

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет будівництва, транспорту та енергетики

Кафедра «Електротехнічні системи та енергетичний менеджмент»

“Допущено до захисту”

Зав. кафедрою ЕТС та ЕМ

к.т.н., професор

_____ Петро ПЛЄШКОВ

“ _____ ” 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за другим (магістерським) рівнем вищої
освіти
на тему:

«Підвищення енергоефективності переробного підприємства з вдосконаленням системи енергетичного менеджменту»

Виконав здобувач вищої освіти

II курсу, групи *ЕНМ-23М*

ОПП «Енергетичний менеджмент»

спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»,

_____ Діана ЗОЗУЛЯ
« _____ » _____ 2024 р.

Керівник роботи к.т.н., доцент

_____ Наталія ГАРАСЬОВА
« _____ » _____ 2024 р.

Рецензент _____

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет будівництва, транспорту та енергетики

Кафедра електротехнічних систем та енергетичного менеджменту

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Галузь знань 14 «Електрична інженерія»

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітньо-професійна програма Енергетичний менеджмент

ЗАТВЕРДЖУЮ:

завідувач кафедри ЕТС та ЕМ

к.т.н., професор

Петро ПЛЄШКОВ

« 04 » 10 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ДРУГИМ (МАГІСТЕРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Зозулі Діани Олександрівни

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи Підвищення енергоефективності переробного підприємства з
вдосконаленням системи енергетичного менеджменту

Improving the energy efficiency of the processing plant with the improvement of the
energy management system

2. Керівник роботи Гарасьова Наталія Юріївна, к.т.н., доцент

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

3. Строк подання роботи до захисту 30.11.2024 р.

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи: впровадження системи енергетичного
менеджменту промислового підприємства; оцінка використання енергетичних
ресурсів на підприємстві; розробка заходів з підвищення енергоефективності
виробництва; аналіз результатів підвищення енергоефективності підприємства;
висновки

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	доц., к.т.н. І.В. Савеленко		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	04.10.2024 р.	
2	Впровадження системи енергетичного менеджменту промислового підприємства	06.10.2024 р.	
3	Оцінка використання енергетичних ресурсів на підприємстві	16.10.2024 р.	
4	Розробка заходів з підвищення енергоефективності виробництва	30.10.2024 р.	
5	Аналіз результатів підвищення енергоефективності підприємства	06.11.2024 р.	
6	Висновки, список використаних джерел	16.11.2024 р.	
7	Додатки	20.11.2024 р.	
8	Оформлення презентації МР	28.11.2024 р.	
9	Оформлення розрахунково-пояснювальної записки МР	30.11.2024 р.	

Дата видачі завдання « ____ » _____ 2024 р.

Підпис керівника _____ Наталія ГАРАСЬОВА

Завдання прийнято до виконання « ____ » _____ 2024 р.

Підпис здобувача _____ Діана ЗОЗУЛЯ

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота: 99 с. основної частини; 18 рис.; 38 табл.; 25 джерел

Зозуля Д.О. Підвищення енергоефективності переробного підприємства з вдосконаленням системи енергетичного менеджменту. – Рукопис.

Магістерська робота за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», ОПП «Електротехнічні системи електроспоживання». – Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, 2024 рік.

Об'єктом досліджень є система енергетичного менеджменту переробного підприємства та підвищення енергоефективності.

Предметом досліджень являються методи підвищення енергоефективності підприємства шляхом удосконалення процесів управління енергоресурсами.

Мета роботи полягає у підвищенні енергоефективності переробного підприємства шляхом вдосконалення системи енергетичного менеджменту.

У першій главі роботи розглянуто етапи впровадження СЕНМ, роль енергетичного аудиту, моніторингу та енергобалансів. Висвітлено специфіку впровадження СЕНМ на переробних підприємствах. Друга глава присвячена аналізу енергетичних ресурсів підприємства. Аналізуються джерела живлення, електроприймачі, системи обліку енергії та втрати потужності. Складено енергетичні баланси та проведено аналіз втрат енергії. У третій главі розроблено заходи з підвищення ефективності використання електричної та теплової енергії.

Четверта глава містить оцінку вдосконалення системи енергоменеджменту. Виконано фінансовий аналіз проекту встановлення АСКОВЕ. Досліджено вплив заходів із підвищення енергоефективності на екологічні показники, включаючи скорочення викидів парникових газів та шкідливих речовин. У висновках сформульовано результати дослідження, що демонструють підвищення енергоефективності заводу через вдосконалення СЕНМ, та наведено рекомендації для подальшого вдосконалення.

Ключові слова: енергетичний менеджмент, підвищення енергоефективності, електрична та тепла енергія, заходи з енергозбереження

ABSTRACT

Qualification work: 99 p. main part; 18 fig.; 38 tables; 25 sources

Zozulia D. O. Improving the energy efficiency of the processing plant with the improvement of the energy management system. - Manuscript.

Master's thesis on specialty 141 "Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics", OPP "Electrotechnical systems of electricity consumption". – Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, 2024.

The object of research is the energy management system of the processing enterprise and the improvement of energy efficiency.

The subject of research are methods of increasing the energy efficiency of the enterprise by improving energy resource management processes.

The purpose of the work is to increase the energy efficiency of the processing enterprise by improving the energy management system.

In the first chapter of the work, the stages of the implementation of SEnM, the role of energy audit, monitoring and energy balances are considered. The specifics of SEnM implementation at processing enterprises are highlighted. The second chapter is devoted to the analysis of energy resources of the enterprise. Power sources, electrical receivers, energy accounting systems and power losses are analyzed. Energy balances were drawn up and an analysis of energy losses was carried out. In the third chapter, measures are developed to increase the efficiency of the use of electric and thermal energy.

The fourth chapter contains an assessment of the improvement of the energy management system. A financial analysis of the ASCAE installation project was carried out. The impact of measures to increase energy efficiency on environmental indicators, including the reduction of emissions of greenhouse gases and harmful substances, was studied.

Key words: energy management, energy efficiency improvement, electric and thermal energy, energy saving measures

ЗМІСТ

СПИСОК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	8
ВСТУП.....	9
1 ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ НА ПІДПРИЄМСТВІ.....	11
1.1 Завдання та основні етапи впровадження системи енергетичного менеджменту.....	11
1.2 Енергетичний аудит та моніторинг. Енергетичні баланси.....	14
1.3 Особливості впровадження СЕНМ на переробному підприємстві.....	19
2 ОЦІНКА ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ НА ПІДПРИЄМСТВІ.....	22
2.1 Електрична частина. Характеристика джерел живлення, електроприймачів. Облік електроенергії на підприємстві.....	22
2.2 Втрати потужності та електроенергії. Електробаланс підприємства.....	27
2.3 Теплотехнічна частина. Загальна характеристика споживачів та джерел енергопостачання. Схеми енергопостачання та організація обліку	33
2.4 Аналіз споживання й втрат теплової енергії. Складання енергобалансів.....	37
3 РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА.....	53
3.1 Підвищення ефективності використання електроенергії на підприємстві.....	53
3.1.1. Впровадження системи АСКОВЕ переробного підприємства.....	53
3.1.2. Заощадження електричної енергії в технологічному обладнанні...	59
3.2. Підвищення ефективності використання теплової енергії на підприємстві.....	68
4 АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА.....	75
4.1 Матриця енергоменеджменту. Вдосконалення системи енергоменеджменту на підприємстві.....	75

4.2 Критерії оцінки фінансової та економічної привабливості проектів підвищення енергоефективності.....	81
4.2.1. Фінансовий аналіз проекту встановлення АСКОЕ на заводі.....	81
4.2.2. Можливі джерела фінансування проекту встановлення АСКОЕ ...	84
4.2.3. Основні елементи бізнес-плану проекту встановлення АСКОЕ....	84
4.3 Вплив підвищення енергоефективності підприємства на навколишнє середовище.....	88
4.3.1.Оцінка викидів шкідливих речовин на об'єкті.....	88
4.3.2. Шляхи скорочення викидів парникових газів, зменшення впливу на навколишнє середовище.....	91
ВИСНОВКИ.....	95
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	97
Додаток А. Розрахункове освітлювальне та силове навантаження підприємства на шинах 0,4 кВ.....	100
Додаток Б. Результати розрахунків коефіцієнтів теплопередачі для огорожуючих конструкцій та втрати теплоти через ОК.....	103
Додаток В. Охорона праці під час монтажу, експлуатації та ремонту системи АСКОЕ.....	105

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

СЕНМ – система енергетичного менеджменту

ЕА – енергетичний аудит

ЕМ – енергетичний моніторинг

ЕЕ – електрична енергія

ТЕ – теплова енергія

МЕЗ – маслоекстракційний завод

МЕНЗ – можливий енергозберігаючий захід

ТП – трансформаторна підстанція

КЛ – кабельна лінія

ЛУЗОД – локальне устаткування збору та обробки даних

ГЗП – головна знижувальна підстанція

ОК – огорожуюча конструкція

ОП – опалювальний період

АСКОЕ – автоматизована система контролю та обліку енергоресурсів

ТН – трансформатор напруги

ТС - трансформатор струму

ЗВТ - засоби вимірювальної техніки

ПО - прилади обліку

ПБД - первинна база даних

ЗП – заробітна плата

ПГ – парниковий газ

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасні реалії промислового виробництва, зокрема у харчовій галузі, вимагають впровадження енергоефективних підходів для зниження витрат, підвищення конкурентоспроможності та зменшення екологічного впливу. Маслоекстракційні заводи є енергоємними підприємствами, де значні втрати енергії пов'язані з неефективним управлінням енергетичними ресурсами. Вдосконалення системи енергетичного менеджменту дозволяє не лише знизити витрати на енергоресурси, а й оптимізувати технологічні процеси. Це забезпечує сталий розвиток підприємства та сприяє виконанню міжнародних стандартів у сфері енергозбереження.

