ пасовищ та сільськогосподарських земель через їх забруднення мінами та снарядами, що ускладнює можливості для посівної кампанії.

Криза в даній галузі нині найбільш гостро проявляється в східних регіонах України, особливо поблизу зони бойових дій. Станом на квітень 2024 року в Донецькій області залишилися лише сім агропідприємств, які утримують корів, тоді як до повномасштабного вторгнення їх було 18. У Харківській області багато фермерів втратили поголів'я, а ті, хто зберіг худобу, стикаються зі зниженням продуктивності через порушення репродуктивного циклу, спричинене нестачею кормів для тільних корів.

Проблеми з енергопостачанням, особливо влітку 2024 року, негативно позначилися на фермерських господарствах по всій країні. Аномальна спека, разом із відсутністю можливості охолоджувати приміщення, призвела до численних випадків теплових ударів у худоби, що знизило її продуктивність. За даними опитування Pro-Consulting, 76 % фермерів улітку 2024 року назвали нестабільне енергопостачання основною проблемою галузі, тоді як навесні ця проблема турбувала лише 55 % респондентів.

Крім цього, нестача оборотних коштів стає серйозною перешкодою, особливо для малих і сімейних фермерських господарств. Відсутність фінансових ресурсів не дозволяє їм інвестувати в альтернативні джерела енергії, такі як генератори, що ускладнює їхню адаптацію до енергетичної нестабільності. [1]

Зростання цін на молочну сировину відбувається не лише в Україні, а й у країнах Європи. У літні місяці 2024 року закупівельна вартість молока вищого гатунку в Україні була на 27–29 % нижчою за середній рівень у ЄС, але вже у вересні ця різниця скоротилася до 14–15 %. Якщо ціни в Україні зрівняються з європейськими, це може позбавити вітчизняних виробників їх основної переваги - конкурентоспроможності на міжнародних ринках. Влітку, на фоні розриву у вартості сировини, українські молочні продукти були більш привабливими для експорту, проте подальше зростання цін викликає занепокоєння. Станом на вересень 2024 року підвищення закупівельних цін було компенсоване зростанням світових цін на молочну продукцію.

У країнах ЄС обсяги надоїв у першій половині року зросли на 1 %, проте аномальна спека літку вплинула на продуктивність корів, і виробництво почало знижуватися. У Західній Європі відчувається дефіцит вершків через високий попит на масло, а виробники сирів стикаються з нестачею сировини, зокрема через зростання експорту в Китай. Польські ферми частково забезпечують дефіцит у Західній Європі, поставляючи наливні вершки.

Ціни на молочні продукти на міжнародних ринках демонструють зростання. У червні 2024 року ціна вершкового масла та безводного молочного жиру досягла п'ятирічного максимуму. Хоча у вересні ціни на масло дещо знизилися, зневоднений молочний жир тримається вище позначки 7000 доларів. Зростають і ціни на сири. Загальний ціновий тренд на біржові молочні продукти наприкінці вересня залишався висхідним, із приростом + 0,8 % за два тижні. Українські виробники мають можливість скористатися сприятливою ситуацією на міжнародних ринках. [1]

1.2 Актуальність проблеми енергозбереження на підприємствах

Молочна продукція вимагає спеціальних умов зберігання через короткий термін придатності, зокрема температурного режиму в межах від 0 до + 6,1 °С, що зумовлює постійну потребу у використанні холодильного обладнання. Важливими питаннями є наскільки енергоємний процес переробки сирого молока у готову продукцію; які витрати на електроенергію припадають на виробництво пастеризованого молока, сиру, сметани або морозива; які технологічні процеси споживають найбільше енергії, і наскільки високий потенціал енергозбереження у галузі. Окрім того, потребують дослідження також питання про впровадження коротко-, середньо- та довгострокових заходів з енергоефективності, їх вплив на навколишнє середовище та фінансову вигоду.

Економіка є основним чинником розвитку промисловості, тому зниження експлуатаційних витрат стає ключовим стимулом для підвищення енергоефективності. Малі та середні підприємства мають широкий спектр можливостей для оптимізації своєї енергетичної ефективності. Згідно з дослідженнями, реалізація економічно вигідних заходів у цій сфері може зменшити споживання енергії в українській промисловості до 35 %.

Молочна галузь є ключовою для забезпечення продовольчої безпеки України, проте навіть у довоєнні роки демонструвала скорочення обсягів виробництва молочної продукції. Головною причиною цього було зниження поставок сирого молока на молокопереробні підприємства. Це було обумовлено підвищенням вимог до якості молока, низькою рентабельністю утримання великої рогатої худоби та зниженням купівельної спроможності населення, що спричинило падіння річного споживання молочної продукції.

Зменшення виробництва негативно впливає на роботу молокозаводів, зокрема на завантаженість цехів, виробничих ліній і енергоємного обладнання, що збільшує енергоспоживання на одиницю продукції. Паралельно зі зростанням вартості енергоресурсів це значно підвищує собівартість продукції. Для оптимізації енергоспоживання та зниження витрат доцільно впроваджувати системи

енергоменеджменту (СЕНМ). Це дозволяє ефективно використовувати ресурси та реалізовувати заходи з енергоефективності (ЗЕЕ).

Наведемо приклад з дослідження стану підприємств молочної галузі України за посередництва Федерального міністерства економічного співробітництва та розвитку Німеччини (BMZ). На рис. 1.2 показано діаграму, яка відображає усереднене співвідношення основних енергоресурсів - електроенергії, природного газу, деревини та вугілля, що споживались підприємствами молочної галузі України у 2018 році (довоєнний період).

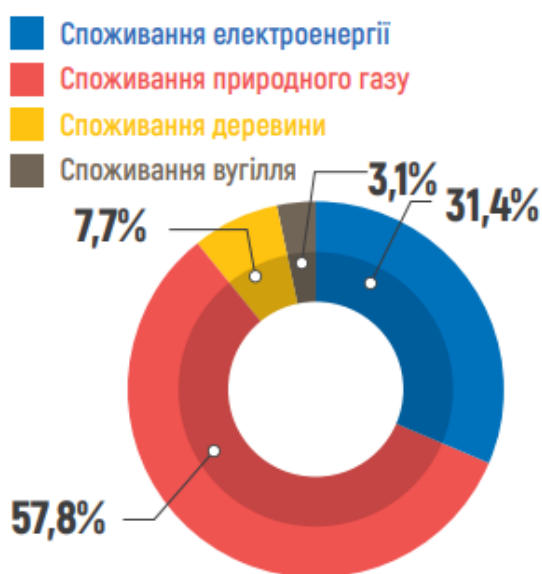


Рисунок 1.2 - Співвідношення обсягів споживання енергоресурсів в балансі енергоспоживання, 2018 р.

На рис. 1.2 відображена залежність процесів виробництва молочної продукції від різних видів енергоресурсів. Найбільшу частку у структурі споживання займає природний газ - 57,8 %, значно перевищуючи використання електроенергії - 31,4 %. Це обумовлено високим попитом на теплову енергію у виробничих процесах - таких як сепарування, гомогенізація, термічна обробка та пастеризація. Природний газ також використовується для виробництва пари, опалення, нагріву води для господарських потреб тощо.

Деревина та вугілля, які здебільшого застосовуються для опалення та гарячого водопостачання, мають загальну частку в енергоспоживанні на рівні 10,8

%. Технологічне обладнання є головним споживачем природного газу, тоді як електроенергія витрачається на роботу технологічного обладнання, компресорів, холодильних установок та підготовку молока до виробництва.

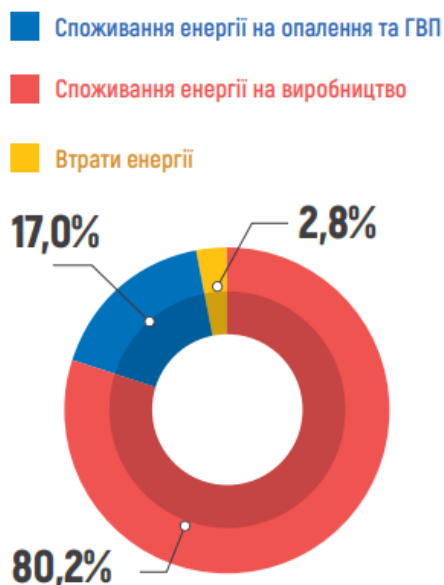


Рисунок 1.3 - Баланс споживання енергії за напрямками використання і втрати, 2018 р. [2]

На діаграмі, представлений на рис. 1.3, показано розподіл енергоспоживання типового підприємства молочної галузі між основними напрямками: виробничі процеси, опалення, гаряче водопостачання та втрати енергії. Згідно з даними, виробництво споживає більшу частину енергії - 80,2 %. Приблизно 2,8 %, здебільшого деревини та вугілля, витрачається на системи опалення й підігрів води. Решта 17 % припадає на втрати енергії, що свідчить про значний потенціал для впровадження заходів з енергозбереження та енергоефективності.

Втрати енергії спостерігаються на всіх етапах постачання та розподілу енергії на підприємстві. Вони виникають у процесах генерації електроенергії, виробництва пари, а також поза межами енергетичних блоків та у виробничих приміщеннях через недостатню ефективність обладнання, недоліки в теплоізоляції або механічні обмеження. У системах розподілу та передачі енергії на підприємстві також трапляються втрати.

Особливо значні втрати пов'язані з перетворенням енергії в таких елементах, як теплообмінники, нагрівальні установки, насоси та двигуни, які можуть бути обмежені конструкційними матеріалами та параметрами. Основна частка енергетичних втрат припадає на системи генерації та розподілу теплової енергії, що вказує на важливість модернізації обладнання для зниження втрат. [2]

1.3 Стан впровадження технологій енергозбереження та енергоефективності на підприємствах України та світу

У сучасному світі актуальні та затребувані інновації для промислового виробництва є запорукою стабільного існування бізнесу. Це стосується як компаній-виробників харчових продуктів, так і компаній-постачальників рішень і технологій.

За прогнозами, ринок обладнання для харчової промисловості досягне \$103,82 млрд до 2031 року, при середньорічному темпі зростання 5,6 % протягом прогнозованого періоду 2024-2031 років.

У той же час, згідно з різними факторами зростання ринку обладнання для переробки молока, ринок буде розвиватися помірними темпами, прогножуючи середньорічне зростання на рівні 5,5 % і досягне 18,3 мільярда доларів США до 2034 року. До 2024 року ринок обладнання для переробки молока оцінюватиметься в 10,7 млрд доларів США. [3]

Багато учасників світового молочного ринку, опитаних під час The DairyNews.today, зазначили, що ключовими факторами при прийнятті рішення щодо обладнання для переробки молока є ефективність (у нинішніх економічних умовах підприємствам вкрай важливо бути високоадаптивними та отримувати максимальну вигоду від кожної одиниці обладнання), екологічність та сталий підхід. У деяких випадках важливу роль відіграє державна підтримка інновацій.

На думку аналітиків, урядові ініціативи в багатьох країнах світу дійсно стимулюватимуть ринок, в тому числі через процес надання субсидій, заохочення підприємств молочного виробництва, пом'якшення податкової політики.

Важливим фактором розвитку ринку є також зростаючий попит на молочні продукти та поживні речовини, які вони містять. У той же час, зростаючий середній клас споживачів у країнах, що розвиваються, збільшує попит на високоякісні молочні продукти з функціональними властивостями. Надійна технологічна інфраструктура розширить можливості для інновацій. А молочні підприємства шукатимуть більш досконале обладнання, щоб зменшити витрати на робочу силу. Виробники обладнання також зміцнюють свої позиції, не тільки за рахунок поглинання місцевих гравців, а й шляхом впровадження нових рішень та вдосконалення існуючих. [4]

Згідно інформації на Урядовому порталі від 2020 року, підприємства молочної галузі мають значний потенціал для скорочення споживання енергетичних ресурсів та зменшення витрат завдяки впровадженню заходів з енергозбереження та енергоефективності. Як підтвердження, наводяться результати енергоаудитів, проведених на 13 підприємствах молочної галузі в рамках проєкту GIZ «Консультування підприємств щодо енергоефективності». Основні висновки аудиту були представлені у брошурі, розробленій у співпраці з Мінекономіки та Держенергоефективності.

Як зазначив Костянтин Гура, т.в.о. голови Держенергоефективності, молочна галузь відіграє ключову роль у забезпеченні населення продуктами харчування, і енергоефективність є важливим інструментом для зниження собівартості продукції, підвищення конкурентоздатності та скорочення енерговитрат.

Серед основних висновків після проведення енергоаудитів на українських молочних підприємствах виділяють наступні:

1. Молочна галузь залежить переважно від природного газу, на який припадає 57,8 % загального енергоспоживання, тоді як частка електроенергії становить 31,4 %. Найбільш енергоємним є виробничий процес, що споживає 80 % всієї енергії підприємства.

2. Значну економію енергії можна досягти в таких напрямках, як виробничі процеси, генерація та постачання тепла, а також вироблення стисненого повітря.

3. Впровадження енергоефективних заходів із терміном окупності до 2 років дозволяє досягти економії до 45 %.

4. Заходи вартістю понад 300 тис. грн можуть забезпечити до 80% економії енергії, якщо впровадити 2-3 таких рішення. [5]

Ці результати підтверджують, що інвестиції в енергоефективність є не лише доцільними, але й фінансово вигідними для підприємств молочної галузі.

На рис. 1.4 наведено споживання енергії на кілограм кисломолочної продукції (асортименту), де по вісі X показано показники кожного з 13 обстежених підприємств, згідно. [2]

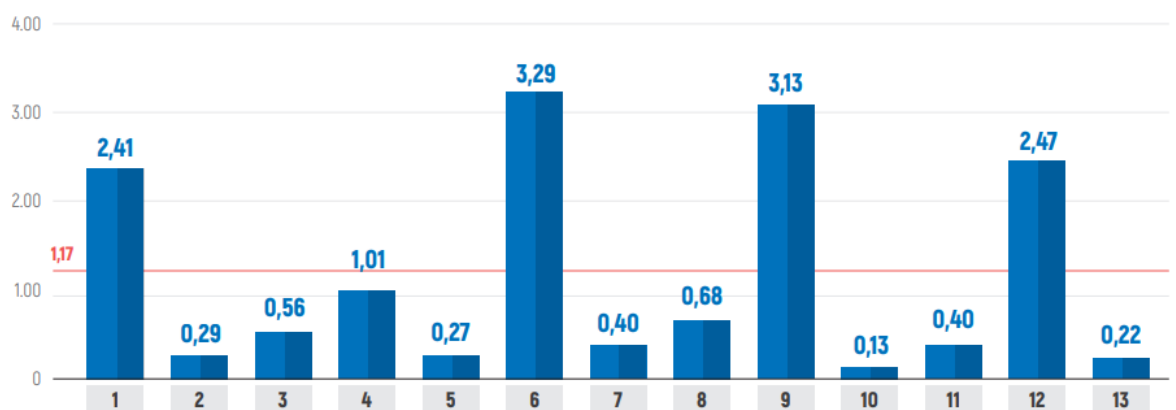


Рисунок 1.4 - Споживання енергії у кВт·год на 1 кг виробленої кисломолочної продукції 2018 р.

У 2018 році питоме споживання енергії на одиницю продукції у 13 проаналізованих підприємствах коливалося від 0,13 до 3,29 кВт·год/кг з середнім значенням 1,17 кВт·год/кг.

Згідно результатів енергоаудитів, було отримано наступні показники річного потенціалу енергозбереження, що показано на рис. 1.5.

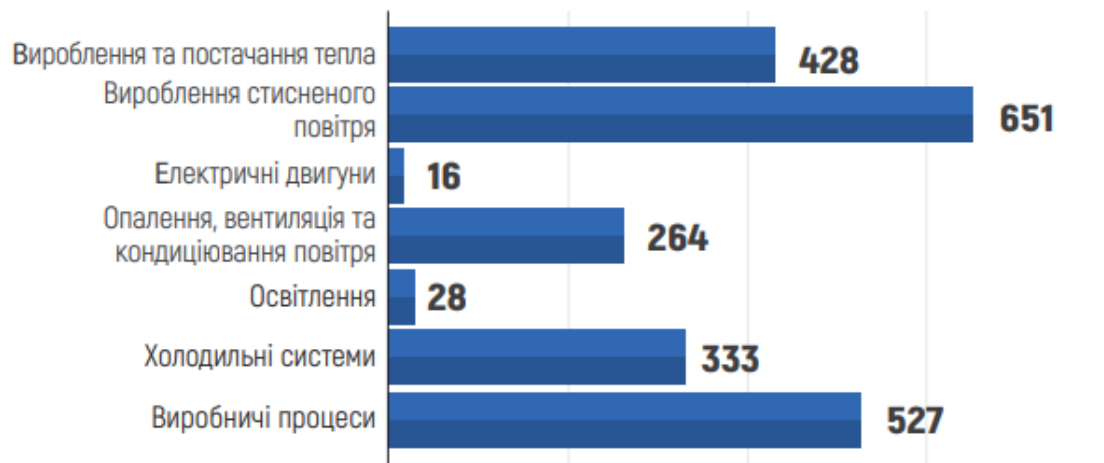


Рисунок 1.5 - Річний потенціал енергозбереження за різними групами споживачів [2]

Також спеціалістами було прораховано орієнтовні інвестиції, яких потребує кожна окрема група споживачів енергетичних ресурсів (ціни станом на 2020 рік), що представлено на рис. 1.6.

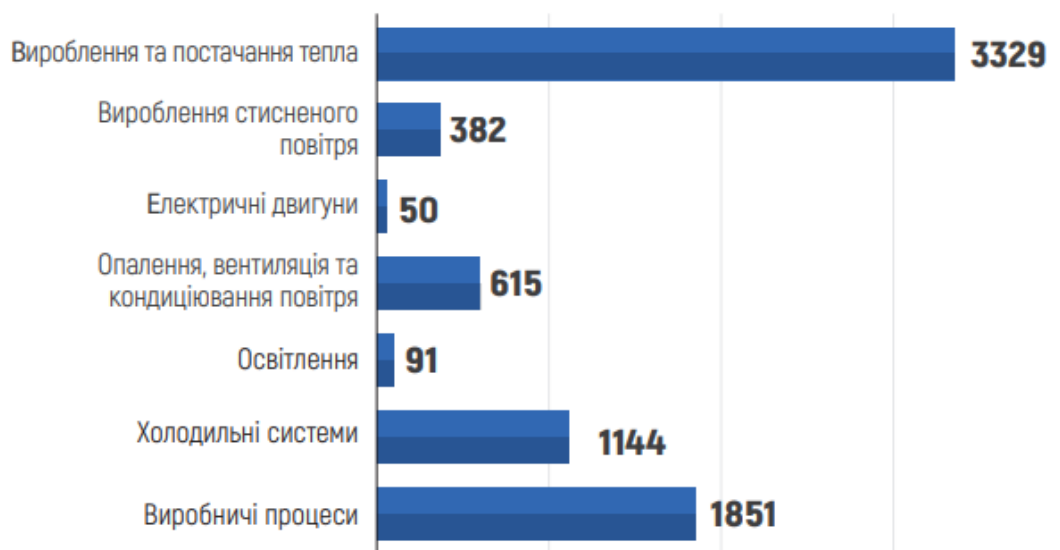


Рисунок 1.6 - Інвестиції на впровадження пропонованих заходів з енергоефективності

В результаті споживча інфляція сягне 9,7 % на кінець 2024 року, а на початку 2025 року тимчасово перетне позначку 10 %. [6] Тобто, для орієнтовної

оцінки необхідних інвестицій до показаних цифр на рис. 1.6 можна додати 10%, проте в кожному окремому випадку потрібен техніко-економічний аналіз.

Також фахівцями для типових ЗЕЕ було підраховано орієнтовні цифри відповідно до інвестицій які можна отримати заощадження грошей, енергії та прогнозоване скорочення викидів CO₂, що показано на рис. 1.7.

	Інвестиції, тис. грн	Економія коштів, тис. грн	Заощадження енергії, МВт·год	Простий період окупності, років	Скорочення викидів, тCO ₂ екв*
Термоізоляція котлів та теплоізоляція	156	158	199	1,5	43
Повернення конденсату в котельню	1492	529	462	3,4	95
Утилізація теплової енергії аміачних компресорів	273	701	967	0,9	195
Встановлення частотного регулювання в електродвигунах	50	46	16	1,8	15
Модернізація освітлення	88	37	26	1,5	24
Ізоляція трубопроводів системи з крижаною водою	202	11	26	4,2	24
Встановлення рекуператорів тепла у виробничих процесах	3954	1219	1036	2,9	258
Застосування утворення штучного туману на фреонових блоках конденсації	387	18	44	4,2	40

Рисунок 1.7 – Економічні показники для типових ЗЕЕ у молочній промисловості станом на 2020 р.

Коефіцієнт викидів від 1 МВт·год електроенергії - 0,912 тCO₂ екв; від 1 МВт·год природного газу - 0,202 тCO₂ екв; від 1 МВт·год вугілля - 0.354 тCO₂ екв. [7]

До початку широкомасштабного вторгнення у 2022 році, підприємства в Україні мали невисоку мотивацію до впровадження енергоефективних заходів. До 2023 року ціни на енергетичні ресурси були настільки невисокими, що виробництво і установка енергоефективного обладнання і впровадження заходів енергозбереження були економічно не вигідними. В умовах підвищення цін на енергоносії при розробці проектів модернізації технологій і машин молокопереробної галузі обов'язковим є проведення економічної і енергетичної оцінки технічних рішень та впровадження енергозберігаючих машин та обладнання. [8]

1.4 Основні перешкоди для впровадження технологій енергозбереження на підприємствах

Останніми роками питання підвищення енергоефективності та реалізації політики енергозбереження в Україні набули великої важливості, адже вони безпосередньо пов'язані з енергетичною безпекою держави. Науковці та експерти з різних галузей, особливо з паливно-енергетичного комплексу, активно обговорюють проблеми енергоефективності. Пропонуються численні технічні рішення, законодавчі ініціативи, економічні та соціальні реформи, спрямовані на подолання бар'єрів, які перешкоджають досягненню цієї мети. Необхідно провести всебічний аналіз таких перешкод, їх класифікацію та визначити стратегічні напрями для їх подолання [7].

В Україні вже прийнято низку законодавчих актів, зокрема Закон «Про енергозбереження», а також впроваджено державні стандарти (ДСТ) у сфері енерго- та ресурсозбереження. Працює Державний комітет з енергозбереження. Однак, попри це, рівень енергоемності продукції залишається високим. Навіть у порівнянні з країнами СНД та іншими державами з перехідною економікою цей показник залишається значним [9].

Слід зазначити, що статистичні дані щодо валового внутрішнього продукту (ВВП) у країнах з перехідною економікою, таких як Україна, часто містять похибки через методологічні та статистичні неточності, а також значну частку тіньової економіки, яка не відображається в офіційній звітності. В розвинених країнах більша частина ВВП створюється в менш енергоемних галузях, таких як сфера послуг (банківська справа, торгівля), тоді як енергоемні сектори відрізняються високою енергоефективністю.

Порівняння показників енергоефективності України із розвиненими країнами є некоректним через суттєві відмінності в економічній структурі та технологіях. Більш обґрунтованим є порівняння з країнами з перехідною економікою, включно з країнами СНД, які використовують схоже обладнання. Однак, навіть у цьому контексті енергоемність продукції в Україні залишається

значною, і її рівень продовжує зростати, що свідчить про необхідність системних змін у підходах до енергозбереження [10].

Для досягнення помітних результатів в енергозбереженні в Україні необхідно визначити ключові причини, які створюють бар'єри на цьому шляху. Аналіз показує, що перешкоди можна умовно поділити на фінансові, соціальні, виробничі, адміністративні, юридичні та ринкові.

1. Фінансові:

- Висока вартість інвестицій у енергоефективні технології та обладнання;
- Відсутність доступного фінансування через високі кредитні ставки;
- Довгий термін окупності проектів, що знижує їхню привабливість;
- Недоотримання платежів за енергію, що спричиняють дефіцит енергоносіїв.

2. Соціальні:

- Низька обізнаність керівництва підприємств і населення про можливості енергозбереження;
- Відсутність належної освіти та кваліфікації у сфері енергозбереження;
- Немає запиту на консультації щодо енергоефективності;
- Байдужість до проблем енергозбереження.

3. Виробничі:

- Пріоритет інвестицій у продуктивність над енергоефективністю;
- Значні втрати енергії через застаріле обладнання та технології;
- Відсутність мотивації до впровадження програм енергозбереження.

4. Адміністративні:

- Регулювання енергетики базується на застарілих правилах, які не враховують сучасних умов;
- Відсутність механізмів захисту прав споживачів енергії;
- Адміністративні втручання, які часто перешкоджають об'єктивному розподілу енергії.

5. Юридичні:

- Недостатня кількість нормативних актів для обов’язкового обліку споживання енергії;

- Відсутність відповідальності за несплатежі чи низьку якість енергії.

6. Ринкові:

- Ринок енергозберігаючого обладнання має низький рівень прозорості;

- Відсутність стимулів для екологічно чистих технологій;

- Витрати на нераціональне споживання енергії часто покриваються суспільством [11].

Подолання бар’єрів на шляху до впровадження енергоефективних технологій є ключовою умовою для досягнення енергозбереження в Україні.

Основними перешкодами залишаються високі фінансові витрати, недосконалість регуляторної бази, низька обізнаність населення та керівників підприємств, а також технічна застарілість обладнання.

1.5 Шляхи вдосконалення політики енергозбереження для підприємств

Можна виділити наступні шляхи вдосконалення політики енергозбереження для підприємств:

1. Фінансові стимули:

- Запровадження пільгових кредитів та субсидій. Надання підприємствам доступу до фінансових ресурсів на вигідних умовах для реалізації енергоефективних проектів;

- Податкові пільги. Зменшення податкового навантаження для підприємств, які впроваджують енергозберігаючі технології.

2. Підвищення обізнаності та освіти:

- Інформаційні кампанії. Поширення знань про переваги енергозбереження та доступні технології серед керівників підприємств та населення;

– Освітні програми. Включення питань енергоефективності до навчальних програм шкіл, університетів та курсів підвищення кваліфікації.

В табл. 1.1 наведено орієнтовний план комунікації та підвищення обізнаності для даного підприємства молочної галузі.

Таблиця 1.1 - План комунікації та підвищення обізнаності на підприємстві

Дія	Що потрібно повідомити?	Місце публікації	Чи правильно зрозуміли повідомлення?
СЕНМ в інтернеті	Створена сторінка СЕНМ внутрішньому порталі компанії. Інформація містить: - енергетичну політику; - організаційно-виконавчу структуру СЕНМ; - дані про результативність СЕНМ; - новини підприємства в сфері енергетики; - цікаві факти.	Інтернет компанії	Бесіди з працівниками для отримання зворотного зв'язку
Скриньки пропозицій та ідей	Організовано скриньку для персоналу та працівників компанії, який допомагає пропонувати ідеї щодо енергозбереження та покращення СЕНМ	Адмінбудівля	Випадкові вибіркові бесіди з працівниками для отримання зворотного зв'язку
Інформування структурних підрозділів	Щомісячна інформаційна презентація з новинами підприємства, що включає інформацію про СЕНМ, у тому числі впровадження нової документації, тарифи на енергоносії, виконані дії,	Виробничі цехи підприємства	Випадкові вибіркові бесіди з працівниками для отримання зворотного зв'язку

Продовження до таблиці 1.1

	результати обстежень, аудитів та інші цікаві теми в рамках СЕНМ		
Інформаційні стенди	Стенди у виробничих цехах на яких розміщена інформація СЕНМ: політика, цілі підприємства, програма з енергозбереження та енергоефективності.	Виробничі цехи підприємства	Випадкові вибіркові бесіди з працівниками для отримання зворотного зв'язку
Інформаційні наліпки	Наліпки у виробничих цехах з інформацією: - про заощадження електроенергії; - про збереження води; - про необхідність збереження тепла та пари.	Виробничі цехи підприємства	Випадкові вибіркові бесіди з працівниками для отримання зворотного зв'язку

3. Модернізація виробництва:

- Оновлення обладнання. Сприяння заміні застарілих технологій на сучасні енергоефективні аналоги;
- Впровадження систем енергоменеджменту. Створення на підприємствах структур, відповідальних за контроль та оптимізацію енергоспоживання.

4. Удосконалення нормативно-правової бази:

- Розробка сучасних стандартів. Прийняття нормативних актів, що відповідають міжнародним вимогам у сфері енергоефективності;
- Спрощення адміністративних процедур. Зменшення бюрократичних перепон для впровадження енергозберігаючих заходів.

5. Розвиток ринку енергоефективних технологій:

- Стимулювання конкуренції. Забезпечення прозорості ринку енергоефективних рішень, усунення монополій та створення умов для чесної конкуренції серед виробників і постачальників обладнання;

- Підтримка локальних виробників. Надання державної підтримки підприємствам, що займаються розробкою та виготовленням енергоефективного обладнання, для зменшення залежності від імпорту.

6. Державна підтримка та стимулювання:

- Субсидії для споживачів. Запровадження механізмів фінансової допомоги для кінцевих споживачів, які впроваджують сертифіковане енергоефективне обладнання;

- Створення консалтингових центрів. Заснування регіональних консультаційних центрів, які допомагатимуть підприємствам у виборі технологій, підготовці проектів та пошуку фінансування;

- Підтримка інновацій. Інвестиції в дослідження та розробки в галузі енергоефективності для створення передових технологій.

Ефективна політика енергозбереження для підприємств повинна базуватися на комплексному підході, що поєднує фінансову підтримку, модернізацію обладнання, освітні ініціативи та вдосконалення регуляторної бази. Усунення бар'єрів, таких як високі фінансові витрати, низька обізнаність і технічна застарілість, стане важливим кроком до зниження енерговитрат, підвищення конкурентоспроможності продукції та поліпшення екологічної ситуації в Україні. Впровадження запропонованих заходів дозволить створити сприятливі умови для розвитку енергоефективності на всіх рівнях економіки. [12]

Висновки до розділу 1

Проведений аналіз показує, що молочна галузь є однією з найбільш енергоємних у харчовій промисловості. Основними споживачами енергії є процеси охолодження, пастеризації та стерилізації. В Україні значна частина обладнання

застаріла, що підвищує рівень енерговитрат порівняно з розвиненими країнами, де використовуються сучасні енергоефективні технології.

Енергозбереження є критичним фактором для зниження собівартості продукції, підвищення конкурентоспроможності підприємств і забезпечення сталого розвитку. Зростання цін на енергоносії, обмеженість ресурсів і екологічні виклики роблять питання енергозбереження особливо актуальними для молочної галузі.

В Україні впровадження енергоефективних технологій на підприємствах перебуває на початковій стадії. Деякі підприємства вже здійснюють заходи з енергозбереження, але це наразі не дає суттєвого зниження загального рівня енергоємності. У розвинених країнах значний акцент робиться на використанні сучасного обладнання та впровадженні систем енергоменеджменту.

Головними бар'єрами є необхідність високого рівня інвестицій, відсутність фінансових ресурсів, застаріле обладнання, низька обізнаність керівників підприємств про переваги енергозбереження, бюрократичні труднощі та недостатня підтримка з боку держави. Ці фактори уповільнюють прогрес у впровадженні енергоефективних рішень.

Для подолання існуючих бар'єрів необхідно запровадити комплекс заходів, включаючи фінансові стимули, модернізацію обладнання, підвищення рівня обізнаності та кваліфікації персоналу, а також вдосконалення нормативно-правової бази. Важливим є створення механізмів підтримки для підприємств, таких як пільгові кредити, субсидії, інформаційно-консультаційні центри та інноваційні програми.

Аналіз стану проблеми енергозбереження в молочній галузі України демонструє значний потенціал для зниження енерговитрат і підвищення ефективності.

2 АНАЛІЗ ПОТОЧНОГО СТАНУ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ НА ПІДПРИЄМСТВІ МОЛОЧНОЇ ГАЛУЗІ

2.1 Загальний опис підприємства

Об'єктом дослідження є підприємство молочної промисловості, яке спеціалізується на виробництві широкого асортименту молочної продукції, зокрема масла, спреїв, твердих сирів, пастеризованого молока, сухого знежиреного молока та сухої сироватки. Підприємство має сучасну виробничу базу, що включає такі структурні підрозділи як:

1. Виробничий корпус - основний об'єкт, де розташоване обладнання для переробки молока, сепарації, пастеризації, сушіння та пакування продукції.
2. Транспортний цех - відповідає за логістичне забезпечення, транспортування сировини та готової продукції.
3. Компресорна - забезпечує роботу систем холодопостачання для підтримання необхідних температурних режимів.
4. Адміністративно-побутовий корпус - включає офісні приміщення, кімнати для персоналу та лабораторії контролю якості.
5. Складські приміщення - для зберігання сировини та готової продукції в умовах.

Режим роботи підприємства - двозмінний, тривалість робочого дня становить 8 годин.

Кількість працівників - 300 осіб, які включають технічний, адміністративний та виробничий персонал.

Технологічні процеси на підприємстві вимагають більшої відповідності сучасним стандартам якості та енергоефективності. Підприємство використовує автоматизовані лінії для виробництва та контролю якості продукції, що дозволяє мінімізувати втрати сировини й енергії. Підприємство є важливим учасником регіонального молочного ринку, сприяючи забезпеченню продовольчої безпеки та створенню робочих місць у регіоні.

2.2. Аналіз структури енергоспоживання та виробленої продукції

На досліджуваному підприємстві молочної галузі використовуються два основних енергетичних ресурси – електрична та теплова енергія.

Споживання електроенергії на місяць варіюється в межах 350 - 965 тис. кВт-год. Максимальне споживання зафіксовано в серпні 2020 року - 965,794 тис. кВт-год, що було пов'язано з інтенсивними виробничими процесами. Протягом 2022 - 2023 років прослідковується тенденція до зниження, що пов'язано зі скороченням обсягів виробництва.

Витрати теплової енергії (пари) коливаються в межах 0,9 - 2,07 тис. т. на місяць. Найвищі значення зафіксовані в серпні 2020 року, що збігається з піковим споживанням електроенергії. Згодом також видно зниження споживання.

Нижче, в таблицях 2.1 – 2.4 наведено дані щодо споживання електричної та теплової енергії, а також щодо обсягів виробленої продукції з 2020 по 2023 рр.

Таблиця 2.1 – Дані по споживанню енергоресурсів та виробленій продукції за 2020 р.