Система енергетичного менеджменту є комплексним підходом до управління енергією підприємства, який включає моніторинг енергоспоживання, аналіз енергетичної ефективності обладнання та процесів, розробку заходів для покращення енергетичної ефективності та реалізацію цих заходів. Вдосконалення системи енергетичного менеджменту на маслоекстракційному заводі може допомогти підприємству досягти декількох важливих цілей:

- зниження енергоспоживання та витрат на енергію;
- покращення енергетичної ефективності обладнання та процесів;
- зниження викидів парникових газів та інших шкідливих речовин;
- покращення іміджу підприємства та його конкурентоспроможності на ринку.

Метою роботи є розробка заходів щодо підвищення енергоефективності переробного підприємства шляхом вдосконалення системи енергетичного менеджменту, спрямованої на ефективне використання енергоресурсів та зниження їх втрат.

Завданням дослідження є аналіз існуючого стану енергоспоживання та системи енергетичного менеджменту заводу. Для цього потрібно виявити основні проблеми та неефективності у системі управління енергоресурсами, розробити пропозиції щодо вдосконалення системи енергетичного менеджменту

відповідно до стандарту ISO 50001, виконати оцінку техніко-економічного ефекту від впровадження запропонованих заходів, проаналізувати вплив вдосконалення енергетичного менеджменту на екологічні показники підприємства.

Об'єкт дослідження. Система енергетичного менеджменту переробного підприємства.

Предмет дослідження. Методи підвищення енергоефективності підприємства через удосконалення процесів управління енергоресурсами.

Методи дослідження. У роботі застосовано методи енергетичного аудиту, системного аналізу, математичного моделювання, техніко-економічного обґрунтування, а також принципи стандарту ISO 50001 для оцінки та вдосконалення системи енергетичного менеджменту.

Науково-практична цінність роботи. В рамках цього дослідження було розглянуто питання вдосконалення системи енергетичного менеджменту на маслоекстракційному заводі з метою підвищення енергоефективності підприємства. Проведено аналіз енергетичної ефективності обладнання та процесів, розробка заходів для покращення енергетичної ефективності та реалізація цих заходів.

Розроблені підходи до вдосконалення системи енергетичного менеджменту дозволяють досягти суттєвого скорочення енергоспоживання, зменшити витрати підприємства на енергоресурси, поліпшити його екологічні показники та досягти більшої конкурентоспроможності на ринку.

Запропоновані заходи можуть бути адаптовані для використання на інших підприємствах переробної промисловості для покращення енергетичної ефективності виробництва.

1 ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ НА ПІДПРИЄМСТВІ

1.1 Завдання та основні етапи впровадження системи енергетичного менеджменту

Впровадження та розвиток системи енергетичного менеджменту є одним з пріоритетних напрямків держави по підвищення енергоефективності підприємств та установ [2]. В першу чергу, це стосується промислових підприємств, для яких енергоменеджмент являє собою процес керування всіма аспектами діяльності в галузі енергозбереження підприємства.

Основною метою енергоменеджменту є забезпечення найефективніших шляхів реалізації енергозберігаючої стратегії підприємства на окремих етапах його розвитку. Впровадження системи енергетичного менеджменту вимагає розробки наступних завдань:

- формування політики енергоменеджменту на підприємстві. Керівництво має взяти на себе зобов'язання впроваджувати СЕНМ;
- аналіз поточного стану підприємства, який включає оцінку структури споживання енергії, основних споживачів енергії, втрат енергії та неефективні процеси;
- призначення відповідального енергоменеджера або спеціального відділу, до якого входять співробітники, які відповідають за енергоспоживання;
- розробка конкретних цілей та плану дій із зазначенням заходів по їх виконанню та призначенням відповідальних осіб, бюджету та термінів реалізації;
- застосування системи моніторингу енергоспоживання (датчики, програмне забезпечення), регулярний збір та аналізу даних;
- навчання персоналу, що включає проведення тренінгів для співробітників щодо принципів енергоменеджменту;
- впровадження звітності.

Більш детально вирішення цих завдань можна представити наступним чином (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 - Основні кроки по створенню системи енергоменеджменту на підприємстві

№	Крок	Дія
1	Прийняття зобов'язань	Призначення відповідального за створення системи ЕнМ на підприємстві, який ставить завдання та цілі, відстежує процес та координує роботу групи по енергозбереженню. Створення робочої групи, у склад якої включають спеціалістів основних підрозділів підприємства. Створення програми дій з розбивкою по етапам та призначенням відповідальних
2	Оцінка ефективності використання енергії	Збір вихідних даних про стан підприємства для оцінки подальшого прогресу. Визначення пріоритетних напрямків, що потребують удосконалення, порівняльний аналіз з підприємствами-конкурентами. Аналіз характеру та тенденцій використання всіх видів енергії на підприємстві. Проведення аудиту та технічної оцінки виробничих процесів, визначення ефективності роботи технологічного обладнання
3	Встановлення чітких цілей	Визначення реального потенціалу для енергозбереження на підприємстві, необхідних організаційних ресурсів та термінів
4	Розроблення плану дій	Узгодження списку заходів, що заплановані для модернізації виробництва. Визначення цільових показників, термінів початку та завершення робіт, етапів та проміжних результатів. Створення системи контролю для відслідковування дій та оцінки прогресу. Розподіл функцій та забезпечення фінансування.
5	Виконання плану	Заручення підтримкою з боку задіяних ключових людей, інформування співробітників про енергетичну програму. Організація підвищенню кваліфікації для співробітників, забезпечення доступу до інформації та передового досвіду, мотивування персоналу підприємства, створення системи заохочень та стимулів для співробітників підприємства
6	Оцінка прогресу	Оцінка ефективності заходів, що впроваджуються, при необхідності, внесення коректив та розробка додаткових заходів. Підрахунок зекономлених коштів та їх подальший розподіл. Аналіз потоку інформації використання енергоресурсів. Своєчасне визначення та внесення необхідних коректив в план дій являється основою системи енергоменеджменту
7	Створення іміджу та репутації	Визнання досягнень в роботі системи енергетичного менеджменту зміцнює імідж та створює надійну репутацію. Це робить підприємство конкурентоспроможним та більш привабливим для клієнтів, ділових партнерів та робітників. Важливим є заохочення зусиль підрозділів підприємства та робітників, які отримали найбільш високі результати в енергозбереженні.

Таким чином, енергоменеджмент спрямований на вирішення таких завдань:

- зниження споживання енергії через енергозберігаюче обладнання і технології;
- формування картини споживання ресурсів на підприємстві;
- регулярний аналіз енерговикористання;
- розробку і впровадження енергозберігаючих заходів із економічною оцінкою;
- впровадження систем обліку енергоносіїв;
- мотивацію працівників до енергозбереження;
- розробку внутрішніх стандартів ефективного енерговикористання;
- проведення внутрішнього і зовнішнього енергоаудиту.

Основні функції енергоменеджменту: облік, контроль, регулювання, аналіз, прийняття рішень, нормування і планування.

Модель системи енергетичного менеджменту може бути представлена наступним чином (рис.1.1)[17] .



Рисунок 1.1 – Модель системи енергетичного менеджменту

Посада менеджера з енергетики дорівнюється до керівника середнього рівня з безпосереднім підпорядкуванням директору або головному інженеру підприємства. До основних завдань енергоменеджера належить:

- складання таблиць споживання енергії по підприємству, підрозділах і обладнанню;
- підготовка паливно-енергетичного балансу;
- аналіз споживання енергії з оцінкою заходів економії;
- розробка заходів для удосконалення процесів, обладнання і технічного обслуговування;
- контроль інвестицій в енергозбереження;
- проведення енергоаудиту та консультацій;
- автоматизація системи обліку енергоспоживання;
- контроль питомих норм енергоспоживання;
- оцінка рахунків за енергію та укладення угод;
- розрахунок капіталовкладень та витрат;
- розробка стимулів для економії енергії;
- управління групою з енергозбереження та проектами.

Менеджер повинен виконувати аналіз потоків енергії, демонструвати знання методик оцінювання і заохочення працівників, консультувати з питань нового обладнання і тарифів, досліджувати можливість субсидій і їх застосування, здійснювати управління персоналом.

1.2 Енергетичний аудит та моніторинг. Енергетичні баланси

Енергетичний аудит представляє собою технічне інспектування підприємства для визначення шляхів економії енергії, впровадження енергозберігаючих технологій та системи енергоменеджменту. Основні задачі аудиту включають оцінку постачання і споживання енергії, потенціалу економії, використання вторинних і відновлюваних ресурсів, оптимізації енергоспоживання та екологічних переваг нових енергоустановок.

Для проведення аудиту необхідна точна інформація про обсяги енергоспоживання, розташування об'єкта та характеристики обладнання. Оскільки аудит – це складний і витратний процес, він проводиться поетапно, із погодженням результатів і планів на кожному етапі між аудитором і

підприємством. Це допомагає зменшити ризики і забезпечити досягнення консенсусу щодо виконаних робіт і їхньої вартості.

Загальні вимоги до проведення енергетичного аудиту включають можливість його застосування для всіх виробництв та компаній, облік усіх видів енергії, прийняття стандартизованих рішень, можливість ідентифікації етапів роботи та співробітництва між різними аудиторами.

При проведенні ЕУ можливо виділити наступні чотири основні етапи:

- 1) попередній контакт аудитора з керівництвом підприємства, ознайомлення з підприємством, його основними виробничими процесами та лініями, узгодження плану аудиту з керівництвом підприємства;
- 2) розроблення карти споживання енергії на підприємстві, визначення можливостей економії енергії, підписання угоди з керівництвом підприємства про проведення аудиту;
- 3) оцінка економії енергії при впровадженні запланованих заходів, вибір першочергових заходів для впровадження, написання та представлення керівництву підприємства звіту по ЕА, підписання рішення про проведення подальшого аудиту;
- 4) впровадження програми енергозбереження, запуск системи енергетичного менеджменту, продовження діяльності, проведення дослідження, аналіз досягнутих результатів.

Енергетичний моніторинг представляє собою процес збирання інформації, даних з пристроїв комерційного, технологічного та розподільного обліку та інших засобів вимірювальної техніки. Далі відбувається накопичення, оброблення та відображення зібраних даних для аналізу ефективності споживання та виробництва енергії.

Можливе впровадження автоматизованого енергомоніторингу, який представляє собою інформаційно-комунікаційну систему, в якій за допомогою технічних та програмних засобів забезпечується введення, зберігання, зчитування та автоматизоване збирання, обробка, представлення даних про обсяги споживання, виробництва енергії, характеристик повітряно-теплового

режиму, стану освітлення та інших даних, що необхідні для роботи системи енергоменеджменту.

Серед основних функцій системи енергетичного моніторингу можна виділити наступні:

- 1) організаційну, яка включає збір та обробку інформації;
- 2) інформаційну, що полягає у внесенні та оновленні інформації в бази даних системі автоматизованого енергомоніторингу;
- 3) моніторингову, яка полягає у постійному здійсненні моніторингу виробництва та споживання енергоносіїв, також після впровадження, запланованих заходів.

Енергетичні баланси. Енергетичний баланс промислового підприємства – це система показників одержання і використання енергії, що служить основою для планування роботи, раціоналізації енергогосподарства та нормування витрат палива й енергії. Баланси поділяються на процесні, агрегатні, цехові та загальнопідприємницькі, а також на планові і фактичні (звітні й аналітичні).

Звітні баланси виявляють непродуктивні витрати енергії, а аналітичні дозволяють порівнювати дані за роками, визначати ефективні види енергії, планувати заходи з енергоефективності та розробляти норми споживання.

Звітні паливно-енергетичні баланси визначають оптимальні енергетичні співвідношення між окремими видами: паливно-енергетичних ресурсів, установок та апаратів, які споживають енергію; енергогенеруючих установок.

За допомогою раціонального паливно-енергетичного балансу здійснюється правильний вибір енергії та палива для окремих видів енергетичних установок, виробничих та побутових процесів, раціональний вибір енергогенеруючих установок.

Планові баланси розробляються на рік із квартальною розбивкою, враховуючи виробничу програму та планові питомі витрати енергії. Разом із ними складають нормалізовані та перспективні баланси. Нормалізовані баланси відображають досяжний рівень енерговикористання на основі аналізу фактичних витрат.

Аналіз фактичних і перспективних балансів дозволяє: виявити зайві втрати енергії та розробити заходи з їх усунення; планувати реконструкцію застарілого обладнання і впровадження нової техніки; перевести процеси на економічні види енергоносіїв; визначити ефективні напрями використання енергоресурсів; обґрунтувати енергоспоживання та схеми енергопостачання підприємства.

Промислові підприємства споживають різні енергоносії, для яких складаються матеріальні й енергетичні баланси, що разом утворюють паливно-енергетичний баланс. Його основна мета – аналіз ефективності використання енергії, розробка норм витрат, оптимізація структури енергоспоживання, оцінка перспективних потреб у паливі й енергії та раціональний вибір джерел енергопостачання.

Баланс має дозволяти оцінити ефективність використання енергії на рівні підприємства. Для цього потрібно виділяти корисну енергію, втрати та вторинні ресурси, а також враховувати витрати на різні потреби (силові, технологічні, побутові). Баланси будуються у виробничо-територіальному розрізі, включають внутрішній оборот енергії й узгоджуються з матеріальними балансами.

Для оцінки збитків від низької якості палива та енергії в балансах варто зазначати їхні якісні характеристики (тиск, температура, марка, зольність тощо). Робочі енергетичні баланси дозволяють аналізувати витрати енергії, втрати, фактичне і нормативне споживання, що важливо для планування енергетичних навантажень. Однак вони не дають повної картини раціонального енергозабезпечення технологічних процесів, що виправляє аналітична форма балансу.

Аналітичний баланс відображає корисну енергію та втрати за видами і місцем виникнення, допомагаючи визначати шляхи економії й оптимізувати енергоспоживання. Електробаланс підприємства включає баланси активної та реактивної потужності за певний період, спрямований на покращення управління енергоспоживанням.

Баланс активної енергії визначає рівність прибуткової частини та загальну суму всієї споживаної електроенергії, що включає сумарні втрати у мережі, в робочих машинах та перетворювальних установках:

$$W_{\text{пр}} = \sum_{i=1}^n W_{ni} + \sum_{j=1}^m \Delta W_j, \quad (1.1)$$

де $W_{\text{пр}}$ – прибуткова частина електробалансу;

W_{ni} – корисна витрата електроенергії i -ми споживачами електроенергії;

ΔW_j – втрати електроенергії в j -х елементах системи електропостачання.

Прибуткова частина електробалансу відображає надходження електроенергії з енергосистеми, інших джерел або власних генеруючих установок підприємства, а видаткова – структуру електроспоживання по підрозділах, установках і з урахуванням втрат.

Електробаланс є ключовим джерелом інформації для визначення пріоритетних напрямів енергозбереження і зменшення втрат електроенергії.

Видаткова частина електробалансу повинна враховувати структуру питомих норм електроспоживання, включати відпуск електроенергії стороннім споживачам та відображати як досягнутий, так і прогресивний рівень оптимальних режимів. Це положення є обов'язковим для будь-якого виду електробалансу.

Структура видаткової частини має бути диференційована за напрямками, які можуть бути обліковані та контрольовані приладовими або розрахунковими методами. Вона повинна бути придатною для аналізу ефективності використання електроенергії на підприємстві.

1.3 Особливості впровадження СЕНМ на переробному підприємстві (МЕЗ)

Створення та функціонування системи енергоменеджменту на маслоекстракційному заводі має свої особливості, зумовлені специфікою виробничих процесів, високою енергоємністю обладнання та вимогами до якості продукції. При роботі маслоекстракційного заводу слід враховувати особливості

виробничого процесу. Спостерігається висока залежність основних енергоспоживачів від теплової енергії, що зумовлено специфікою технологічних процесів, які потребують значної кількості тепла. У процесах екстракції та обробки сировини часто використовується гаряче повітря або пара.

При рафінації олії відбуваються процеси гідратації, нейтралізації та дезодорації, які також використовують велику кількість теплової енергії. Після вилучення олії залишається шрот, який часто використовують як корм для тварин. Для забезпечення його тривалого зберігання потрібне сушіння, що вимагає значних витрат теплової енергії. На заводі гаряча вода використовується для миття обладнання та підтримання санітарних умов.

У холодні сезони теплову енергію також витрачають на опалення виробничих приміщень. Тепло може втрачатися через неефективну ізоляцію трубопроводів, парових котлів та обладнання. Це збільшує загальну потребу у тепловій енергії.

Для виявлення резервів зменшення енергоспоживання потрібно дослідити де відбувається найбільше споживання енергоресурсів.

На маслоекстракційному заводі найбільшими споживачами енергоресурсів є ті ділянки та процеси, які вимагають інтенсивного використання теплової та електричної енергії. До них відносяться: котельня (до 30–50% загального теплового енергоспоживання заводу), компресорна (до 10-15% споживання ТЕ), відділення екстракції (до 25–35% споживання ТЕ) та рафінації (до 15–25% споживання ТЕ). Серед обладнання - сушильне обладнання (до 10–20% загального споживання ТЕ), системи транспортування та млин для оброблення (до 10–20%), системи вентиляції та охолодження (5–10%).