Місяць	Електроенергія, (кВт/місяць)	Теплова енергія (пар), (т./місяць)	Сухе знежирене молоко, (кг/місяць)	Суха сироватка, (кг/місяць)	Масло та спреди ,(кг/місяць)	Сири тверді, (кг/місяць)
Січень	571 478	1 560	184 000	20 375	1 035 713	24 343
Лютий	436 648	1 244	49 844	14 750	1 125 484	29 655
Березень	632 001	1 625	358 625	8 563	1 222 126	22 649
Квітень	842 500	2 021	787 094	24 656	1 183 491	34 330
Травень	852 285	1 997	672 906	47 656	1 035 763	48 095
Червень	893 191	1 938	742 781	45 906	1 031 754	24 928
Липень	915 173	2 109	535 169	71 969	1 003 079	40 136
Серпень	965 794	2 073	392 719	112 281	1 114 239	50 211
Вересень	833 151	1 890	341 063	144 156	965 505	97 090

Продовження до таблиці 2.1

Жовтень	741 771	1 738	144 250	141 125	905 600	96 726
Листопад	651 790	1 674	187 563	37 750	985 363	64 790
Грудень	722 200	1 951	346 660	43 625	1 321 590	51 554

Таблиця 2.2 – Дані по споживанню енергоресурсів та виробленій продукції за 2021 р.

Місяць	Електроенергія, (кВтг/місяць)	Теплова енергія (пар), (т./місяць)	Сухе знежирене молоко, (кг/місяць)	Суха сироватка, (кг/місяць)	Масло та спреди ,(кг/місяць)	Сири тверді, (кг/місяць)
Січень	655 974	1 600	332 466	20 688	692 613	52 582
Лютий	579 608	1 463	173 758	55 500	604 928	12 074
Березень	745 093	1 873	372 896	66 906	1 042 551	23 482
Квітень	762 998	1 815	379 123	81 875	787 869	3 875
Травень	910 454	1 980	702 261	59 500	785 855	57 001
Червень	904 841	1 895	611 249	27 781	765 008	18 520
Липень	956 333	2 015	456 979	90 731	750 309	2 455
Серпень	848 228	1 739	391 249	70 156	629 215	40 446
Вересень	688 706	1 544	286 983	82 406	686 394	32 047
Жовтень	642 384	1 463	330 951	35 656	610 348	62 618
Листопад	478 176	1 198	200 256	41 188	594 092	10 400
Грудень	554 798	1 459	312 568	118 563	655 356	0

Таблиця 2.3 – Дані по споживанню енергоресурсів та виробленій продукції
за 2022 р.

Місяць	Електроенергія, (кВтг/місяць)	Теплова енергія (пар), (т./місяць)	Сухе знежирене молоко, (кг/місяць)	Суша сироватка, (кг/місяць)	Масло та спреди ,(кг/місяць)	Сири тверді, (кг/місяць)
Січень	580 269	1 395	392 138	109 656	398 268	0
Лютий	474 291	766	169 890	179 594	520 927	0
Березень	405 924	1 438	198 000	36 281	494 788	0
Квітень	400 875	921	127 203	112 063	463 229	0
Травень	598 119	1 411	280 624	229 500	385 616	848
Червень	803 746	1 625	543 246	131 469	579 624	0
Липень	793 658	1 574	423 996	218 406	504 777	1 142
Серпень	699 370	1 424	274 343	164 344	621 780	2 253
Вересень	656 424	1 305	188 445	159 375	656 485	30
Жовтень	549 713	1 118	170 489	148 531	557 745	122
Листопад	453 894	1 101	101 411	153 188	612 289	1 246
Грудень	416 498	1 096	76 343	132 969	478 369	779

Таблиця 2.4 – Дані по споживанню енергоресурсів та виробленій продукції
за 2023 р.

Місяць	Електроенергія, (кВтг/місяць)	Теплова енергія (пар), (т./місяць)	Сухе знежирене молоко, (кг/місяць)	Суша сироватка, (кг/місяць)	Масло та спреди ,(кг/місяць)	Сири тверді, (кг/місяць)
Січень	448 340	1 100	83 655	106 844	377 657	639
Лютий	350 780	903	7 258	66 938	391 958	4 131
Березень	590 420	1 333	228 786	128 469	326 324	2 285
Квітень	626 951	1 358	283 519	196 219	527 251	686
Травень	630 399	1 231	333 849	127 188	353 351	1 381

Продовження до таблиці 2.4

Червень	709 841	1 313	307 825	172 813	481 594	2 463
Липень	714 053	1 235	245 529	148 219	585 475	999
Серпень	638 315	1 144	65 890	181 406	495 973	6 800
Вересень	549 086	1 048	32 789	186 594	392 108	13 421
Жовтень	491 623	1 044	22 938	123 438	379 924	1 140
Листопад	449 931	986	10 800	84 938	377 638	983

Тепер наведемо графічне зображення табличних даних споживання електричної та теплової енергії на рис. 2.1 – 2.2.

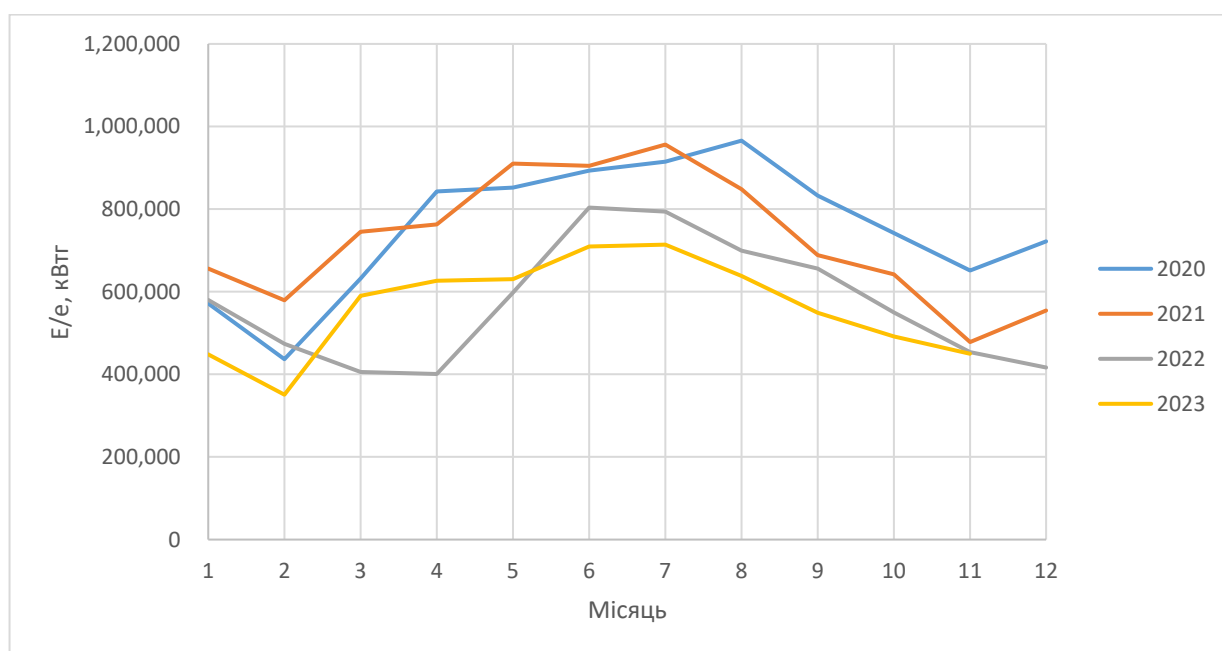


Рисунок 2.1 - Споживання електроенергії підприємством за 2020-2023 рр.

З рисунку 2.1 можна побачити, що споживання електроенергії демонструє сезонну циклічність - максимальні обсяги припадають на літні місяці (з червня по серпень), а мінімальні - на зимові (січень–лютий). Це пов'язано із сезонним збільшенням виробництва продукції у теплі періоди року, коли надходить більше сировини, а також активніше використовується холодильне обладнання.

Споживання електроенергії за 2020 р. найбільш рівномірне, зі зростанням до середини року (пікове значення у липні) та поступовим зниженням

до грудня. У 2021 році споживання було вищим, ніж у 2020 році, особливо влітку, що було пов'язано про збільшення виробничих обсягів або впровадження енергомісткого обладнання. Загальний рівень споживання у 2022 році знизився порівняно з 2021 роком більшою мірою через зменшення обсягів виробництва. За 2023 р. спостерігається значне зниження споживання електроенергії порівняно з попередніми роками, що пов'язано з оптимізацією виробничих процесів та зменшенням завантаженості підприємства.

Найбільші обсяги споживання фіксуються у липні та серпні - в цей період завод працює на максимальній потужності. На підприємстві спостерігається тенденція до поступового зниження споживання електроенергії, особливо у 2022-23 роках.

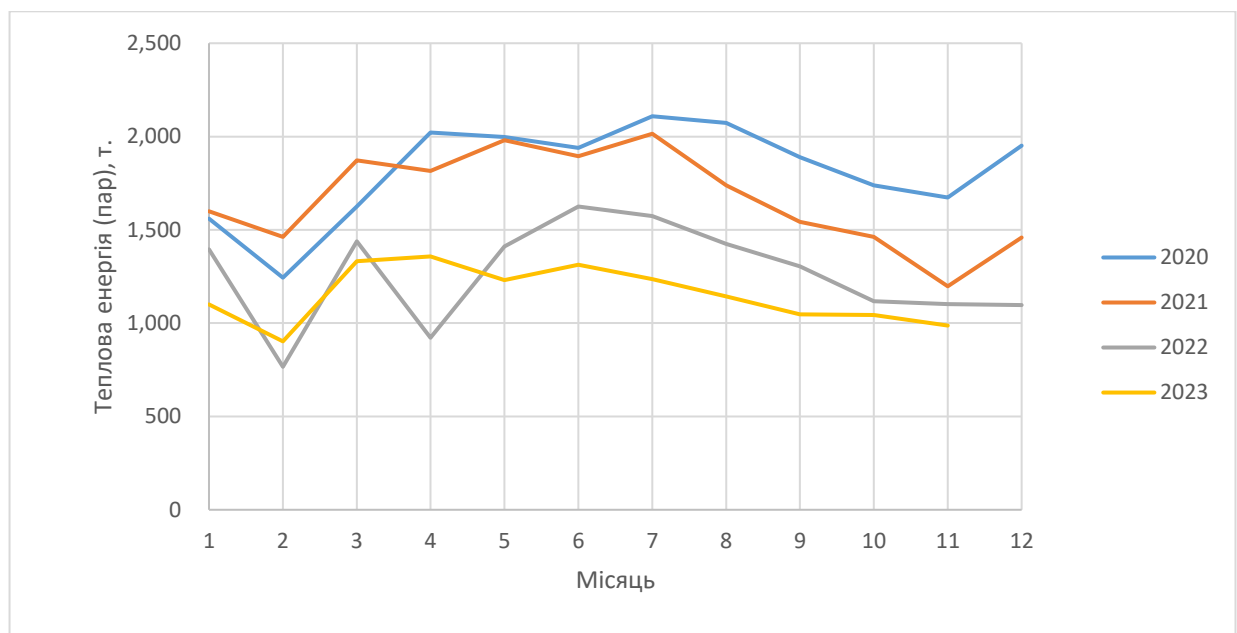


Рисунок 2.2 - Споживання теплової енергії (пари) підприємством за 2020-2023 рр.

У 2020 році споживання теплової енергії в середньому було найвищим серед розглянутих років. Пік використання припадає літні місяці (червень-липень), що пов'язано з активною виробничою діяльністю в цей період. Наприкінці року споживання дещо знижується. У порівнянні з 2020 роком, спостерігається зниження обсягів використання теплової енергії, особливо в останньому кварталі. Проте динаміка місячних змін залишається схожою до попереднього року.

Відзначається суттєве скорочення споживання теплової енергії у 2022 році. Порівняно з 2020 роком, середнє значення знизилося. Найбільші обсяги споживання спостерігалися у другому кварталі, але з третього кварталу видно тенденцію до значного зменшення. У 2023 році споживання теплової енергії досягло найнижчого рівня за всі роки. Протягом року обсяги залишаються стабільно низькими, що пов'язано з оптимізацією виробничих процесів та скороченням обсягів виробництва.

За аналізований період відбулося поступове скорочення використання теплової енергії. Найбільші обсяги теплової енергії використовуються влітку. Різне зниження у 2023 році може є результатом як оптимізації роботи підприємства, так і зовнішніх чинників.

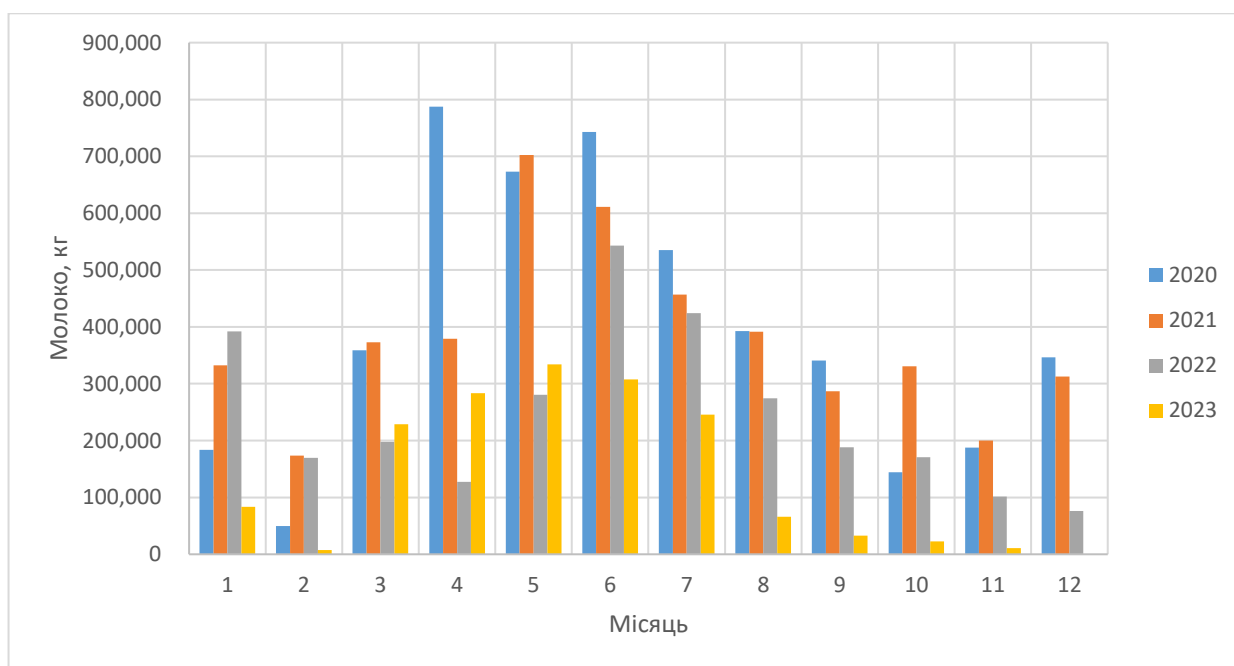


Рисунок 2.3 – Обсяги виробництва молока підприємством за 2020-2023 рр.

Згідно з представленим графіком на рис. 2.3, виробництво молока на підприємстві протягом 2020-23 років демонструє певну сезонність та коливання. Найбільші обсяги виробництва спостерігаються в період з квітня по червень, що пов'язано з весняно-літнім періодом лактації корів. Найменші обсяги виробництва фіксуються в зимові місяці (грудень-лютий).

2020 рік характеризується відносно стабільним виробництвом протягом року з незначним зниженням у зимовий період. В 2021 році тенденція на загальне зростання виробництва порівняно з 2020 роком, особливо в період з квітня по червень. Протягом 2022 року відзначається деяке зниження обсягів виробництва порівняно з піковим 2021 р., проте загальна тенденція залишається позитивною. В 2023 р. виробництво молока продовжує демонструвати коливання, проте загалом зберігається на рівні попередніх років.

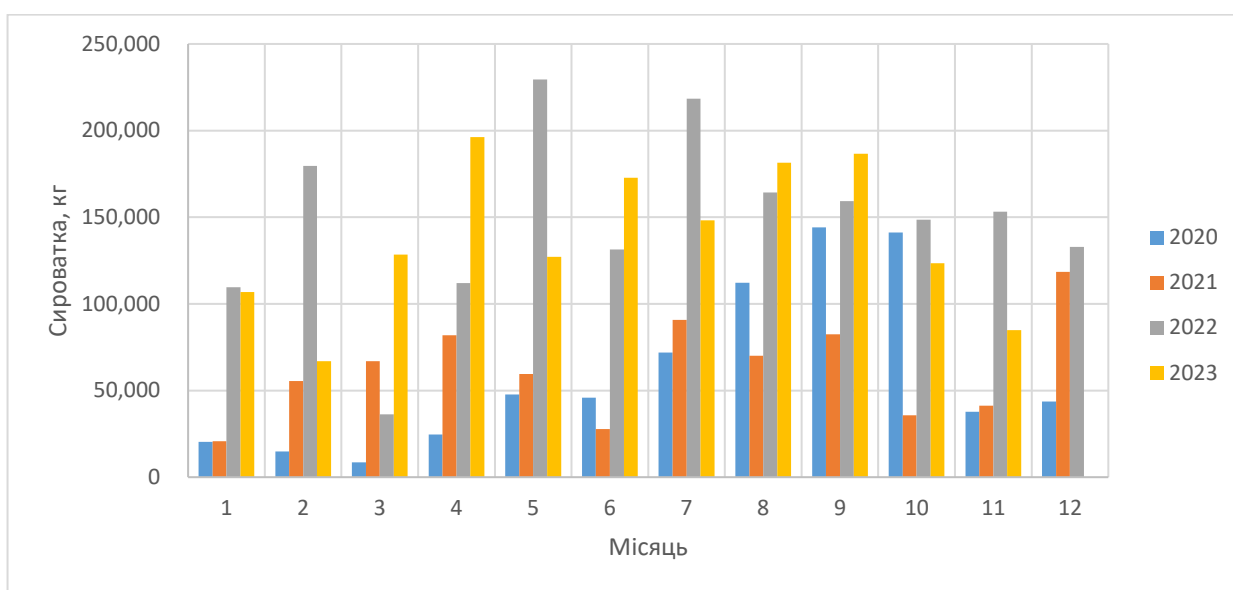


Рисунок 2.4 – Обсяги виробництва сироватки підприємством за 2020-2023 рр.