Проведення аудиту енергетичних потоків дозволяє оцінити втрати тепла через погану ізоляцію, витрати пари, неефективне освітлення тощо. Так у котельній основні втрати тепла відбуваються через неефективну теплоізоляцію трубопроводів для транспортування пари та гарячої води, через димові гази, якщо немає економайзера для рекуперації тепла. На втрати тепла впливає також неефективність старого або неправильно налаштованого обладнання.

В екстракційному відділенні причинами втрат є низька ефективність теплообмінників, які використовуються для рекуперації тепла при регенерації розчинника, неізольовані частини обладнання, такі як випарники, мішалки, резервуари, неконтрольоване витікання пари.

При виконанні рафінації масла тепло втрачається через недостатню ізоляція обладнання, яке працює при високих температурах (дезодоратори, гідратори, відцентрові апарати), через вентиляційні системи при охолодженні приміщень з високотемпературним обладнанням.

У сушильному устаткуванні теплові втрати можуть бути викликані поганою ізоляцією сушарки або транспортних ліній для шроту, низькою ефективністю теплообмінників або їх відсутністю.

В системах транспортування тепла до втрат можуть приводити неізольовані або недостатньо ізольовані трубопроводи, фланці, клапани, витоки тепла через запірну арматуру, ущільнення або прокладки, довгі траси транспортування пари, гарячої води.

Тепло у вентиляційних та кондиціонувальних системах втрачається через неконтрольований вихід нагрітого повітря через вентиляційні отвори, відсутність рекуперації тепла в системах вентиляції.

Значні втрати теплової енергії присутні в адміністративних будівлях, через огорожувальні конструкції: стіни, дах, підлогу, вікна та двері, підвал, фундамент. На втрати впливає неефективна вентиляція, відсутність рекуперації. Мінімізувати втрати тепла можливо через покращення теплоізоляції, рекуперацію тепла, модернізацію котлів та сушильних установок, автоматизацію технологічних процесів, технічне обслуговування.

На маслоекстракційному заводі найбільш потужними споживачами електроенергії є обладнання, яке використовується для механічних, теплових і технологічних процесів. Основні категорії таких споживачів: електродвигуни транспортерів, насосів, мішалок, вентиляторів; шнекові та стрічкові транспортери для переміщення сировини та продуктів; насоси для подачі рідини, розчинника, олії; мішалки в технологічних резервуарах і змішувачах;

вентилятори для подачі повітря або газів у сушарки та печі. Електроспоживання цієї групи споживачів може доходити до 30–40% загального по підприємству.

Крупними електроспоживачами є компресори, що призначені для генерації стисненого повітря для пневматичного обладнання і технологічних потреб, сушильне устаткування, вентилятори для циркуляції гарячого повітря (частка споживання до 10–15% загального споживання ЕЕ); технологічне обладнання для обрушення і подрібнення сировини (до 10–20% загального споживання ЕЕ), системи вентиляції і кондиціонування (до 5–10% загального споживання ЕЕ), освітлення - 3–5%. Окрему групу становлять автоматизовані системи управління: контролери, сенсори, дисплеї, сервери. Їх доля електроспоживання невелика (до 2–3%), але критично важлива.

Для зменшення електроспоживання доцільно здійснювати виявлення неефективного обладнання; перехід на сучасні двигуни з вищим класом енергоефективності; використання для регулювання швидкості обертання двигунів частотних перетворювачів, особливо на насосах і вентиляторах; оптимізацію роботи компресорів, зниження холостих простоїв обладнання, заміну старих ламп на енергоефективні і т.і.

Для постійного моніторингу енергоспоживання в критичних точках необхідне встановлення приладів обліку, датчиків, використання програмного забезпечення для аналізу та управління даними.

2 ОЦІНКА ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ НА ПІДПРИЄМСТВІ

Одним з перших кроків впровадження системи енергоменеджменту являється оцінка стану промислового підприємства з точки зору ефективності виробництва. У якості промислового підприємства розглянуто маслоекстракційний завод, який спеціалізується на випуску олії та шроту.

Площа території підприємства складає приблизно 25 га. Площа основних підрозділів 12700 м². На даний період підприємство забезпечує випуск номенклатури виробів з об'ємом товарної продукції 140,5 млн. грн. на рік. Станом на 01.12.2024 року на підприємстві працює 250 робітників. Вартість випущеної продукції склала в 2021 році – 197,1 млн. грн., в 2022 році -130,11 млн. грн., а 2023 році - 153,8 млн. грн.

Перспективи розвитку підприємства визначаються з одного боку – стабільним попитом на його продукцію, з іншого боку – його технічними можливостями. Продукція заводу реалізується переважно в Україні, близько 20 % експортується.

2.1 Електрична частина. Характеристика джерел живлення, електроприймачів. Облік електроенергії на підприємстві

Зовнішнє електропостачання заводу здійснюється від підстанції (ПС) енергосистеми 150/35/10 кВ, яка знаходиться на відстані 4,5 км від власної ПС «МЕЗ» 35/10 кВ. На ГЗП підприємства встановлено два силові трансформатори потужністю по 16 000 кВА кожний. Крім маслоекстракційного заводу від цієї підстанції отримують живлення також інші споживачі.

Внутрішнє електропостачання споживачів підприємства здійснюється від трансформаторних підстанцій (ТП) ТП-1 та ТП-2, на яких встановлено по два силові трансформатори потужністю по 2500 кВА кожний. Трансформаторні підстанції підключені до ГЗП заводу кабельними лініями.

Електропостачання на напрузі 0,4 кВ здійснюється за радіальною схемою від силових та освітлювальних розподільних пунктів, що отримують живлення від шин 0,4 кВ ТП. Оскільки завод було побудовано в 2009 році, обладнання є новим.

Розглядається можливість спорудження власного внутрішнього джерела живлення – ТЕЦ, оскільки на заводі є паливо (лушпиння соняшника) та на потреби технологічного процесу витрачається багато пари.

Характеристика електроприймачів. Головними споживачами електричної енергії на заводі є електропривод, системи стиснутого повітря, вентиляційні системи, насосні установки, освітлювальні установки.

Значення приєднаної потужності за цехами заводу наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Приєднана потужність підрозділів підприємства

№п/п	Назва підрозділа	P_n , кВт
1	Головний корпус	2319,63
2	Екстракційний корпус	2363,2
3	Адміністративна споруда	30
4	Елеватор насіння	458
5	Сушарка насіння	136
6	Склад шроту	178
7	Котельня	987,7
8	Компресорна станція	350
9	Насосна станція	136,5
10	Гради́рня	180
11	Ваги	5
12	Приймання насіння	160
13	Зерноскладище	2391,3
	Разом	9695,33

У таблиці 2.2 наведено перелік найбільш потужних струмоприймачів на заводі.

Таблиця 2.2 – Найбільш потужні струмоприймачі на заводі

№п/ п	Найменування струмоприймача	n, шт	$P_{\text{одн}}$, кВт
1	Гранулятор	1	275,4
2	Димосос	2	250
3	Прес	3	203
4	Вальцьовий верстат	3	136,85
5	Жаровня	3	57,2
6	Обрушувач для насіння сої	1	52,75
7	Живильні насоси	4	45
8	Вентилятор лузги	2	37
9	Охолоджувач шроту	1	33
10	Вентилятор лузги	3	30

Електрична енергія на підприємстві також споживається на потреби внутрішнього та зовнішнього освітлення.

Внутрішнє освітлення на підприємстві виконано з використанням ламп ДРЛ, розжарювання, галогенних та люмінесцентних ламп.

Зовнішнє освітлення заводу виконано з використанням ламп ДНаТ.

Організація обліку електроенергії. На підприємстві передбачений тільки комерційний облік електроенергії. Для здійснення комерційного обліку встановлено 2 лічильника SL 7000 на контактах приєднання КЛ-10 кВ до комутаційного апарату в комірках №№ 7 та 12 РУ-10 кВ ПС «МЕЗ» 35/10 кВ.

Розмежування балансової належності електромереж та експлуатаційної відповідальності сторін затверджується відповідним актом, який завод підписує з ПрАТ «Кіровоградобленерго».

Функціональні можливості лічильника SL 7000 та схема його підключення приведені в розділі 3.1. Для організації комерційного обліку на підприємстві встановлено ЛУЗОД.

Якість електроенергії. Зниження якості електричної енергії відбувається в процесі передачі, розподілу та споживання внаслідок впливу певних споживачів

систем електропостачання. Зниження якості електроенергії несприятливо впливає на режими роботи електрообладнання, систем релейного захисту, автоматики та телемеханіки, що призводить до значних економічних збитків та зниження надійності електропостачання.

На підприємстві джерелами вищих гармонік є тиристорні регулятори напруги та частотні перетворювачі, які встановлені для регулювання швидкості обертання тягодуттєвих вентиляторів котельної та пристроїв плавного пуску конвеєрних ліній. Дослідження та заміри показників якості електроенергії на підприємстві не проводилися.

Компенсація реактивної потужності. Для компенсації реактивної потужності на підприємстві встановлені комплектні конденсаторні установки на шинах 0,4 кВ ТП-618 та ТП-618-2. Всього 4 штуки загальною потужністю 4320 кВАр: УКРМ-0,4-540-60 – 8 шт.

Розрахунки за спожиту електроенергію. Підприємством «МЕЗ» розрахунки за спожиту електроенергію здійснюються відповідно з договором, укладеним з постачальником електричної енергії. Також укладено договір з оператором системи розподілу. Ціна за надання послуг з розподілу електричної енергії враховується у тарифі постачальника.

В таблиці 2.3 та на рисунку 2.1 наведені обсяги споживання електроенергії підприємством по місяцям 2021-2023 року.

Таблиця 2.3 – Споживання електроенергії підприємством по місяцям 2021-2023 року.

Місяць	Споживання електроенергії, кВт·год			Місяць	Споживання електроенергії, кВт·год		
	2021	2022	2023		2021	2022	2023
Січень	1611005	2522113	2199490	Липень	2869541	2168725	2024037
Лютий	1712563	2435311	2191780	Серпень	2564851	2182591	1869037
Березень	2154894	2048663	2502093	Вересень	2356489	1645878	2158368
Квітень	2351462	1911828	1866769	Жовтень	2548954	1599593	2185945
Травень	2645895	1799834	2040231	Листопад	2115468	2218161	2063869
Червень	2513458	1492254	2017564	Грудень	1546789	2143267	1810090
				Всього	26991369	24168217	24929272

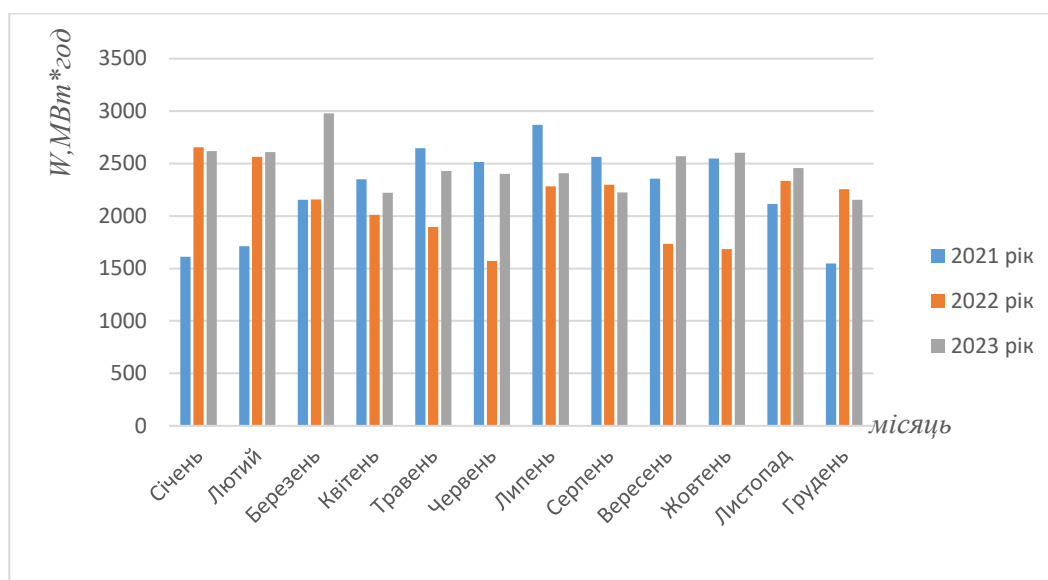


Рисунок 2.1 - Споживання електроенергії заводом по місяцям
2021-2023 року

Рисунок 2.1 показує нерівномірне споживання електроенергії протягом року, що пов'язано з постачанням сировини.

В таблиці 2.4 наведено тарифи на електричну енергію та результати розрахунків вартості спожитої електроенергії.

Таблиця 2.4 – Тарифи на електроенергію та вартість спожитої електроенергії

Місяць	Тариф, грн/ МВт*год			Вартість, тис.грн		
	2021	2022	2023	2021	2022	2023
Січень	4924,00	5964,59	6689,37	14713,2	15043,4	14713,2
Лютий	4924,00	5964,59	6689,37	14661,6	14525,6	14661,6
Березень	4924,00	5964,59	6689,37	16737,4	12219,4	16737,4
Квітень	4924,00	5964,59	6689,37	12487,5	11403,3	12487,5
Травень	4924,00	5964,59	6689,37	13647,9	10735,3	13647,9
Червень	4924,00	5964,59	6689,37	13496,2	8900,7	13496,2
Липень	4924,00	5964,59	6689,37	13539,5	12935,6	13539,5
Серпень	4924,00	5964,59	6689,37	12502,7	13018,3	12502,7
Вересень	5090,59	5964,59	6689,37	14438,1	9817,0	14438,1
Жовтень	5090,59	5964,59	6689,37	14622,6	9540,9	14622,6
Листопад	5090,59	5964,59	6689,37	13806,0	13230,4	13806,0
Грудень	5090,59	5964,59	6689,37	12108,4	12783,7	12108,4
	Всього:			134333	144153,6	166761,1

При розрахунках тарифу на електроенергію враховувався тариф на послуги з розподілу, який з 2021 року змінювався наступним чином: з 01.01.2021 р. – 235,27 грн/МВт·год; з 01.09.2021 р. – 243,23 грн/МВт·год; з 01.01.2022 р. – 284,99 грн/МВт·год; з 01.01.2023 р. – 319,62 грн/МВт·год; з 01.01.2024 р. – 397,24 грн/МВт·год. Тариф на постачання електричної енергії встановлюється постачальником та є комерційною таємницею, тому у таблиці 2.4 вартість спожитої електроенергії вказана наближено, з врахуванням основних тенденцій.

2.2 Втрати потужності та електроенергії.

Електробаланс підприємства

Для визначення втрат потужності скористаємося даними про розрахункове силове та освітлювальне навантаження підприємства, яке наведено у додатку А. Загальне розрахункове навантаження на шинах 0,4 кВ з врахуванням освітлювального навантаження та конденсаторних установок 0,4 кВ становить:

$$P_{p.мез.0,4} = 6426,76 \text{ кВт}; \quad Q_{p.к.0,4} = 5344,98 - 4320 = 1024,98 \text{ квар};$$

$$S_{p.мез.0,4} = \sqrt{P_{p.мез.0,4}^2 + Q_{p.к.0,4}^2} = \sqrt{6426,76^2 + 1024,98^2} = 6507,98 \text{ кВА}.$$

Далі знаходимо втрати активної та реактивної потужності в трансформаторах цехових ТП ТМ 2500-10/0,4. Технічну характеристику силових трансформаторів ТМ-2500/10/0,4 наведено в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Технічна характеристика силових трансформаторів та втрати в ТР

Тип трансформатора	ΔP_{xx} ,	ΔP_k ,	U_k ,	I_{xx} ,	S_n ,	ΔP ,	ΔQ ,
	кВт	кВт	%	%	кВА	кВт	кВАр
ТМ-2500/10/0,4	3,5	26	6	1	2500	58,08	354,28
ТДНС-16000/35/10	21	90	8	0,6	16000	50,1	315,9

Величина коефіцієнту завантаження трансформатору ТП:

$$k_3 = \frac{S_p}{4 \cdot S_{ном}} = \frac{6507,98}{4 \cdot 2500} = 0,651.$$

Для прикладу розраховуємо втрати в трансформаторах ТП:

$$\Delta P = n(\Delta P_x + \Delta P_K K_3^2) = 4 \cdot (3,5 + 26 \cdot 0,651^2) = 58,08 \text{ кВт}; \quad (2.1)$$

$$\Delta Q = n \cdot \left(\frac{I_x}{100} S_H + \frac{U_K}{100} S_H K_3^2 \right) = 4 \cdot \left(\frac{1,0}{100} \cdot 2500 + \frac{6}{100} \cdot 2500 \cdot 0,651^2 \right) = 354,28 \text{ кВАр}, \quad (2.2)$$

де n - прийнята кількість трансформаторів;

ΔP_x , I_x , ΔP_K , U_K – значення втрат та струму холостого ходу; втрат та напруги короткого замикання, відповідно ; S_H – прийнята номінальна потужність трансформатора.

Визначаємо навантаження МЕЗ на шинах 10 кВ, враховуючи втрати в трансформаторах:

$$\begin{aligned} S_{p.мез.10} &= \sqrt{P_{p.мез.10}^2 + Q_{p.мез.10}^2} = \\ &= \sqrt{(6426,6 + 58,08)^2 + (1024,98 + 354,28)^2} = 6629,89 \text{ кВА}. \end{aligned}$$

Визначаємо втрати потужності в кабельних лініях підприємства 10 кВ.