Виробництво сухої сироватки має виражену сезонну динаміку. Спостерігається значне зростання виробництва в літні місяці (червень-серпень) та зниження в зимові (грудень-лютий). Така сезонність пов'язана з особливостями технологічного процесу виробництва, а також з сезонними коливаннями постачання сировини.

Загалом, за період 2020-2023 років спостерігається тенденція до зростання виробництва сухої сироватки. Це може свідчити про збільшення обсягів переробки молока на заводі, розширення виробничих потужностей або підвищення попиту на цю продукцію.

Незважаючи на загальну тенденцію до зростання, виробництво сухої сироватки характеризується значною нестабільністю. Спостерігаються як періоди стрімкого зростання, так і періоди спаду. Це може бути пов'язано з різними факторами, такими як зміна попиту на ринку, технічні збої на виробництві, сезонні коливання та інші.

У 2020 році виробництво сухої сироватки демонструє значну сезонність, з піком влітку і мінімумом взимку. За 2021 р. спостерігається загальне зростання виробництва порівняно з 2020 роком, особливо в літні місяці. У 2022 р. виробництво продовжує зростати, досягаючи максимальних значень за весь період. Протягом 2023 р. виробництво залишається на високому рівні, хоча спостерігаються деякі коливання протягом року. Зростання виробництва пов'язане зі збільшенням попиту на суху сироватку як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках.

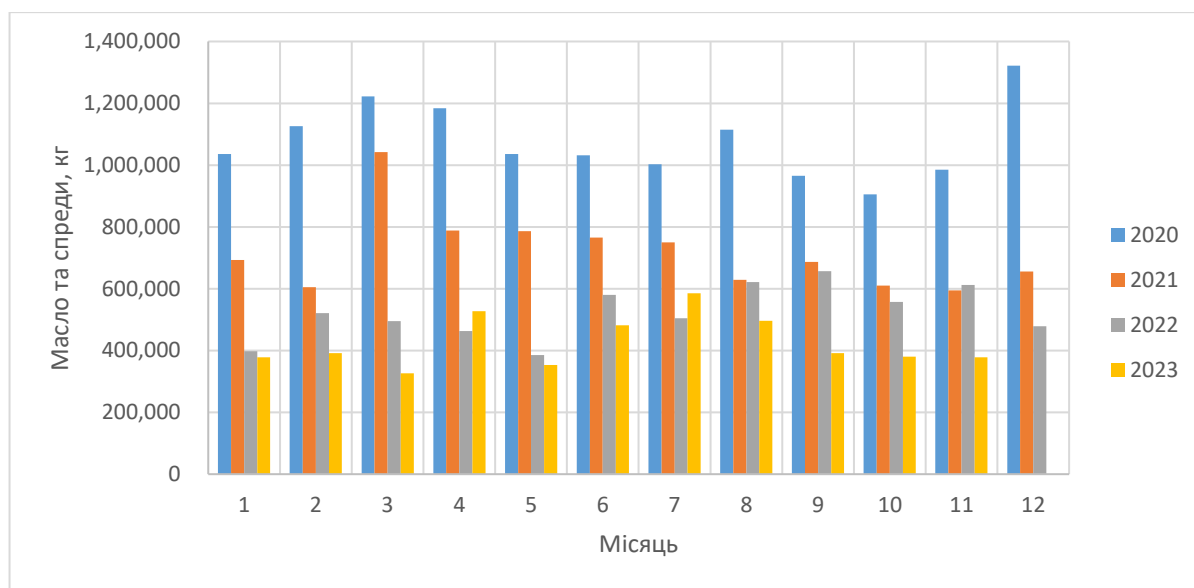


Рисунок 2.5 – Обсяги виробництва масла та спредів підприємством за 2020-2023 рр.

Виробництво масла та спредів має виражену сезонну динаміку. Спостерігається значне зростання виробництва в зимові місяці (грудень-лютий) та

зниження в літні (червень-серпень). Така сезонність може бути пов'язана з особливостями споживання цих продуктів.

Загалом, за період 2020-23 рр. спостерігається тенденція до зниження виробництва масла та спредів. Виробництво масла та спредів характеризується значною нестабільністю. Спостерігаються як періоди стрімкого зниження, так і періоди незначного зростання. Це пов'язано з різними факторами, такими як зміна попиту на ринку, технічні збої на виробництві, сезонні коливання та інші.

За 2020 рік виробництво масла та спредів демонструє значну сезонність, з піком взимку і мінімумом влітку. В 2021 р. спостерігається загальне зниження виробництва порівняно з 2020 р. Протягом 2022 р. виробництво продовжує знижуватися, досягаючи мінімальних значень за весь період. За 2023 рік виробництво залишається на низькому рівні, хоча спостерігаються деякі коливання протягом року.

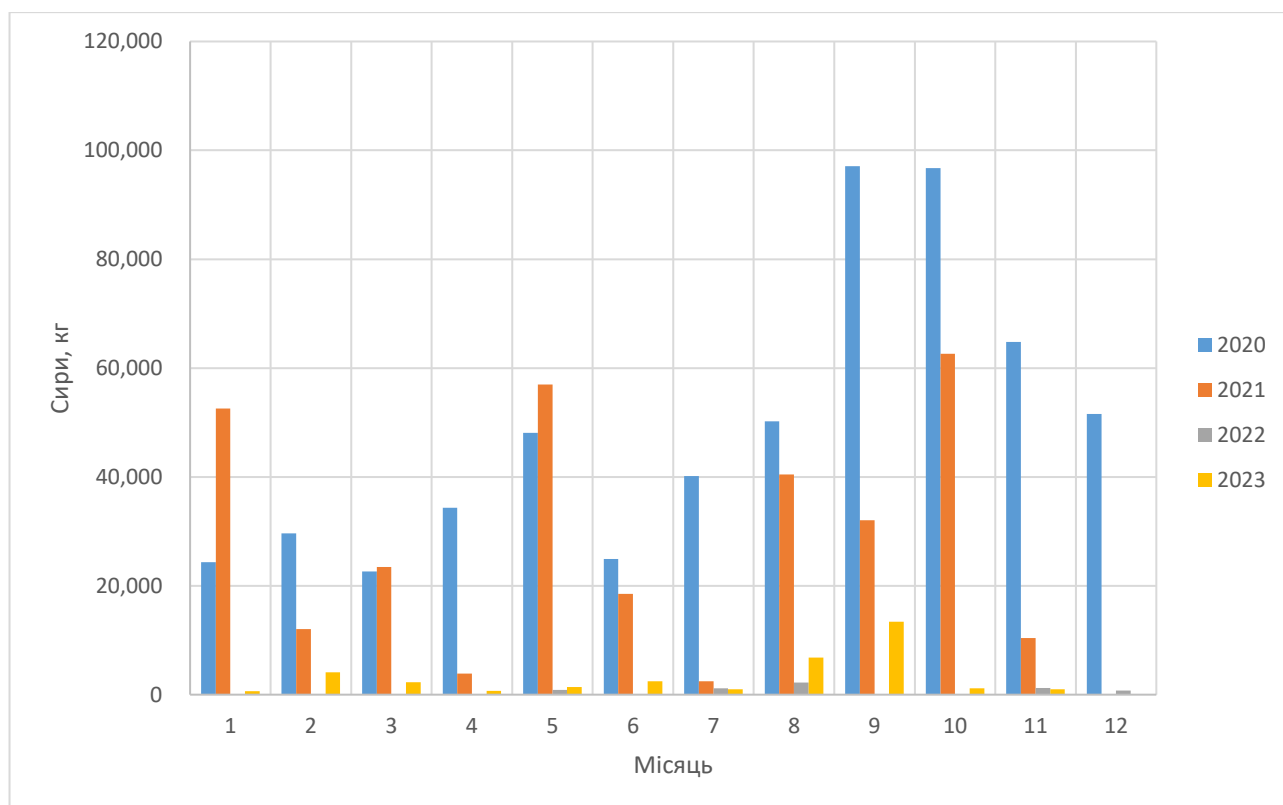


Рисунок 2.6 – Обсяги виробництва сирів підприємством за 2020-2023 рр.

Процес виробництва твердих сирів має певну сезонну динаміку, хоча вона не настільки виражена, як у випадку з іншими молочними продуктами. Спостерігається деяке зростання виробництва в літні місяці (червень-серпень) та зниження в зимові (грудень-лютий).

Загалом, за період 2020-23 років спостерігається стійка тенденція до зниження виробництва твердих сирів, що особливо помітно з початку 2022 року, коли виробництво практично зупинилося. Виробництво твердих сирів характеризується значною нестабільністю, особливо в період 2020-21 рр. Спостерігаються як періоди стрімкого зростання, так і періоди різкого спаду.

За 2020 р. виробництво твердих сирів демонструє деяку сезонність, з незначним піком влітку. У 2021 р. спостерігається загальне зниження виробництва порівняно з 2020 роком. Протягом 2022 р. виробництво різко скорочується і практично зупиняється з середини року. З початку 2023 р. спостерігається поступове відновлення виробництва, хоча обсяги залишаються значно нижчими порівняно з попередніми роками.

2.3. Ідентифікація основних споживачів енергії

В даному пункті наведемо інформацію про ключових споживачів електричної та теплової енергії для того, щоб мати уявлення в яких процесах присутній найбільший потенціал для енергозбереження.

Нижче, в табл. 2.5 представлено основні групи споживачів електричної енергії та обсяги споживання ними електроенергії.

Таблиця 2.5 – Основні споживачі електричної енергії

№	Назва групи споживачів	Які основні визначальні змінні?	кВт-год на рік	% від заг. споживання
1	Обладнання цеху сухого знежиреного молока (СЗМ)	Погодні умови, кількість виробленої продукції, тривалість роботи	1 778 700	23%

Продовження до таблиці 2.5

2	Обладнання аміачно- компресорного цеху	Погодні умови, кількість виробленої продукції, тривалість роботи	1 966 563	25 %
3	Обладнання апаратного цеху	Погодні умови, кількість виробленої продукції, тривалість роботи	671 931	9 %
4	Обладнання масло цеха	Погодні умови, кількість виробленої продукції, тривалість роботи	738 270	9 %
5	Обладнання холодильних камер	Погодні умови, кількість продукції та сировини, тривалість роботи	1 211 825	15 %
6	Обладнання цеху виробництва твердих сирів	Погодні умови, кількість продукції та сировини, тривалість роботи	508 299	6 %
7	Обладнання котельного комплексу	Погодні умови, кількість продукції та сировини, тривалість роботи	185 896	2 %
8	Освітлення	Денне світло і кількість людей	17 536	0 %
9	Вентиляційне обладнання	Погодні умови, кількість продукції та сировини, тривалість роботи	96 462	1 %
10	Насосне обладнання (водопостачання та водовідведення)	Кількість перекаченої води, погодні умови, тривалість роботи	322 605	4 %
11	Переносне обладнання	Погодні умови, кількість виробленої продукції, тривалість роботи	72 222	1 %
12	Інше обладнання	N.A.	62 767	1 %
	Загальне споживання СВЕ		7 480 551	98 %

Тепер представимо табличні дані щодо основних споживачів електроенергії у вигляді секторної діаграми на рис. 2.7.



Рисунок 2.7 – Розподіл споживачів е/е за обсягами споживання

Отже, серед найбільших споживачів електроенергії можемо виділити наступні:

- **Цехи сухого знежиреного молока** - споживають 23 % від загального обсягу, що пов'язано з енергоємними процесами сушіння і знежирення молока;
- **Аміачно-компресорний цех** - споживає 25 %, що свідчить про значні енерговитрати на охолодження та підтримку низьких температур у технологічному процесі.
- **Апаратний цех** - споживає 9 %, що пов'язано з роботою пастеризаторів, сепараторів та іншого обладнання;
- **Масляний цех** - споживає 9 %, що пов'язано з процесами збивання вершків, формування масла та його пакування;
- **Холодильні камери** споживають 15 %, що свідчить про значні енерговитрати на підтримку низьких температур для зберігання молочної продукції.

Загалом, найбільшу частку в споживанні електроенергії становлять цехи, пов'язані з наступними процесами:

- **Охолодженням та заморожуванням** - аміачно-компресорний цех, холодильні камери;
- **Термічною обробкою** - цехи сухого знежиреного молока, апаратний цех;
- **Механічною обробкою** - масляний цех.

Тепер наведемо основні напрямки споживання теплової енергії та кількісні показники обсягів споживання у табл. 2.6.

Таблиця 2.6 – Суттєві споживачі теплової енергії

№	Назва СВЕ	Які основні визначальні змінні?	кВтг на рік	% від заг. споживання
1	Теплова енергія (газ на виробництво пари)	Погодні умови, кількість виробленої продукції, тривалість роботи	7 483 033	43%
2	Теплова енергія (газ на Сушіння СЗМ)	Погодні умови, кількість виробленої продукції, тривалість роботи	3 882 023	22%
3	Теплова енергія (дрова/тирса)	Погодні умови, кількість виробленої продукції, тривалість роботи	6 164 538	35%
	Загальне споживання СВЕ		17 529 594	100%

Далі покажемо табличні дані у формі секторної діаграми (див. рис. 2.8) за обсягами споживання теплової енергії.

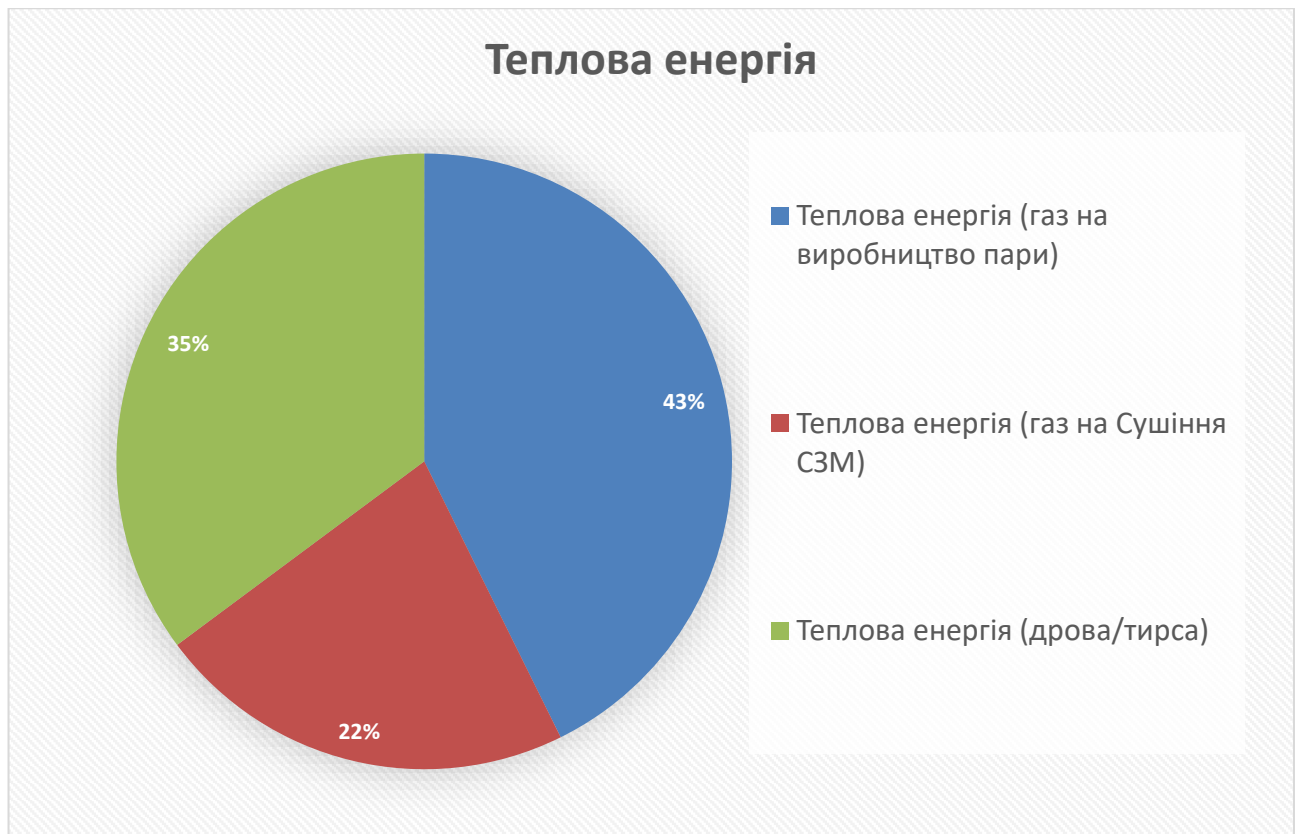


Рисунок 2.8 - Розподіл споживачів теплової енергії за обсягами споживання

Отже, згідно табличних даних та отриманої діаграми, до процесів, що потребують наразі найбільше теплової енергії належать:

1. Виробництво пари – це 43% від загального обсягу, що вказує на значні енерговитрати на парогенерацію, яка використовується для теплової обробки, стерилізації та інших технологічних процесів;
2. Сушіння СЗМ - 22% від загального обсягу споживання, що свідчить про значні енерговитрати на процес сушіння;
3. Використання дров/тирси - 35% від загального обсягу споживання, що використовується для виробництва теплоносія або як додаткове паливо в котлах.