Технічна характеристика кабельних ліній приведена в таблиці 2.6.
Навантаження на одну кабельну лінію:

$$\begin{aligned} P_{кл} &= \frac{P_{\Sigma}}{4} = \frac{6484,84}{4} = 1621,21 \text{ кВт}; \\ Q_{кл} &= \frac{Q_{\Sigma}}{4} = \frac{1379,26}{4} = 344,815 \text{ кВАр}. \end{aligned}$$

Таблиця 2.6 – Технічна характеристика КЛ електропередачі та втрати в КЛ

Ділянка	Тип, марка	Довжина L , км	r_0 , Ом/км	x_0 , Ом/км	ΔP , кВт	ΔQ , кВАр
С-ГЗП	ААБл -35 (3х95)	4,5	0,326	0,126	2,73	1,05
ГЗП-ТП1;2	ААБл-10 (3х150)	0,96	0,21	0,079	5,04	1,99

Загальна довжина кабельних ліній 10 кВ $L = 0,96$ км.

$$\Delta P_{KL} = \frac{P_P^2 + Q_P^2}{U_H^2} \cdot r_0 \cdot L_L \cdot 10^{-3} = \frac{(1624,21^2 + 344,81^2)}{10,5^2} \cdot 0,21 \cdot 0,96 \cdot 10^{-3} =$$

$$= 5,04 \text{ кВт} \quad (2.3)$$

$$\Delta Q_{KL} = \frac{P_P^2 + Q_P^2}{U_H^2} \cdot x_0 \cdot L_L \cdot 10^{-3} = \frac{1624,21^2 + 344,81^2}{10,5^2} \cdot 0,079 \cdot 0,96 \cdot 10^{-3} =$$

$$= 1,896 \text{ кВАр} \quad (2.4)$$

Далі визначаються втрати в трансформаторах ГЗП та кабельних лініях 35 кВ від системи до ГЗП, використовуються формули (2.1)-(2.4), результати занесено в таблиці 2.5 – 2.6.

Побудова та аналіз балансів споживання електричної енергії. Визначимо витрати електроенергії на живлення технологічного і допоміжного обладнання, освітлення (внутрішнього, зовнішнього, аварійного). Для цього скористаємося спрощеними формулами:

$$W_c = P_c \cdot T_p = P_e \cdot k_e \cdot n$$

де P_c , P_e – середня та встановлена потужності струмоприймача одного типу, відповідно, кВт; T_p - тривалість роботи однотипних споживачів, год; k_e – значення коефіцієнту використання встановленої потужності; n - кількість однотипних споживачів.

Наприклад для норії:

$$W_c = P_e \cdot k_e \cdot n \cdot T_p = 4,5 \cdot 0,3 \cdot 2 \cdot 4200 = 11340 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Аналогічні розрахунки для інших однотипних груп споживачів зведено в таблицю 2.7.

Таблиця 2.7 – Розрахунок споживання електроенергії обладнанням головного корпусу

№ п/п	Найменування обладнання	Кількість одиниць обладнання, шт	Встановлена потужність одиниці (min-max), кВт	Загальна встановлена потужність, кВт	Коефіцієнт використання встановленої потужності	Середня потужність, кВт	Тривалість роботи за рік, год	Річне споживання електроенергії, кВт·год
<i>Технологічне обладнання</i>								
1	Норії	2	4,5	9	0,3	2,7	4200	11340
2	Конвеєри	41	1,5-9,2	134,8	0,7	94,36	4200	396312
3	Вальцевий станок	3	137	411	0,4	164,4	4200	690480
4	Сушка насіння	1	46	46	0,7	32,2	4200	135240
5	Сепаратори	13	1,1-7,5	16	0,4	6,4	4200	26880
6	Шлюзові затвори	7	1,5-2,2	11,9	0,5	5,95	4200	24990
7	Обрушувач насіння сої	1	53	53	0,5	26,5	4200	111300
8	Насіннерушка	6	15,75	94,5	0,5	47,25	4200	198450
9	Вентилятори	10	15,75-37	101,25	0,7	70,88	4200	297675
10	Жаровня	3	57	171	0,6	102,6	4200	430920
11	Преси	3	203	609	0,6	365,4	4200	1534680
12	Гранулятор	1	275	275	0,6	165	4200	693000
13	Охолоджувачі	8	3..22	53	0,6	31,8	4200	133560
14	Мішалка	1	22	22	0,5	11	4200	46200
15	Охолоджувачі	3	11..33	68	0,6	40,8	4200	171360
	<i>Всього по ТО</i>							4902387
<i>Допоміжне обладнання</i>								
16	Вентилятори	2	11...30	41	0,6	24,6	3600	88560
<i>Освітлення</i>								
17	Розжарювання	23	0,04-0,06	1,02	0,9	0,92	4200	3855,6
18	TLD 36W	29	0,036	1,044	0,9	0,94	4200	3946,32
19	ДРЛ-700	40	0,7	28	0,95	26,6	4200	111720
	<i>Всього по освітленню</i>							119521,92
	<i>Разом по корпусу</i>							5110468,92

Для інших цехів розрахунок корисного споживання електроенергії виконується аналогічно і зведено в таблицю 2.8 .

Таблиця 2.8 – Споживання електроенергії за рік по підрозділам заводу

n/n	Назва підрозділу	Слектроспоживання електроенергії за рік, кВт·год		
		Обладнання техноло- гічне і допоміжне	Освітлення	Разом
1	Екстракційний корпус	6117504,7	101697,75	6219202,45
2	Головний корпус	4990947	119521,92	5110468,92
3	Адміністративна споруда	76893	19644,8	96537,8
4	Елеватор насіння	5740842,03	1805,7	5742647,73
5	Сушарка насіння	394618	839,6	395457,6
6	Приймання насіння	365508	1045,1	366553,1
7	Склад шроту	428786,75	2609,6	431396,35
8	Котельня	2697790,55	59595,3	2757385,85
9	Гради́рня	529092	2302,5	531394,5
10	Компресорна станція	988604	2415,3	991019,3
11	Насосна станція	418672,8	6207,9	424880,7
12	Зернохосовище	877716,2	101,7	877817,9
13	Ваги	15236,6	814,6	16051,2
14	Втрати в трансформаторах			453916,28
15	Втрати в кабельних лініях			32633,46
16	Всього			24447363,14

Витратна частина річного балансу споживання електроенергії заводу зображена на рисунку 2.2.

Порівняємо отримані розрахунково-аналітичним шляхом дані про річне енергоспоживання з даними отриманими за допомогою системи обліку електроенергії. Значення спожитої електроенергії у 2023 році становить – 24929272 кВт·год/рік, за даними розрахунку річна кількість спожитої електроенергії становить – 24447363,14 кВт·год/рік. Отже, дані отримані в результаті розрахунку є достовірними з похибкою:

$$\delta = \frac{24929272 - 24447363,14}{24929272} \cdot 100\% = 1,933\%.$$

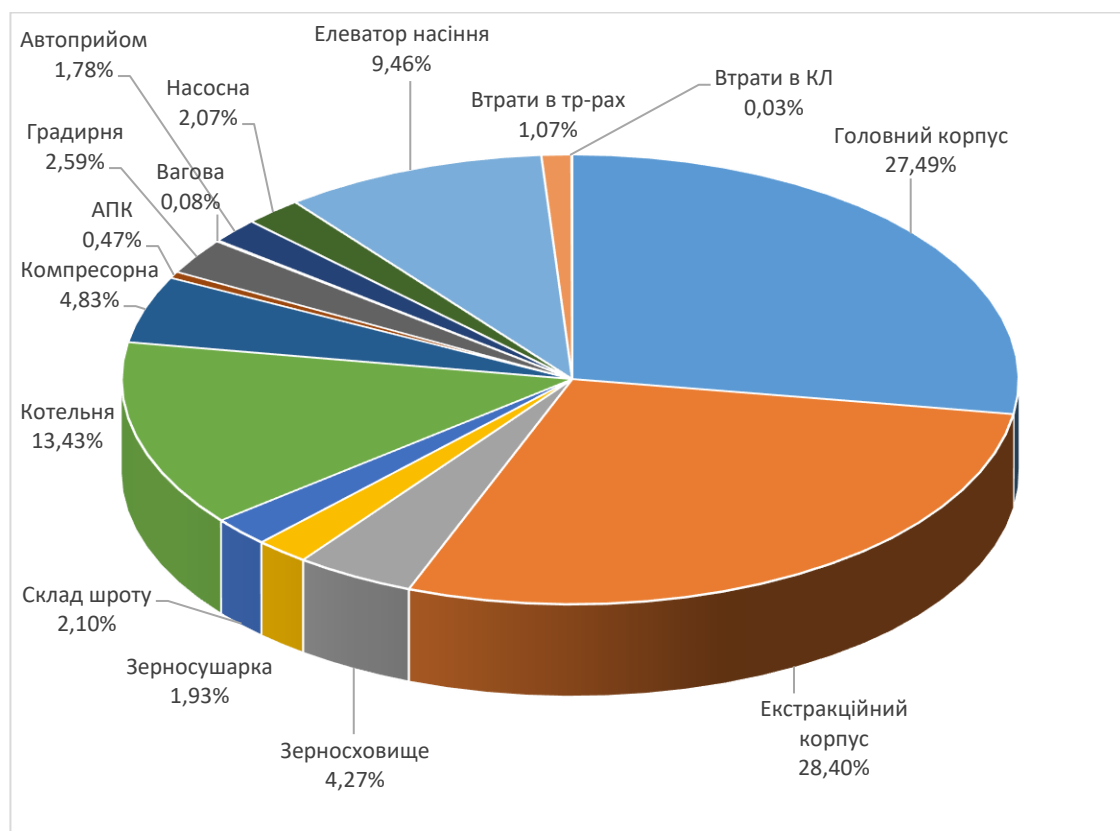


Рисунок 2.2 – Витратна частина балансу споживання електроенергії підприємством за рік

Найбільше електричної енергії споживається у головному та екстракційному корпусах, де встановлено енергоємне технологічне обладнання: вальцеві станки, конвеєри, жаровні, норії, вентилятори, преси, насіннерушки, насоси та гранулятори. Значну долю електроенергії споживають котельня та елеватор насіння. Найбільш енергоємні споживачі: димососи, живильні насоси, вентилятори дуття.

Споживання електричної енергії на освітлення теж розподіляється нерівномірно та основна частина приходить на головний корпус, в якому в першу чергу, доцільно розглянути модернізацію системи освітлення.

В цілому, обладнання заводу є новим, та в основному, не вимагає заміни або модернізації, тому основну увагу доцільно приділити впровадженню обліку та контролю за енергоспоживанням тих цехів, що споживають максимальну кількість електроенергії.

2.3 Теплотехнічна частина. Загальна характеристика споживачів та джерел енергопостачання. Схеми енергопостачання та організація обліку

Крім електроенергії на підприємстві споживається холодна вода та природний газ (в якості резервного джерела живлення для котельної).

Холодна вода споживається для особистої гігієни працівників, для деяких побутових потреб і в технічних цілях: для виробітку пари у котельній. Інформацію про обсяги споживання води та витрати коштів згідно з відповідними тарифами наведено у таблицях 2.9 та 2.10.

Таблиця 2.9 – Річне споживання води на підприємстві

Місяць	Споживання води, тис.м ³			Місяць	Споживання води, тис.м ³		
	2021	2022	2023		2021	2022	2023
Січень	9	9	8	Липень	14	14	13
Лютий	9	8	8	Серпень	13	13	12
Березень	9	9	10	Вересень	11	12	12
Квітень	10	10	10	Жовтень	11	11	12
Травень	10	11	12	Листопад	10	9	10
Червень	12	13	12	Грудень	8	9	8
				Всього	123	127	126

Таблиця 2.10 – Тарифи та вартість спожитої води на підприємстві

Місяць	Тариф, грн/м ³			Вартість, тис.грн		
	2021	2022	2023	2021	2022	2023
Січень	16,63	45,97	45,97	149,67	413,73	367,76
Лютий	16,63	45,97	45,97	149,67	367,76	367,76
Березень	16,63	45,97	45,97	149,67	413,73	459,7
Квітень	16,63	45,97	45,97	166,3	459,7	459,7
Травень	16,63	45,97	45,97	166,3	505,67	551,64
Червень	16,63	45,97	45,97	199,56	597,61	551,64
Липень	16,63	45,97	45,97	232,82	643,58	597,61
Серпень	16,63	45,97	45,97	216,19	597,61	551,64
Вересень	16,63	45,97	45,97	182,93	551,64	551,64
Жовтень	16,63	45,97	45,97	182,93	505,67	551,64
Листопад	16,63	45,97	45,97	166,3	413,73	459,7
Грудень	16,63	45,97	45,97	133,04	413,73	367,76
Всього				2095,38	5884,16	5838,19

Графік споживання холодної води представлений на рисунку 2.3.

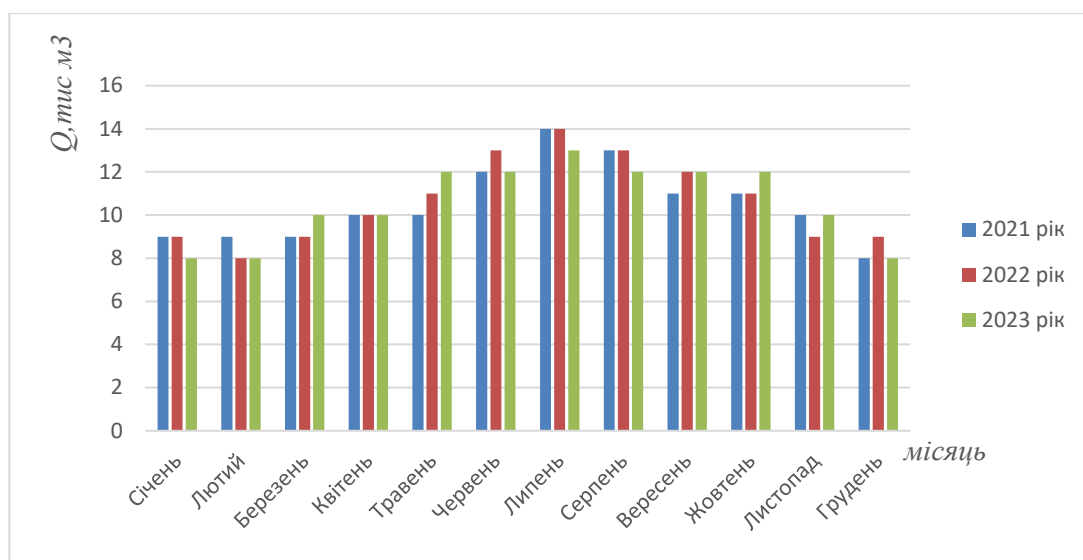


Рисунок 2.3 - Графік споживання холодної води протягом 2021-2023 рр.

На підприємстві також споживається теплова енергія, пара та стиснуте повітря.

Теплова енергія витрачається на підприємстві на технологічні потреби у головному та екстракційному корпусах, опалення та вентиляцію, гаряче водопостачання, власні потреби котельної та втрати в теплових мережах.

Стиснуте повітря витрачається на технологічні потреби як пневмотранспорт для переміщення лузги в топку котла.

Основними споживачами пари на підприємстві є пресова ділянка з відділенням підготовки макухи до екстракції, екстракційний корпус, ділянка гідратації, резервуари для олії, каустичної соди.

Джерела енергопостачання. Всього на підприємстві два підводи води, які з'єднуються з системами водопостачання цехів підприємства. Трубопроводи між цехам розміщені в траншеях завглибшки 1,5 м. В кожному цеху водопровідні системи мають свої розв'язки і розміщені стояками.

Газ поступає на підприємство через газорозподільний пристрій. Трубопровід для постачання газу проходить по території підприємства. Є два ГРП.

Для виробництва пари на підприємстві є власна котельня, де встановлені два парові котли Е-16-24-350ДВ, що працюють на лузгі соняшника або природному газі (резервне паливо на час відсутності лузги). Характеристика котельних агрегатів наведена в таблиці 2.11, а зовнішній вигляд котельної та парового котлу - на рисунку 2.4 а), б).

Таблиця 2.11 – Характеристика парового котла Е-16-24-350ДВ

Модель	При роботі на лузги соняшника			При роботі на природному газі		
	Продуктивність, кг/год пари	Тиск, МПа	Температура перегрітої пари, °С	Продуктивність, кг/год пари	Тиск, МПа	Температура перегрітої пари, °С
Е-16-24-350ДВ	16000	2,4	350	10000	2,4	350



а)



б)

Рисунок 2.4 - Зовнішній вигляд котельної та парового котла: а) зовнішній вигляд котельної; б) – зовнішній вигляд парового котла Е-16-24-350ДВ.

Стиснуте повітря виробляється в компресорній, де встановлено:

- 3 компресорні повітряні агрегати SCK 26/8. Продуктивність - 2,75 м³/хв, тиск – 8 бар, потужність електродвигуна – 18,5 кВт;

- 2 роторних компресори PLUS 55-08. Продуктивність - 8600 л/хв, тиск – 8 бар, потужність електродвигуна – 55 кВт. Зовні встановлено три повітрозбірника (ресивера) робочим об'ємом 10 м³ кожний.

Схеми енергопостачання. Найбільш поширені парові системи теплопостачання з поверненням конденсату джерелу теплопостачання. Повернення конденсату в котельню потребує спорудження конденсатозбірної системи, що складається з конденсатозбірної мережі, конденсатовідвідників і збирального бака з насосами.

Принципова тепла схема парової системи теплопостачання складається з джерела теплопостачання, де встановлені парові котли. По подавальному паропроводу пара подається на технологічні потреби, а також в теплообмінники вентиляційної системи, систему опалювання та гарячого водопостачання. За теплообмінниками необхідно встановлювати конденсатовідвідники. Конденсат збирається у конденсатному баку, а потім за допомогою конденсатного насоса через поворотний клапан подається у паровий котел.

Щоб зменшити внутрішню корозію конденсатозбірної мережі, системи збирання й повернення конденсату виконують закритими з надатмосферним тиском у баках для збирання конденсату не менш як 0,005 МПа. Відкриті системи допускаються до застосування при малій витраті конденсату, що повертається (менше як 10 т/год) і відстані до джерела теплопостачання не більш 0,5 км.