Загалом, найбільшу частку в споживанні теплової енергії становлять процеси, пов'язані з тепловою обробкою – на виробництво пари та процеси сушіння, іноді як додаткове паливо.

2.4 Визначення базових рівнів енергоспоживання на підприємстві

Базовий рівень енергоспоживання - це такий кількісний показник для обчислення обсягів економії енергії, який застосовується як точка відліку для відображення енергоспоживання до і після впровадження заходів з енергоефективності та енергозбереження, шляхом порівняння рівнів досягнутої та досяжної енергоефективності. Він визначається використовуючи показники енергоефективності для виробничих підрозділів, систем, процесів або обладнання та підприємства в цілому. БРЕ встановлюють для певного проміжку часу, що називається періодом дії базового рівня.

Базовий рівень енергоспоживання має бути унормованим з використанням параметрів, що впливають на енерговикористання та/чи енергоспоживання, наприклад рівень виробництва продукції, кількість градусо-днів тощо як на рис. 2.9. [13]

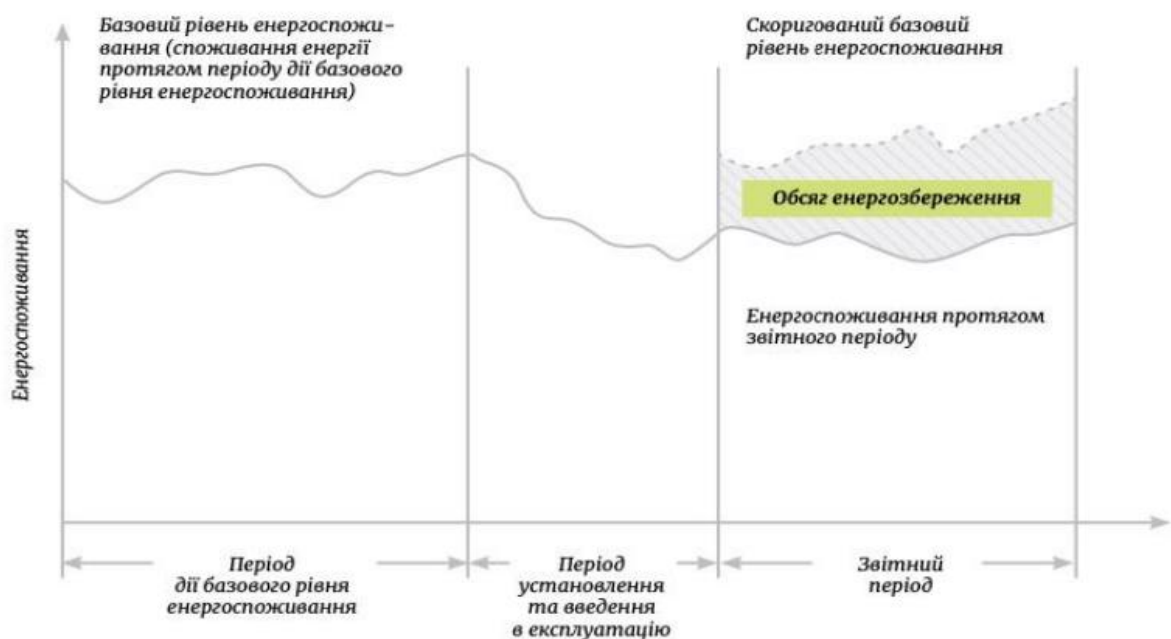


Рисунок 2.9 - Застосування базового рівня енергоспоживання

Для знаходження базового рівня енергоспоживання проводимо регресійний аналіз за допомогою інструменту Microsoft Excel. Результати заносимо до таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Базові рівні енергоспоживання

Електроенергія			
	Коефіцієнти	Р-величина	Скоригований R2
Перетин	1046605.17	0.03168457	0.99
Теплова енергія (пар)	592.2829201	0.012693794	
Сухе знежирене молоко	0.190998227	0.049865394	
Суша сироватка	-0.707852608	0.033641705	
Масло та спреди	0.258583133	0.023620306	
Сир твердий та ПСТ	3.733477904	0.044218383	
Кількість людей	-5072.596374	0.026385081	
HDD 8	172.0620568	0.058206978	
CDD 23	-428.5181876	0.062138337	
CDD 2	274.977475	0.016195868	
Теплова енергія			
	Коефіцієнти	Р-величина	Скоригований R2
Перетин	659.9942723	0.001395603	0.88
Сухе знежирене молоко	0.000699481	0.01479604	
Суша сироватка	0.002650415	0.023540511	
Масло та спреди	-0.000301176	0.313917795	
Сир твердий та ПСТ	-0.012093174	0.136275659	
HDD 8	0.278831604	0.276950209	

2.5 SWOT-аналіз щодо перспективи впровадження технологій енергозбереження на підприємстві

Ефективне впровадження технологій енергозбереження на підприємствах залежить від багатьох внутрішніх і зовнішніх факторів. Для оцінки потенціалу та ризиків такого впровадження необхідно розглянути як сильні, так і слабкі сторони підприємства, а також зовнішні можливості та загрози. Проведений SWOT-аналіз в табл. 2.8 дозволяє виявити, які аспекти потребують удосконалення,

де зосередити зусилля для максимального ефекту, та які зовнішні виклики потрібно врахувати.

Таблиця 2.8 - SWOT-аналіз

Сильні сторони	Слабкі сторони	Можливості	Загрози (ризики)
Зацікавленість вищого керівництва компанії у підвищенні рівня енергоефективності, зменшенні витрат на ПЕР та підвищенні надійності енергозабезпечення компанії	Недостатній рівень знань персоналу компанії щодо процедури впровадження системи енергоменеджменту на базі ДСТУ ISO 50001:2018	Підвищенні рівня енергоефективності та зменшенні витрат на ПЕР в компанії	Умови роботи під час війни - збільшення енергоспоживання через перебої з енергопостачання
Підтримка з боку вищого керівництва компанії для зменшення витрат і підвищення рівня енергоефективності виробництва компанії	Недостатній рівень знань персоналу компанії щодо встановлення адекватних показників енергоефективності на рівні окремих суттєвих використань енергії, а також кількісного їх визначення	Зменшення викидів парникових газів від зменшення споживання ПЕР	Ризик зростання вартості продукції у зв'язку зі зміною курсу валют
Залучення вищого керівництва компанії до процесу керування енергоефективністю компанії.	Відсутність достатньої кількості точок обліку енергоспоживання по всім суттєвих використань енергії	Підвищення ймовірності впровадження проектів з енергоефективності.	Зростання вартості енергоресурсів

Продовження до таблиці 2.8

Наявність щорічної програми щодо підвищення енергоефективності.	Відсутність достатньої кількості кваліфікованого персоналу, що впливає на суттєві використання енергії.	Вище керівництво прагне до результатів у плані покращення енергоефективності.	Умови роботи під час війни – відсутність безперебійного енергопостачання.
Позитивний попередній досвід в проведенні енергоаудитів та впровадженні заходів з енергоефективності.	Недостатній рівень вмотивованості персоналу компанії у підвищенні рівня енергоефективності в межах їх виробничої діяльності.	Інтеграція діяльності з енергетичного менеджменту загальну систему управління компанією	Обмеженість наявного фінансування для впровадження запланованих проєктів з енергоефективності.
Наявність системи збору та оброблення пропозицій від персоналу щодо можливостей підвищення енергоефективності.	Відсутня процедура встановлення базового рівня енергоспоживання та адекватних показників енергоефективності на рівні окремих суттєвих використань енергії, а також кількісного їх визначення.	Покращення оперативного контролю компанії з точки зору енергоефективності.	Можливе збільшення викидів парникових газів при використанні дизель-генераторів.
Регулярний моніторинг рахунків за енергоресурси та координація з оперативним персоналом. Проведення поточного	Недостатній рівень знань персоналу компанії (експлуатаційний та обслуговуючий персонал, включаючи зовнішніх підрядників,	Завдання, пов'язані з енергетикою, повністю розподіляються та розуміються всіма членами команди з енергоменеджменту. Інші в організації	Необхідність значних фінансових витрат на встановлення вузлів обліку енергоспоживання.

Продовження до таблиці 2.8

моніторингу споживання ПЕР, принаймні, на щомісячній основі (абсолютне споживання відстежується і повідомляється вищому керівництву).	повністю не навчений, не має достатніх навичок в енергетичних операціях) щодо можливостей з поліпшення енергорезультативності компанії.	також знають свої ролі.	
Залученість менеджменту до комунікації з персоналом щодо економного використання енергоресурсів.	Управління енергією повністю неінтегроване в повсякденні функції людей.	Підвищення рівня обізнаності персоналу компанії щодо своїх ролей у діяльності з енергоменеджменту. Весь задіяний персонал має достатньо часу, щоб виконати свої ролі та зобов'язання.	Відсутність на ринку праці достатньої кількості працівників з високим рівнем самомотивації та кваліфікації.
Вмотивована команда з енергоменеджменту, яка має достатньо компетентності для впровадження системи енергоменеджменту.	Відсутні робочі процедури щодо здійснення моніторингу енергетичних параметрів та коригувальних дій.	В компанії налагоджена координація діяльності між відділами проектування, закупівель та виробничими процесами, а сама процедура цієї координації задокументована.	Відсутність або обмеженість на ринку України постачальників обладнання та послуг, необхідних для реалізації проєктів з енергоефективності.

Продовження до таблиці 2.8

	Інвестиції лише в можливості з енергоефективності з швидкою окупністю. Немає довгострокової стратегії інвестування в енергоефективність.	Врахування неенергетичних переваг під час оцінки доцільності впровадження проєктів з енергоефективності	
	Постійні заплановані комунікації та підвищення обізнаності між командою з енергоменеджменту та вищим керівництвом та всіма співробітниками не проводяться в достатній мірі.	Вище керівництво прагне до результатів у плані покращення енергоефективності.	
	Енергоефективна культура в компанії має рівень нижче середнього	Персонал відчуває свою відповідальність за енергоефективність та постійно покращує свою поведінку у цій сфері.	
	Енергетична політика написана, але не опублікована та недоведена до відома всього персоналу	Фінансові ресурси, дані та технології підтримуються вищим керівництвом	

Висновки до розділу 2

Аналіз поточного стану енергоспоживання на підприємстві дозволив виявити основні тенденції, сильні та слабкі сторони, а також можливості та загрози впровадження енергозберігаючих заходів.

Підприємство демонструє значну залежність від електричної та теплової енергії, особливо для технологічних процесів, таких як сушіння, пастеризація та охолодження. Спостерігається тенденція до зниження загального обсягу споживання енергії у 2022–2023 роках завдяки оптимізації виробничих процесів.

Найбільшими споживачами електроенергії є компресорний цех, холодильні установки та цех виробництва сухого знежиреного молока. Теплова енергія використовується переважно для виробництва пари та процесів сушіння. Використання регресійного аналізу дозволило отримати точні базові рівні енергоспоживання, які стануть основою для оцінки ефективності енергозберігаючих заходів.

Згідно SWOT-аналізу були виділені сильні та слабкі сторони. Сильні сторони: Зацікавленість керівництва, наявність базових елементів енергоменеджменту та досвід у впровадженні енергоефективних заходів. Слабкі сторони: Низький рівень обізнаності персоналу, недостатня кількість точок обліку енергоспоживання та відсутність довгострокової стратегії інвестування. Можливості: Державна підтримка, впровадження інноваційних технологій та інтеграція енергоменеджменту в загальну систему управління. Загрози: Економічна нестабільність, зростання вартості енергоресурсів, обмежений доступ до фінансування та постачальників обладнання.

Підприємство має великий потенціал для підвищення енергоефективності через оптимізацію процесів та впровадження сучасних технологій. Для успішної реалізації заходів необхідно усунути слабкі сторони, зокрема підвищити компетенцію персоналу, розширити систему обліку енергоспоживання та впровадити довгострокову стратегію енергоменеджменту. Зменшення енерговитрат дозволить підприємству підвищити конкурентоспроможність продукції та знизити вплив на навколишнє середовище.

3 ВИБІР МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОГНОЗУВАННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

3.1 Огляд літературних джерел та методологій розрахунку обсягів енергозбереження

Для проведення підрахунку прогнозованих обсягів енергозбереження застосуємо наступні стандарти: ISO 50046 «General methods for predicting energy savings» [14], ДСТУ ISO 17741:2017 Загальні технічні правила вимірювання, розрахунку та верифікації обсягів енергозбереження в проєктах (ISO 17741:2016, IDT) [15] та ДСТУ ISO 17743:2017 Енергозбереження. Визначення методологічної основи розрахунку та звітності щодо обсягів енергозбереження (ISO 17743:2016, IDT) [16].

ISO 50046 визначає загальні методи розрахунку прогнозованої обсягів енергозбереження (PrES). Він також описує процес, результатом якого має стати PrES, що задовольняє відповідні зацікавлені сторони. Він призначений для використання після визначення можливостей для покращення енергоефективності, але до впровадження заходів з енергозбереження (ЗЕЕ). Таким чином, він призначений для використання при виборі або визначенні ЗЕЕ або плану дій, програми чи політики, які будуть впроваджуватися в подальшому.

Розрахунок PrES може здійснюватися окремо або як частина більш комплексної оцінки. Останній випадок потребує застосування більшої кількості стандартизованих методологій та літературних джерел. Цей документ ґрунтується на загальних принципах, викладених у стандарті ISO 17743, який забезпечує методологічну основу для розрахунку та звітування про енергозбереження. ISO 50047 розглядає розрахунок енергозбереження на рівні організацій. ISO 17741 стосується загальних технічних правил для вимірювання, розрахунку та перевірки енергозбереження в проєктах. У цьому документі використовується відмінність між методами, заснованими на

вимірах, і методами, заснованими на показниках (або на загальному споживанні). Він розрізняє рівні агрегування енергозбереження: або одиничний рівень (захід чи проєкт), або агрегований рівень (план дій, програма чи політика). Цей документ описує процес підвищення прозорості даних і розрахунків, що використовуються для прогнозування енергозбереження.

У стандарті ISO 50046 наводяться наступні приклади використання рознарованих PrES:

- для вибору серед можливостей енергозбереження;
- для прийняття інвестиційних рішень;
- для обліку енергозбереження (наприклад, сертифікати енергозбереження).

Незалежно від обраних методів, валідація та документування розрахунків PrES додають цінності, підвищуючи їх достовірність та надійність. Цей документ починається з розрахунку PrES на рівні окремого ЗЕЕ або групи ЗЕЕ, які будуть спільно впроваджуватися на одному об'єкті або однією організацією чи кінцевим споживачем енергії. Ці унітарні PrES можуть бути агреговані для розрахунку PrES плану дій, програми або політики, що розглядаються, з урахуванням питань причинно-наслідкового зв'язку, де це можливо. Для розрахунку PrES, ЗЕЕ у цьому стандарті представлено три різні методи, які класифікуються як емпірична оцінка, статистичне моделювання та інженерне моделювання. Ці методи можуть бути застосовані до різних типів ситуацій.

Розглядаються дві загальні ситуації:

- конкретний контекст не відомий заздалегідь, або
- оцінюється багато ЗЕЕ, що робить дуже складним або дорогим збір контекстно-специфічних даних для кожного окремого заходу.

У даному стандарті пояснюються цілі, контекст і принципи розрахунку PrES; описується підготовка процесу розрахунку (попередній етап); процес розрахунку на рівні окремих ЗЕЕ; додаткові кроки, необхідні для

агрегування PrES плану дій, політики або програми; вказівки щодо аналізу якості та невизначеності.

3.2 Визначення вимог до математичної моделі та цілей прогнозування

Вибір методу розрахунку залежить від контексту та цілей розрахунку прогнозованих обсягів енергозбереження (PrES). Перед обчисленням PrES слід визначити цілі згідно ISO 50046:

- прийняття інвестиційних рішень на попередній стадії (приблизний розрахунок для визначення можливостей ЗЕЕ);
- ранжування ЗЕЕ під час розробки плану заходів;
- прийняття остаточних інвестиційних рішень (необхідна детальна або комплексна оцінка);
- моніторинг продуктивності системи енергоменеджменту (СЕНМ) або контракту на ефективність використання енергії (для подальшого порівняння прогнозованих і фактичних обсягів енергозбереження).

Під час прийняття рішення слід враховувати переваги, ризики, витрати або інші фактори, які впливають на точність, своєчасність або вартість розрахунку PrES.

В даній роботі ми розглянемо розрахунок для прийняття інвестиційних рішень на початковій стадії та ранжування ЗЕЕ під час розробки плану заходів.

Прогнозування обсягів енергозбереження є критично важливим для забезпечення ефективності функціонування підприємств молочної галузі. Основні цілі включають:

1. Зменшення витрат на енергоресурси - завдяки точним прогнозам підприємства можуть оптимізувати свої витрати на енергію, що сприяє зниженню загальних операційних витрат;

2. Оптимізація використання енергетичних ресурсів - ефективне розподілення енергоресурсів на основі прогнозних даних дозволяє уникати перевитрат або дефіциту енергії;

3. Підвищення енергоефективності - використання математичних моделей сприяє ідентифікації найбільш ефективних технологій та процесів, що позитивно впливає на екологічність виробництва;

4. Стратегічне планування - прогнозування обсягів енергозбереження дозволяє підприємствам планувати довгострокові інвестиції в модернізацію обладнання або використання альтернативних джерел енергії.

Для забезпечення відповідності математичних моделей специфіці молочної галузі, необхідно врахувати такі ключові вимоги:

1. Точність прогнозів:

- Прогнозні моделі повинні враховувати сезонні коливання споживання енергії, пов'язані з періодами активного виробництва молочних продуктів.

- Помилка прогнозу не повинна перевищувати встановленого рівня (наприклад, до 5-10 %), щоб забезпечити прийнятність результатів для управлінських рішень.

2. Надійність моделі:

- Математична модель повинна бути адаптивною до змін у виробничих процесах, таких як впровадження нових технологій або змін у кількості продукції.

- Забезпечення можливості виявлення аномалій у споживанні енергії (наприклад, через несправності обладнання).

3. Періодичність прогнозів:

- Для оперативного управління енергоресурсами потрібні короткострокові прогнози (від декількох годин до декількох днів).

– Для стратегічного планування рекомендується розробка довгострокових прогнозів (на місяці чи роки), що дозволяють враховувати тенденції та зміни у споживанні енергії.

3.3 Підготовка та вибір математичної моделі

Згідно ISO 50046, розрахунок PrES - це ітеративний процес, який використовується для досягнення визначеної попередньої мети. Необхідна кількість ітерацій залежить від складності розглянутих ЗЕЕ. На Рис. 3.1 показано цей ітераційний процес для загального випадку.

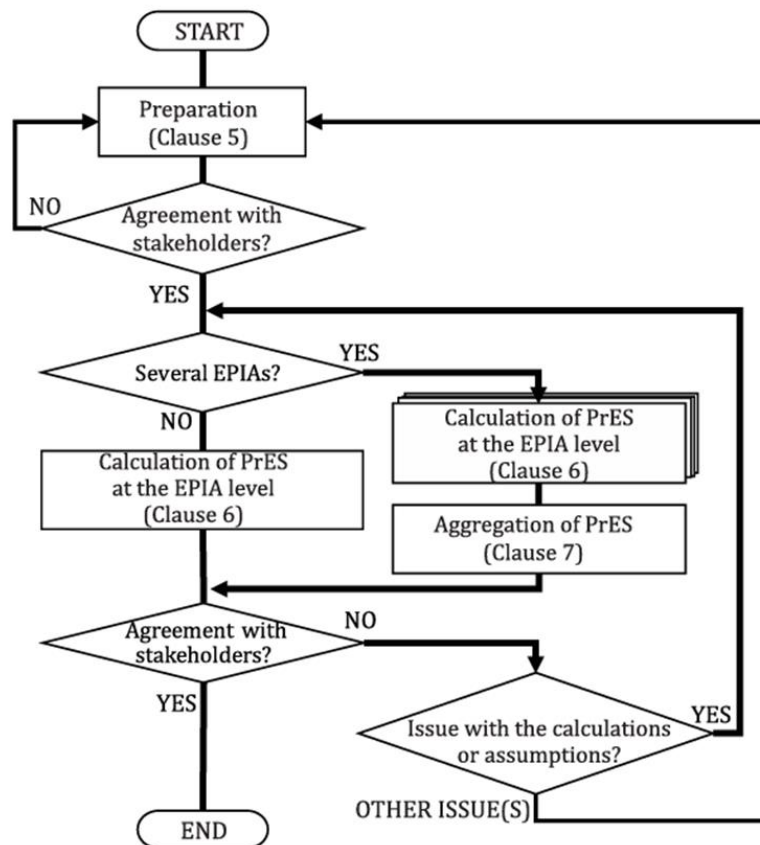


Рисунок 3.1 – Блок-схема ітераційного процесу розрахунку обсягів енергозбереження [14]

Відображений процес призначений для використання під час розробки або уточнення розрахунків ЗЕЕ. Ця блок-схема описує ключові аспекти, які слід враховувати при підготовці до розрахунку PrES та під час вибору методу розрахунку (рис. 3.2). Це стосується розрахунку PrES в обох випадках: на рівні окремих ЗЕЕ та для агрегованих PrES з плану дій, програми або політики.

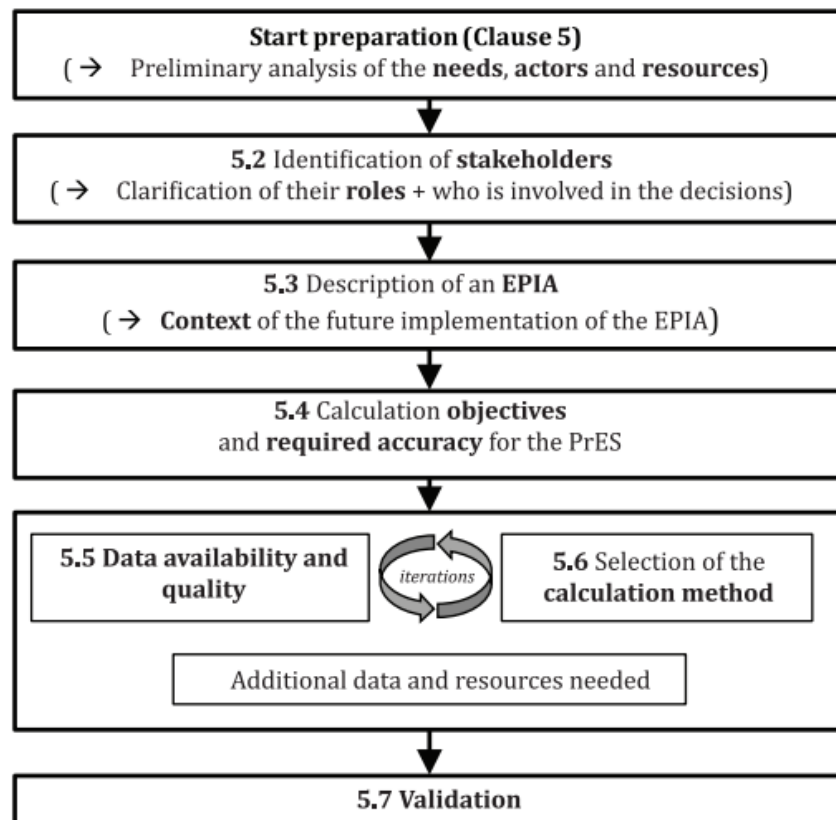


Рисунок 3.2 – Огляд процесу підготовки [14]

Ітерації можуть знадобитися у разі виникнення розбіжностей між зацікавленими сторонами або під час вибору методу розрахунку, якщо не вдається знайти рішення, яке б відповідало вимогам до даних.

Аналіз використання енергетичних ресурсів був зроблений у попередньому розділі 2. Тепер визначаємо основні зацікавлені сторони у впровадженні заходів енергозбереження на українському підприємстві молочної галузі.

Основною стороною є керівництво підприємства, яка прийматиме рішення про впровадження заходів, шукати фінансування та контролювати процес реалізації. Основною мотивацією для них є зменшення витрат на енергоносії, підвищення конкурентоспроможності підприємства, покращення іміджу. Основними обмеженнями для прийняття позитивного рішення може стати доступні бюджетні кошти та необхідність збереження виробничих процесів. Другою важливою зацікавленою стороною на підприємстві є енергетики, які проводять енергетичні аудити, розраховують заходи з енергозбереження та контролюють їх виконання.

Важливими зовнішніми зацікавленими сторонами є держава та інвестори, які зацікавлені в отриманні найвищої економії, що стимулюватиме економіку країни та окупність вкладених коштів відповідно.

Далі йдуть постачальники обладнання та послуг, які постачатимуть нове обладнання та надаватимуть консультаційні послуги.

Окрім безпосередніх учасників процесі, ще можна виділити громадські організації, які проводять інформаційно-просвітницьку роботу та контролюють дотримання екологічних норм.

Впровадження заходів енергозбереження на українському підприємстві молочної галузі вимагає узгоджених дій всіх зацікавлених сторін. Ефективність впровадження заходів енергозбереження залежить від взаємодії всіх зацікавлених сторін. Кожна зі сторін має свої інтереси та обмеження, тому для досягнення успіху мають бути знайдені компромісні рішення. Необхідно забезпечити прозорість процесу прийняття рішень, відкритість інформації та координацію дій всіх учасників.

Метою проведення розрахунку є визначення найбільш економічно обґрунтованих заходів з енергозбереження для впровадження в умовах обмеженого фінансування.

В даній роботі не ставиться за мету провести розрахунок для остаточного прийняття рішень для інвестування заходів, тільки попередня оцінка доцільності подальшої ґрунтовного техніко-економічного

обґрунтування запропонованих заходів з енергоефективності та енергозбереження на основі методології міжнародного стандарту, який наразі не імплементовано в Україні.

Отже, далі складемо попередній список можливих заходів з енергозбереження для підприємства моолочної галузі з описом мети впровадження та впливу на споживання енергетичних ресурсів та відобразимо його в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Список заходів з енергозбереження на підприємстві

Назва проєкту	Суттєве споживання енергії	Неенергетичні переваги
Встановлення обладнання для хімічної деаерації води в котельні	Обладнання котельного комплексу	Зниження рівня корозії в пароконденсатних магістралях та арматурі
Використання теплової енергії від компресорів для нагріву води (попереднього нагріву) гарячого водопостачання.	Компресорне обладнання	Стабільне постачання електроенергії, самостійне отримання теплової енергії
Встановлення замість парових калориферів - обладнання для відбору теплого повітря з центральної магістралі теплого повітря сушилки.	Обладнання цех сухого знежиреного молока	Оптимізація паро конденсатного обладнання
Усунення втрат стисненого повітря, заміна фітінгів та швидкоз'ємних з'єднань	Компресорне обладнання	Поліпшить умови праці за рахунок зменшення фонових шумів від стисненого повітря
Встановлення датчиків руху на ввімкнення освітлення	Освітлення	Усуне зайві рухи на увімкнення та вимкнення освітлення

Продовження таблиці 3.1.

Відновлення цілісності та безперервність теплоізоляційного покриття трубопроводів	Компресорне обладнання	Покращення зовнішнього вигляду комунікацій в приміщенні
Заміна аміачного компресора (морально застарілого та технічно зношеного) на новий поршневий агрегат з вмонтованим частотним регулятором холодопродуктивності)	Компресорне обладнання	Продовження терміну експлуатації обладнання

В наступному пункті 3.4 підрахуємо можливі обсяги енергозбереження для кожного вказаного в таблиці заходу.

3.4 Розрахунок заходів з енергозбереження

Розглянемо детальніше заходи зі списку в табл. 3.3.1.

1. Встановлення обладнання для хімічної деаерації води в котельні.

Суть заходу полягає в заміні термічної деаерації - нагрівання води в деаераторі паром - на хімічну деаерацію [17]. При застосуванні хімічної деаерації води замість термічної відпадає потреба витратити теплоту пару на нагрівання води, зменшуються витрати електроенергії, що є більш економічним, простим та надійним в експлуатації.

Отже, після заміни методу деаерації води, зменшення витрати пари становитиме 10% від кількості виробленої за добу пари дорівнюватиме 32 000 м³ газу на вироблення пари на рік.

Орієнтовна загальна вартість впровадження заходу на підприємстві – 7000 \$ [18]. Курс доллара для розрахунку приймаємо 44 грн.

Розрахуємо річну економію газу в грошовому еквіваленті за наступною формулою:

$$E = 32000 \cdot 17 = 544\,000 \text{ грн}, \quad (3.2)$$

де тариф на газ – 17 грн/м³.

Далі визначаємо простий період окупності заходу:

$$T_{\text{ок}} = \frac{7000 \cdot 44}{544\,000} = 0,6 \text{ року}. \quad (3.3)$$

Встановлення обладнання для хімічної деаерації води має достатньо швидкий термін окупності і може розглядатися до впровадження.

2. Використання теплової енергії від компресорів для нагріву води (попереднього нагріву) гарячого водопостачання.

Цей захід дасть можливість повністю перестати споживати централізовану електроенергію, що складе 31 000 кВт-год/рік.

Орієнтовна загальна вартість впровадження заходу на підприємстві – 15000 \$ [19]. Курс доллара для розрахунку приймаємо 44 грн.

Розрахуємо річну економію електроенергії в грошовому еквіваленті за наступною формулою:

$$E = 31000 \cdot 6 = 186\,000 \text{ грн}, \quad (3.4)$$

де тариф на електроенергію – 6 грн/кВт-год.

Далі визначаємо простий період окупності заходу:

$$T_{\text{ок}} = \frac{15\,000 \cdot 44}{186\,000} = 3,5 \text{ року}. \quad (3.5)$$

Встановлення рекуператора має достатньо швидкий термін окупності і може розглядатися до впровадження.

3. Заміна аміачного компресора на новий поршневий агрегат з вмонтованим частотним регулятором холодопродуктивності).

Після заміни обладнання, ефективність використання енергії, зниження споживання електроенергії складе 31 500 кВт-год/рік.

Орієнтовна загальна вартість впровадження заходу на підприємстві – 100000 \$ [20]. Курс доллара для розрахунку приймаємо 44 грн.

Розрахуємо річну економію електроенергії в грошовому еквіваленті за наступною формулою:

$$E = 31500 \cdot 6 = 189\,000 \text{ грн}, \quad (3.6)$$

де тариф на електроенергію – 6 грн/кВт-год.

Далі визначаємо простий період окупності заходу:

$$T_{\text{ок}} = \frac{100\,000 \cdot 44}{186\,000} = 23 \text{ роки}. \quad (3.7)$$

Встановлення обладнання має достатньо довгий термін окупності, але за умови підвищення тарифу на електроенергію стане більш інвестиційно привабливим.

3.5 Агрегування прогнозування обсягів енергозбереження

Якщо метою розрахунку PrES є план дій, програма або політика, що передбачає заплановану реалізацію низки ЗЕЕ, це вимагає агрегування PrES окремих ЗЕЕ.

Першим кроком процесу розрахунку є забезпечення узгодженості PrES, що підлягають агрегуванню, тоюто однакові одиниці вимірювання. Другим кроком є агрегування PrES для всіх ЗЕЕ, які заплановані або передбачені планом дій, програмою або політикою. Потім, залежно від контексту, може знадобитися третій крок для оцінки частки цих загальних PrES, яку можна вважати результатом плану дій, програми або політики. Схематично цей процес пояснений на рис. 3.3.

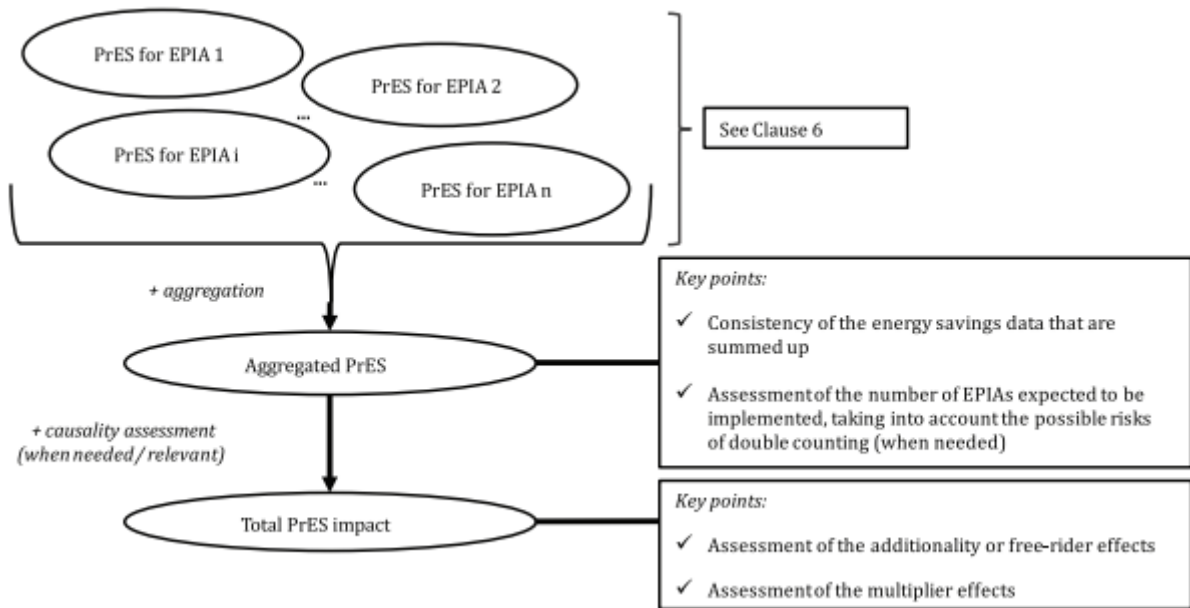


Рисунок 3.3 – Огляд розрахунку з метою агрегування PrES

Агрегування може бути здійснене або шляхом підсумовування PrES кожного ЗЕЕ, або шляхом спочатку підсумовування кількості ЗЕЕ за їх типами (поділ на теплову та електричну енергію).

$$\text{Агреговані } PrES = \sum_{i=1}^n (PrES \text{ від ЗЕЕ}_i), \quad (3.8)$$

де i – порядковий номер заходу, а n – їх загальна кількість.

Так як для теплової енергії був передбачений один ЗЕЕ, то $PrES_{heat} = 32000 \text{ м}^3$ газу на рік – це остаточне число прогнозованого обсягу заощадження.

Для заходів з енергозбереження для електричної енергії, були розглянуті два заходи. Отже, проведемо розрахунок для електричної енергії:

$$PrES_{electricity} = 31000 + 31500 = 625000 \text{ кВт – год / рік.} \quad (3.9)$$

3.6 Оцінка якості отриманих результатів та границь невизначеності

В даному розділі було проведено аналіз та розрахунок прогнозованих обсягів енергозбереження (PrES) для кількох заходів на підприємстві молочної

галузі. Однак, важливо розуміти, що отримані результати є попередніми оцінками, які мають певний рівень невизначеності.

Наведемо фактори, що впливають на якість отриманих результатів:

- Точність початкових даних. Розрахунок PrES базується на даних про споживання енергії, вартість енергоресурсів, ефективність обладнання тощо. Неточності у цих даних можуть призвести до похибок у прогнозах;
- Обраний метод розрахунку. Для дослідження було використано спрощений метод розрахунку PrES. Застосування більш складних методів, наприклад, статистичного моделювання або інженерного моделювання, могло б підвищити точність прогнозів;

Для більш точного визначення границь невизначеності можна провести наступні дії:

- Аналіз чутливості того, як зміна вхідних параметрів (вартість енергоресурсів, обсяги виробництва, ефективність обладнання) впливає на результати розрахунків;
- Врахування ризиків - визначення та оцінка потенційних ризиків, які можуть вплинути на реалізацію заходів з енергозбереження та досягнення прогнозованих результатів;
- Використання експертних оцінок - залучення експертів з енергоефективності для оцінки невизначеностей та ризиків.

Висновки до розділу 3

У розділі 3 було розглянуто важливі аспекти прогнозування обсягів енергозбереження на підприємстві молочної галузі. Було проведено огляд стандартів та методологій, визначено цілі та вимоги до прогнозування, а також здійснено розрахунок PrES для конкретних заходів.

Основні результати:

- Визначено ключові зацікавлені сторони у впровадженні заходів з енергозбереження.
- Сформовано перелік потенційних заходів з енергозбереження.
- Розраховано потенційну економію енергоресурсів та термін окупності для трьох заходів.
- Проведено агрегування PrES для заходів з економії теплової та електричної енергії.

В подальшому дослідження варто провести детальніший аналіз вхідних даних та їх впливу на точність прогнозів. Розглянути можливість застосування більш складних методів прогнозування, таких як статистичне або інженерне моделювання. Провести аналіз ризиків та невизначеностей, пов'язаних з впровадженням заходів з енергозбереження. Розробити план моніторингу та верифікації досягнутих результатів після впровадження заходів. Забезпечити прозорість процесу прийняття рішень та координацію дій всіх зацікавлених сторін.

В цілому, розділ 3 надає важливу інформацію для прийняття рішень щодо впровадження заходів з енергозбереження на підприємстві молочної галузі.

4 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЄКТУ З ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

4.1 Опис ідеї та концепції стартапу

Існують певні традиційні підходи до підвищення енергоефективності та прогнозування енергозбереження, проте для в ролі стартапу розглянемо можливість отримання економічної вигоди від використання методу, який тільки починає набирати популярність – прогнозування через машинне навчання. Досі цей метод використовували більше для прогнозування споживання енергії, проте він може бути застосований і до енергозбереження.

Наведемо приклад успішного застосування штучного інтелекту в енергетиці. Система "віртуального помічника енергетика", впроваджена компанією МХП Еко Енерджи, дозволила енергетикам групи використовувати штучний інтелект для прогнозування споживання електроенергії. Цей інноваційний проєкт було реалізовано у співпраці зі стартапом a-Gnostics, який має значний досвід розробки ІТ-рішень для великих компаній у різних країнах світу, включаючи США та країни ЄС.

Розробка a-Gnostics базується на сучасних підходах науки про дані (Data Science) та машинного навчання (Machine Learning) і спрямована на оптимізацію витрат промислових споживачів електроенергії. Передумовою для впровадження цієї системи стало запровадження в Україні нового ринку електроенергії, що вимагає від усіх учасників ринку точного прогнозування погодинного споживання електроенергії на добу вперед.

На рис. 4.1 наведемо схему, за якою відбувається прогнорювання енергоспоживання.

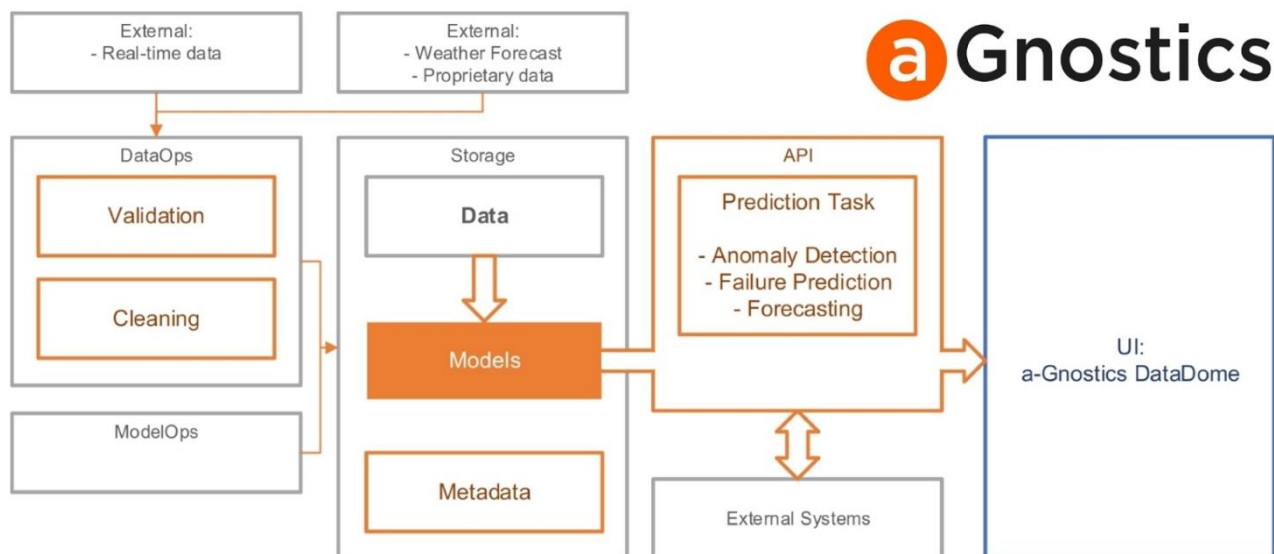


Рисунок 4.1 – Блок-схема роботи застосунку із прогнозування енергоспоживання [21]

Завдяки новій системі енергетики МХП можуть створювати заявки на закупівлю електроенергії та генерувати прогнози протягом кількох хвилин, що раніше займало години. Система дозволяє швидко коригувати прогнози, наприклад, при зміні виробничих планів. У разі внесення змін запускається автоматичне "перенавчання" моделі в хмарному середовищі, після чого користувач отримує оновлений прогноз за кілька хвилин.

За словами заступника Голови правління МХП Олександра Домбровського, система "віртуального енергетика" допомагає оптимізувати витрати на закупівлю електроенергії, впроваджуючи найсучасніші ІТ-рішення, що значно полегшують роботу інженерів-енергетиків. У межах пілотного проєкту було підраховано, що використання цієї системи дозволяє заощаджувати мільйони гривень щомісяця.

Це перший в Україні проєкт, де корпоративні користувачі мають змогу швидко і безпечно застосовувати комплексні алгоритми науки про дані. Окрім точного прогнозування споживання електроенергії, система створює нові можливості для виробників "зеленої" енергетики, зокрема сонячної та вітрової, покращуючи точність прогнозування генерації.

У майбутньому МХП планує розширити використання технологій штучного інтелекту та машинного навчання для оптимізації управління різними виробничими процесами. Інтеграція сучасних інноваційних рішень залишається одним із ключових стратегічних напрямів розвитку агрохолдингу [22].

Отже, машинне навчання (Machine Learning, ML) - це клас методів штучного інтелекту (ШІ), який поєднує різні підходи та технології до створення алгоритмів, що здатні самостійно навчатися на основі отриманих даних. На противагу до традиційних методів, де обчислювальні системи запрограмовані на виконання певних завдань, моделі машинного навчання здатні вдосконалювати свою роботу з часом, аналізуючи масиви даних та виявляючи в них певні закономірності. Це дозволяє системам ML знаходити рішення для завдань, які складно або неможливо запрограмувати вручну [23].

Типів ML-алгоритмів існує доволі багато, кожен із яких можна застосувати для вирішення певних завдань. Найбільш поширеними типами Machine Learning є:

1. Навчання з вчителем (Supervised learning) – навчання алгоритму на наборі даних, де кожен приклад має позначку, що вказує на його клас;
2. Навчання без вчителя (Unsupervised learning) – навчання алгоритму на наборі даних, який не має позначок;
3. Напівкероване навчання (Semi-supervised learning) – навчання алгоритму на наборі даних, що містить як помічені, і непомічені приклади;
4. Навчання із підкріпленням (Reinforcement Learning) – навчання алгоритму для виконання завдання, методом отримання так званої «винагороди» або «штрафу» за свої дії [23].

Ідея стартапу полягає у розробці програмного забезпечення, що на основі різних методів машинного навчання здійснюватиме точне прогнозування обсягів енергозбереження на підприємствах молочної галузі. Це рішення дозволить оптимізувати виробничі процеси, знизити витрати на енергоносії та підвищити загальну енергоефективність підприємства.

Машинне навчання використовує моделі, керовані даними, зосереджуючись на взаємозв'язках у вихідних даних та змінних, а не на рівняннях і розрахунках. Аудиторські організації та виробничі підприємства мають значні історичні дані енергоаудиту, які можуть бути використані для навчання моделі ML і допомагають точніше прогнозувати економію енергії та витрат. Виробники зазвичай реєструють дані про використання енергії з метою спостереження, а не для вдосконалення процесів. Однак ці дані можуть бути використані для виявлення та ідентифікації найважливіших змінних управління у виробничих процесах [24].

Значення енергетичної ефективності важко переоцінити в сучасному світі і, зокрема в молочній промисловості, де переробні підприємства споживають значну кількість як електричної, так і теплової енергії. Процес переробки молока є енергоємним, за даними УкрСтату за 2020 р. підприємствами молочної галузі було спожито 18769 Гкал теплової енергії та 10254 тис. кВт-год електричної. [25]

Молочна промисловість є енергоємною галуззю, де навіть незначне зниження витрат на енергоносії може призвести до значної економічної вигоди. Сучасні підходи машинного навчання кардинально змінюють спосіб прогнозування й оптимізації споживання енергії на цих об'єктах для досягнення значної економії енергії при збереженні якості виробництва.

Таблиця 4.1 – Огляд актуальних проблем підприємств молочної галузі, які вирішує ПЗ на основі ML

Актуальна потреба	Опис
Зниження витрат енергетичних ресурсів	Підприємства шукають шляхи зниження витрат через постійний ріст тарифів на енергетичні ресурси
Відповідність вимогам до енергоефективності	Зростає тиск з боку державних регуляторних органів та споживачів щодо підвищення енергетичної ефективності виробничих процесів

Продовження таблиці 4.1.

Потреба в оптимізації виробничих процесів	Ефективність використання енергетичних ресурсів є одним з ключових факторів, що впливає на конкурентоспроможність підприємства
Цифрова трансформація	Українська держава тримає курс на впровадження цифрови технологій в усіх сферах, а програмне забезпечення для прогнозування енергоспоживання є прогресивним кроком у цьому напрямку.

Використання ПЗ на основі методів машинного навчання забезпечує аналіз даних про споживання енергії та надає рекомендації щодо оптимізації процесів, що сприяють зниженню витрат на енергоресурси.

Таблиця 4.2 - Опис ідеї стартап-проєкту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Прогнозування обсягів енергозбереження з використанням МЛ	Підприємства молочної галузі	Зниження витрат на енергоресурси
		Оптимізація процесів
		Відповідність екологічним стандартам

Серед техніко-економічних характеристик стартап-проєкту можна виділити наступні:

1. Точність прогнозування обсягів енергозбереження – на основі історичних даних, введених підприємством;
2. Інтерфейс користувача – однією з основних переваг ПЗ має бути інтуїтивно зрозумілий та зручний інтерфейс, чого бракує багатьом ПЗ на ринку;
3. Гнучкість налаштувань ПЗ для можливості застосування для суміжних галузей промисловості.

ПЗ на основі методів машинного навчання хоча і є інноваційним продуктом, але серед загроз для виходу на ринок виступають - звичайні системи

енергоменеджменту, ручний моніторинг даних енергоспоживання та інші ПЗ для аналізу енергозбереження (без використання МЛ). Це означає лише те, що для успішного виходу продукту на ринок потрібно донести потенційним користувачам перевагу ПЗ саме на основі методів машинного навчання.

Таблиця 4.3 - Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проєкту

Техніко-економічні характеристики ідеї	Мій проєкт	Конкурент 1	Конкурент 2	W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
Точність прогнозування	90%	70%	50%			+
Інтерфейс користувача	Зручний	Складний	Зручний			+
Гнучкість налаштувань	Середня	Низька	Середня		+	

Цей аналіз дозволив чітко визначити конкурентні переваги ПЗ, що базується на методах машинного навчання, у порівнянні з іншими доступними рішеннями.

1.2 Технологічний аудит ідеї проєкту

В межах аналізу визначено, які технології необхідні для реалізації програмного забезпечення (ПЗ) на основі методів машинного навчання для прогнозування обсягів енергозбереження. В табл. 4.4 проаналізовано доступність цих технологій і можливість їх використання в проєкті.

Таблиця 4.4 - Технологічна здійсненність ідеї проєкту

№ п/п	Ідея проєкту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Розробка ПЗ для прогнозування енергозбереження	Алгоритми машинного навчання (реком. системи, кластеризація тощо)	Наявні, потрібні доопрацювання	Доступні
2	Візуалізація даних	Інструменти BI (Power BI, Tableau)	Наявні	Доступні через ліцензії
3	Хмарне середовище для роботи користувачів	AWS, Azure, Google Cloud	Наявні, інтеграція потребує часу	Доступні через партнерські програми
4	Розробка UI/UX дизайну	Інструменти Figma, Adobe XD	Наявні	Доступні

Для реалізації проєкту обрано наявні технології, які потребують мінімального доопрацювання. Основним технологічним шляхом є інтеграція алгоритмів машинного навчання з хмарним середовищем та BI-інструментами для забезпечення точного прогнозування та візуалізації результатів.

Аналіз технологічної здійсненності показує, що необхідні технології для реалізації проєкту доступні. Вони або вже розроблені, або можуть бути адаптовані під потреби стартапу. Основний шлях реалізації базується на використанні сучасних платформ для розробки ПЗ, що скорочує час на інтеграцію та забезпечує високу якість готового продукту.

4.2 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проєкту та цільової аудиторії

Світовий ринок програмного забезпечення для енергозбереження демонструє стійке зростання, особливо через інтеграцію рішень на основі штучного інтелекту та машинного навчання. Методи машинного навчання дозволяють оптимізувати процеси на промислових підприємствах, включаючи

підприємства молочної галузі, які є одними з найбільших споживачів енергії на охолодження, пастеризацію та перекачування молока.

В табл. 4.5 наведено попередню характеристику потенційного ринку стартап-проєкту.

Таблиця 4.5 - Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проєкту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од.	Невелика кількість провідних гравців у сфері ІТ-рішень для енергетичної галузі
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од.	Потенційно великий обсяг ринку, особливо з огляду на тенденції підвищення енергоефективності виробництва
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростаюча/стабільна, оскільки попит на енергоефективні рішення постійно збільшується
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Високі технологічні бар'єри входу, необхідність значних інвестицій у розробку ПЗ на основі ML
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Необхідність відповідності нормам і стандартам в енергетичній галузі
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	20-30%, за умови успішної комерціалізації ефективного рішення

В табл. 4.6 представлена характеристика потенційних користувачів програмного забезпечення на основі методів машинного навчання для прогнозування обсягів енергозбереження на підприємствах. Мета аналізу - визначити основні групи клієнтів, їхні особливості поведінки та вимоги до продукту.

Таблиця 4.6 - Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Оптимізація споживання енергії на підприємстві для зниження витрат і дотримання екологічних стандартів	Підприємства виробничого сектору, агросектору, великі офісні будівлі, підприємства ЖКГ	- Різний рівень доступу до даних - Особливості регуляторних вимог у різних галузях - Структура енергоспоживання залежить від масштабу підприємства	- Точність прогнозів - Інтуїтивний інтерфейс - Інтеграція із системами ERP/SCADA - Гарантія конфідентійності даних - Підтримка і технічний супровід
2	Мінімізація вуглецевого сліду та покращення іміджу компанії	Компанії, що працюють у сфері сталого розвитку та хочуть отримати екологічні сертифікати	- Орієнтованість на довгострокові інвестиції у сталість - Різні вимоги до сертифікації в різних країнах - Залежність від фінансування екологічних ініціатив	- Інструменти для моніторингу впливу на довкілля - Аналітичні звіти - Можливість автоматизованої генерації сертифікаційних звітів
3	Зменшення витрат на впровадження енергоефекти вних технологій	Середні та великі підприємства, що прагнуть оптимізувати витрати	- Бюджетні обмеження - Різний рівень технологічної підготовки - Пріоритет короткострокових вигід над довгостроковими	- Доступність за ціною - Модульна структура для поступового впровадження - Гнучкі моделі оплати (підписка, ліцензія і т.д.)

У табл. 4.7 описано ключові ризики, які можуть вплинути на успішність впровадження стартапу, їхні причини та заходи для мінімізації негативного впливу.

Таблиця 4.7 - Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Конкуренція	Вихід на ринок аналогічних продуктів від більш відомих компаній	Посилення маркетингових кампаній, розробка унікальних функцій, акцент на цінності для клієнта
2	Недовіра до прогнозів машинного навчання	Сумніви клієнтів щодо точності прогнозів, недостатня зрілість технологій у їхньому сприйнятті	Проведення пілотних проєктів для демонстрації ефективності, розробка кейсів з реальних даних
3	Регуляторні зміни	Введення нових екологічних стандартів чи законів, які ускладнюють інтеграцію продукту	Постійний моніторинг змін у регуляторній базі, адаптація ПЗ під нові вимоги
4	Високі витрати на впровадження	Клієнти можуть відмовитися від продукту через високу вартість ліцензій чи інтеграції	Запропонувати гнучкі моделі оплати (підписка, розстрочка), демонстрація швидкої окупності інвестицій у продукт
5	Нестабільність економічного середовища	Скорочення бюджету компаній через економічну кризу	Позиціонування продукту як засобу зниження витрат, розробка лояльної цінової політики

В табл. 4.8 визначені сприятливі умови ринку, які можуть використати для просування продукту, та дії, що дозволять скористатися цими можливостями.

Таблиця 4.8 - Фактори можливостей

№	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Попит на енергоефективні рішення	Зростання зацікавленості компаній у зниженні витрат на енергоспоживання та покращенні екологічного іміджу	Розробка маркетингових кампаній, орієнтованих на екологічність та фінансову вигоду від використання продукту
2	Державна підтримка	Існування програм субсидій чи грантів для впровадження енергоефективних рішень	Налагодження співпраці з державними органами, консультація клієнтів щодо отримання фінансування
3	Зростання технологічної обізнаності	Клієнти стають більш відкритими до інноваційних рішень на основі машинного навчання	Проведення освітніх вебінарів та тренінгів для клієнтів, створення простого та зрозумілого інтерфейсу ПЗ
4	Інтеграція з екосистемами IoT	Широке використання систем IoT на підприємствах відкриває можливості для інтеграції продукту	Розробка додаткових модулів для інтеграції з популярними системами управління IoT
5	Глобалізація	Можливість виходу на міжнародні ринки через універсальність програмного забезпечення	Адаптація продукту до різних мов і регуляторних вимог, створення міжнародної команди підтримки

4.3 Розроблення ринкової стратегії проєкту

Найперспективнішими сегментами є виробничі підприємства та малий і середній бізнес, оскільки вони демонструють високий попит і готовність впроваджувати продукт. Однак для кожного сегменту потрібна адаптована стратегія, враховуючи їхні особливості.

В табл. 4.9 описані цільові групи потенційних споживачів.

Таблиця 4.9 - Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприймати продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Виробничі підприємства: великі заводи, що активно впроваджують енергоефективні рішення	Висока: клієнти зацікавлені в економії ресурсів та автоматизації процесів	Високий: велика кількість споживачів у галузі	Висока: є конкуренція зі схожими продуктами	Середня: потребує спеціалізованих інтеграцій
2	Підприємства малого і середнього бізнесу, що бажають оптимізувати витрати	Середня: необхідно демонструвати вигоди та окупність	Середній: сегмент розвивається	Низька: конкуренція обмежена	Висока: менше вимог до адаптації
3	Екологічні організації та компанії, орієнтовані на сталий розвиток	Висока: велика увага до екологічних інновацій	Низький: обмежене коло потенційних клієнтів	Низька: сегмент специфічний	Середня: потребує адаптації під специфічні потреби

Для ефективного розвитку стартапу та роботи в обраних сегментах ринку необхідно сформувати базову стратегію, яка враховуватиме специфіку кожного сегменту, конкурентні переваги продукту та стратегію охоплення ринку. Така стратегія дозволяє правильно позиціонувати продукт і адаптувати маркетингові та операційні зусилля під потреби клієнтів.

В табл. 4.10 визначаються конкретні дії для досягнення бізнес-цілей, враховуючи ринкові реалії та конкурентну ситуацію.

Таблиця 4.10 - Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспромож ні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
1	Орієнтація на виробничі підприємства	Концентрація на одному сегменті	- Унікальний функціонал для оптимізації витрат	Орієнтація на виробничі підприємства
2	Залучення малого та середнього бізнесу	Розширення охоплення ринку	- Простота використання продукту	Залучення малого та середнього бізнесу
3	Співпраця з екологічними організаціями та державними установами	Робота з вузькоспеціалізован ими сегментами	- Відповідність регуляторним вимогам	Співпраця з екологічними організаціями та державними установами
4	Розширення присутності на міжнародному ринку	Масовий підхід до охоплення	- Локалізація продукту	Розширення присутності на міжнародному ринку

4.4 Екологічний та соціальний вплив стартапу

Розвиток стартапу з прогнозування енергозбереження має суттєві позитивні екологічні та соціальні наслідки, спрямовані на сталий розвиток

суспільства та економіки. Нижче наведено детальний аналіз екологічного та соціального впливу стартапу.

Екологічний вплив стартапу

1. Зниження викидів вуглекислого газу (CO₂). Програмне забезпечення допомагає підприємствам оптимізувати споживання енергії та виявляти неефективності, що дозволяє скоротити споживання електроенергії, газу чи палива. Результатом є зменшення обсягів спалювання викопних палив, яке є головним джерелом викидів CO₂.

Приклад: підприємство, що скоротило енергоспоживання на 20%, зменшує викиди CO₂ на кілька тисяч тонн щороку [26].

2. Зменшення використання невідновлюваних ресурсів. Стартап сприяє раціональному використанню енергоресурсів (електрика, газ), мінімізуючи залежність від викопних джерел енергії.

Впровадження таких рішень стимулює підприємства переходити на альтернативні джерела енергії, як-то сонячна чи вітрова енергія.

3. Зниження екологічного сліду молочної галузі. Молочна промисловість є одним із найбільших споживачів енергії у харчовій сфері (охолодження, пастеризація, транспортування). Використання продукту стартапу дозволяє молочним підприємствам оптимізувати споживання енергії, зменшити втрати та, відповідно, скоротити вплив на довкілля. Програмне забезпечення допомагає розробляти стратегії, які спрямовані на екологізацію процесів.

Соціальний вплив

1. Створення нових робочих місць. Стартап сприятиме створенню робочих місць у таких напрямках, як розробка, підтримка продукту, консалтинг, продажі та маркетинг. Додатково, підприємства, які впроваджуватимуть ці рішення, можуть створювати нові посади для управління енергоефективністю.

2. Підвищення обізнаності про енергоефективність. ПЗ не лише виконує технічні функції, але й слугує освітнім інструментом для підприємств, допомагаючи керівникам розуміти важливість енергозбереження та його переваги.

Проведення навчальних семінарів і консультацій сприятиме зростанню знань про сталість у бізнесі.

3. Зменшення витрат підприємств на енергоресурси. Підприємства, що впровадять ПЗ, зможуть оптимізувати витрати на енергію, що підвищить їх конкурентоспроможність. Зекономлені кошти можуть бути спрямовані на інші інвестиції, зокрема, у соціальні ініціативи чи покращення умов праці.

4. Стимулювання сталого розвитку локальних громад. Зменшення енергоспоживання дозволяє знижувати навантаження на місцеву енергомережу, що позитивно впливає на доступність енергоресурсів для інших споживачів. Екологічні ініціативи сприяють поліпшенню якості життя у регіоні, зменшуючи забруднення довкілля.

Стартап має вагомий екологічний та соціальний вплив. Зменшення викидів CO₂ та скорочення споживання невідновлюваних ресурсів сприяють боротьбі зі зміною клімату, а створення робочих місць і підвищення обізнаності стимулюють економічний розвиток і сталість. Такі переваги роблять продукт не лише вигідним з фінансової точки зору, але й цінним для суспільства та довкілля.

Висновки до розділу 4

Даний стартап націлений на розробку програмного забезпечення на основі методів машинного навчання для прогнозування обсягів енергозбереження на підприємствах, демонструє значний потенціал у сфері енергоефективності та сталого розвитку.

Продукт орієнтований на декілька перспективних сегментів, зокрема виробничі підприємства, малий і середній бізнес. Зростаючий попит на енергоефективні рішення та державна підтримка таких ініціатив створюють сприятливі умови для виходу на ринок.

Використання методів машинного навчання дозволяє досягати високої точності прогнозування та персоналізації продукту під потреби клієнтів.

Продукт сприяє зменшенню викидів вуглекислого газу, оптимізації використання енергоресурсів і зниженню екологічного сліду підприємств, що позитивно впливає на довкілля. Особливий вплив продукт має на галузі з високими рівнями енергоспоживання, в нашому випадку - молочна промисловість.

Стартап має всі шанси стати успішним у сфері енергозбереження завдяки інноваційним технологіям та націленості на важливість екологічного та ресурсоефективного виробництва. Продукт не лише відповідає сучасним викликам у сфері енергоефективності, але й відкриває нові можливості для бізнесу, стимулюючи сталий розвиток та інновації.

ВИСНОВКИ

В магістерській дисертації було проведено комплексне дослідження проблематики прогнозування обсягів енергозбереження на підприємствах та проаналізовано можливість розробки програмного забезпечення на основі методів машинного навчання для прогнозування обсягів енергозбереження.

Основні результати роботи:

1. Проведено аналіз проблеми енергозбереження на підприємствах. Досліджено актуальність проблеми, чинники, що впливають на енергоспоживання, та основні напрямки підвищення енергоефективності.
2. Виконано огляд методів прогнозування енергозбереження. Розглянуто переваги та недоліки методології та різних методів машинного навчання для розробки програмного забезпечення.
3. Проаналізовано необхідні функціональні можливості програмного забезпечення.
4. Визначено економічну ефективність впровадження ПЗ - потенційну економію енергоресурсів та фінансові вигоди для підприємств від використання системи прогнозування.
5. Описано рекомендації щодо впровадження та використання програмного забезпечення: Визначено етапи впровадження, необхідні ресурси та кваліфікацію персоналу. Сформовано рекомендації щодо інтерпретації результатів прогнозування та прийняття рішень на їх основі.

Наукова новизна отриманих результатів:

- Розглянуто новий підхід до прогнозування обсягів енергозбереження на підприємствах на основі інтеграції міжнародного стандарту та методів машинного навчання.

Практичне значення роботи:

- Потенційне програмне забезпечення може бути використане на підприємствах для оптимізації енергоспоживання та зниження витрат на енергоресурси.
- Результати дослідження можуть бути корисні для фахівців з енергоменеджменту, енергоаудиторів, проєктувальників та інших спеціалістів, які займаються питаннями енергозбереження.

Подальші напрямки досліджень:

- Удосконалення алгоритмів машинного навчання для підвищення точності прогнозування енергозбереження.
- Розширення функціональних можливостей програмного забезпечення за рахунок інтеграції з іншими системами управління підприємством.
- Дослідження можливостей застосування розробленого ПЗ для прогнозування енергоспоживання в розподілених енергетичних системах та "розумних" містах.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ПОСИЛАНЬ

- 1) Ельміра Гулуєва, The Ukrainian Farmer [електронний ресурс] – Режим доступу: <https://agrotimes.ua/article/molochna-galuz-vyklyky-j-prognozy/>
- 2) Скільки енергії споживається при виробництві молочної продукції? [електронний ресурс] – Режим доступу: https://saee.gov.ua/sites/default/files/Dairy_Ukr_23.11.2020.pdf
- 3) Future Market Insights Global and Consulting Pvt. Ltd. Report [Електронний ресурс] - <https://info.edgeinsights.in/company/Future-Market-Insights-Global-and-Consulting-Pvt.-Ltd./172791>
- 4) Innovations in Milk Processing 2024: Trends and Expert Opinions [Електронний ресурс] - <https://dairynews.today/global/news/innovations-in-milk-processing-2024-trends-and-expert-opinions.html>
- 5) Урядовий портал [Електронний ресурс] - <https://www.kmu.gov.ua/news/molochni-pidpriyemstva-mozhut-znachno-zaoshchaditi-energoresursi-ta-koshti-zavdyaki-energoefektivnim-zahodam-derzhenergoefektivnosti>
- 6) Інфляційний звіт [Електронний ресурс] - <https://bank.gov.ua/ua/news/all/inflyatsiya-pochne-znijuvasiya-v-nastupnomu-rotsi-a-ekonomika-y-nadali-zrostatime--inflyatsiyniy-zvit-nbu>
- 7) JRC SCIENCE AND AND POLICY REPORTS [Електронний ресурс] - <file:///C:/Users/User/Downloads/part%20ii%20ru%20new%20pubsy%20.pdf>
- 8) Енергозбереження при виробництві, транспортуванні і переробці молока [Електронний ресурс] - <http://www.tsatu.edu.ua/tstt/wp-content/uploads/sites/6/lekciya-4-enerhozberezhennja-pry-vyrobnyctvi-transportuvanni-i-pererobci-moloka.pdf>
- 9) Праховник А.В. Шляхи подолання перешкод і створення ефективної енергетики України / К.: Енергетика и электрификация, №1, 2003, с.7-12.
- 10) Праховник А.В., Іншеков Є.М. Управлінські перешкоди на шляху до ефективної енергетики України / Енергетика: економіка, технології, екологія, №1, 2004, с.5-12.

11) Праховник А.В., Іншеков Є.М. Концептуальні положення управління енергоефективністю в Україні / Стан і майбутнє енергетики України. Погляд громадськості (збірка №2), К.: Енергетика та електрифікація, 2005, с.97-107.

12) Бар'єри на шляху енергоефективності та енергозбереження в Україні. Системна стратегія їх подолання. [Електронний ресурс] - https://moodle.znu.edu.ua/pluginfile.php/1188169/mod_resource/content/1/%D0%9D%D0%9C%D0%9F%20%D0%95%D0%9C-2.pdf

13) ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ. ЧАСТИНА 2. [Електронний ресурс] - <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/d7f07756-3616-44ec-8fae-810edf05d6a5/content>

14) ISO 50046 «General methods for predicting energy savings».

15) ДСТУ ISO 17741:2017 Загальні технічні правила вимірювання, розрахунку та верифікації обсягів енергозбереження в проектах (ISO 17741:2016, IDT).

16) ДСТУ ISO 17743:2017 Енергозбереження. Визначення методологічної основи розрахунку та звітності щодо обсягів енергозбереження (ISO 17743:2016, IDT)

17) Хімічна деаерація [Електронний ресурс] - <https://www.teploterm.com/deaeratori-da/him-deaeratori.html>

18) ДЕАЕРАЦІЙНЕ ОБЛАДНАННЯ. [Електронний ресурс] - <https://teplolider.com.ua/ua/g28334872-deaeratsionnoe-oborudovanie>

19) Рекуператори Prana серії Промислові Електронний ресурс] - https://teplorry.com.ua/ua/prana-seria-promyshlennyye/?srsltid=AfmBOooKpPkiT3rfd_QQosIgQagFgv7vzH6-CvdpwgxPDdBhWU1_mirJ

20) RAP. Best Practices in Designing and Implementing Energy Efficiency Obligation Schemes. Research Report of the Task XXII of the International Energy Agency Demand Side Management Programme. Prepared by the Regulatory Assistance Project, June 2012. [Електронний ресурс] - <http://www.ieadsm.org/task/task-22-energy-efficiency-portfolio-standards/>

- 21) Проекти Data Science у промисловій експлуатації [Електронний ресурс] - <https://dou.ua/forums/topic/33320/>
- 22) МХП: штучний інтелект покращує роботу енергетиків. [Електронний ресурс] - <https://epravda.com.ua/news/2020/08/3/663660/>
- 23) Machine Learning, ML. – Режим доступу: <https://www.it.ua/knowledge-base/technology-innovation/machine-learning>
- 24) Що таке Machine Learning? – Режим доступу: <https://denovo.ua/resources/what-is-machine-learning>
- 25) Utilizing machine learning models to estimate energy savings from an industrial energy system [Електронний ресурс] - <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666916122000470#sec3>
- 26) Концепція створення КЛІМАТИЧНОЇ ПЛАТФОРМИ для адаптації української економіки до ключових екологічних трендів сучасності [Електронний ресурс] - https://fru.ua/images/doc/2023/CLIMATE_PLATFORM_UA.pdf

ДОДАТКИ

Додаток А

Місце стандарту ISO 50046 в ієрархії