Постачання води на підприємство здійснюється від міського водоводу.

Організація обліку енергоспоживання. На підприємстві передбачено вводи води від міської мережі водопостачання. Для контролю за витратою води встановлено турбінний фланцевий лічильник води Groswasser MTK-UA -1 шт. Також на підприємстві встановлено два лічильники холодної води МTK-UA для контролю використаної води паровою котельною.

Для контролю параметрів роботи котельної встановлені витратоміри, манометри, термометри, вимірювачі вологовмісту, вимірювачі витрати лушпиння.

2.4 Аналіз споживання й втрат теплової енергії. Складання енергобалансів

Тепловий баланс підприємства характеризує розподіл теплоти. Тепловий баланс складається для найбільш напруженого режиму роботи системи.

Основна доля виробництва тепла на маслоекстракційному заводі припадає на виробництво пари, яка споживається у процесах виробництва олії та інших технологічних процесів.

Потужність джерела тепlopостачання (ΣQ) розраховується як сума відпущеної теплоти зовнішнім споживачам (опалення Q_o , гаряче водопостачання $Q_{\text{зв}}$, вентиляція Q_v , технологічні потреби Q_{mn}) і витрата теплоти на власні потреби $Q_{\text{вп}}$:

$$\Sigma Q = Q_{mn} + Q_o + Q_v + Q_{\text{зв}} + Q_{\text{вп}}.$$

Витрати теплоти для технологічних потреб підприємства. Такі витрати можливо оцінити по формулі:

$$D_{\text{ТП}} = \Sigma D_j + D_{\text{інші}},$$

де D_j – величина витрати пари на окремі технологічні процеси:

$D_1 = 5,88$ т/год – виконується пресування та підготовка макухи до екстракції;

$D_2 = 12,64$ т/год – витрати на екстракцію масла;

$D_3 = 6,57$ т/год - витрати на гідратацію масла;

$D_4 = 8,2$ т/год - сушіння насіння;

$D_{\text{інші}} = 0,31$ т/год – очистка резервуарів для олії.

Таким чином, споживання пари на технологічні потреби заводу за добу:

$$D_{\text{ТП}} = (5,88 + 12,64 + 6,57 + 8,2 + 0,31) \cdot 24 = 806,4 \text{ т.}$$

Тоді, витрата теплоти на технологічні потреби:

$$Q_{\text{ТП}} = D_{\text{ТП}} \cdot (h_{\text{п}} - n_{\text{к}} \cdot t_{\text{к}} \cdot C_{\text{в}}) \cdot m \cdot 10^{-3} = 806,4 \cdot (2768,4 - 0,1 \cdot 80 \cdot 4,154) \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 52\,886 \cdot 10^3 \text{ МДж/добу або } 52\,886 \cdot 10^3 / 4186,8 = 12,631 \cdot 10^3 \text{ Гкал/добу}$$

Розрахунок витрати теплоти на вентиляцію. Вентиляція будівель має обмежений характер:

$$Q_v = q_v \cdot V_z \cdot (t_{вн} - t_{pv}) \text{ МВт},$$

де q_v – питома вентиляційна характеристика будівель, Вт/(м³/К); t_{pv} – розрахункова температура зовнішнього повітря для системи вентиляції, °С.

Для головного корпусу:

$$Q_v = 0,3 \cdot 15,77 \cdot (16+9) = 118,275 \text{ кВт}.$$

Середня витрата теплоти за опалювальний період на вентиляцію.

$$Q_v^{cp} = Q_v^p \cdot \frac{t_{вн} - t_{cp.o}}{t_{вн} - t_{p.o}} = 118,275 \cdot \frac{16+1}{16+9} = 80,427 \text{ кВт}$$

Річні витрати теплоти на вентиляцію:

$$Q_v^{pich} = 3600 \cdot Q_v^{cp} \cdot n_o \cdot z \cdot 10^{-3} \text{ ГДж/рік}.$$

де z – кількість годин роботи вентиляції за добу.

$$Q_v^{pich} = 3600 \cdot 80,427 \cdot 185 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 535,66 \text{ ГДж/рік}.$$

Результати розрахунків вентиляційного навантаження для інших корпусів аналогічні і наведені в таблиці 2.12.

Таблиця 2.12 - Розрахунок вентиляційного навантаження

№	Назва будівлі	$V \cdot 10^3$, м ³	q_v , Вт/м ³ ·К	Q_v^{cp} , кВт	Q_v^p , кВт	Q_v^{pich} , ГДж/рік
1	2	3	4	5	6	7
1	Головний корпус	15,77	0,3	80,43	118,28	535,66
2	Екстракційний корпус	9,87	0,3	50,32	74,00	335,11
3	Адміністративна споруда	2,27	0,1	3,87	5,69	25,75
4	Елеватор насіння	5,04	0,3	25,72	37,83	171,32
5	Сушарка насіння	0,16	0,3	0,84	1,23	5,57
6	Склад шроту	0,26	0,8	3,47	5,10	23,10
7	Котельня	12,32	0,3	62,82	92,38	418,36

Продовження таблиці 2.12.

1	2	3	4	5	6	7
8	Компресорна станція	0,37	0,3	1,91	2,81	12,70
9	Насосна станція	0,43	0,8	5,82	8,56	38,77
10	Гради́рня	0,48	0,1	0,81	1,19	5,39
11	Ваги	0,17	0,8	2,28	3,36	15,22
12	Приймання насіння	0,32	0,8	4,41	6,48	29,35
13	Зерносковище	22,39	0,1	38,07	55,98	253,52
	Всього			280,75	412,87	1869,85

Витрата теплоти на гаряче водопостачання. Витрата теплоти на гаряче водопостачання визначається виходячи з норм споживання гарячої води з температурою 65 °С.

Середньотижнева витрата теплоти на гаряче водопостачання [4]:

$$Q_{\text{сб.}}^{\text{срт}} = 1,395 \frac{m \cdot a \cdot (65 - t_x) \cdot c_{\text{в}} \cdot 10^{-3}}{T \cdot 3600}, \text{ МВт},$$

де 1,395 – коефіцієнт, що враховує тепловіддачу в приміщеннях від трубопроводів систем гарячого водопостачання; a – величина норма витрати води при температурі 65 °С на одиницю споживання (л); T – години роботи системи гарячого водопостачання на протязі доби; t_x – значення температури холодної води: для зими $t_x = 5$ °С; m – кількість одиниць споживання; $c_{\text{в}}$ – теплоємність води, приймається $c_{\text{в}} = 4,187$ кДж/(кг·К).

Враховуючи, що дані про споживачів теплоти гарячого водопостачання в корпусах відсутні, тому приймаємо норму витрати 25 л/споживача.

Для головного корпусу:

$$Q_{\text{сбп}}^{\text{max}} = 1,395 \cdot \frac{40 \cdot 25 \cdot (65 - 5) \cdot 4,19 \cdot 10^{-3}}{10 \cdot 3600} = 0,49 = 490 \text{ кВт}.$$

Розрахунки витрат на гаряче водопостачання для решти будівель виконано аналогічно та наведено в таблиці 2.13.

Таблиця 2.13 - Розрахунок витрати теплоти на гаряче водопостачання

№	Назва будівлі	$V \cdot 10^3, \text{ м}^3$	$m, \text{ чол.}$	$a, \text{ л}$	$Q_{\text{звс}}^{\text{max}}, \text{ кВт}$
1	Головний корпус	15,77	45	5	2,192
2	Екстракційний корпус	9,87	40	5	1,948
3	Адміністративна споруда	2,27	32	5	1,559
4	Елеватор насіння	5,04	5	2	0,097
5	Сушарка насіння	0,16	2	2	0,039
6	Склад шроту	0,26	15	5	0,731
7	Котельня	12,32	15	5	0,731
8	Компресорна станція	0,37	3	5	0,146
9	Насосна станція	0,43	5	5	0,244
10	Гради́рня	0,48	1	2	0,019
11	Ваги	0,17	2	2	0,039
12	Приймання насіння	0,32	2	2	0,039
13	Зернохосвище	22,39	2	2	0,039
	Всього				7,823

Максимальна (розрахункова) витрата теплоти на гаряче водопостачання:

$$\Sigma Q_{\text{звс}}^{\text{max}} = (2 \dots 2,4) \Sigma Q_{\text{звс}}^{\text{срт}} = 2,4 \cdot 0,0078 = 0,017 \text{ МВт.}$$

Середня витрата теплоти на гаряче водопостачання споживачів у літній період:

$$Q_{\text{звс}}^{\text{срл}} = Q_{\text{звс}}^{\text{срт}} \cdot \frac{65 - t_{\text{хв}}^{\text{л}}}{65 - t_{\text{хв}}^{\text{з}}} \cdot \beta = 0,017 \cdot \frac{65 - 15}{65 - 5} \cdot 0,8 = 0,011 \text{ МВт,}$$

де $t_{\text{хв}}^{\text{л}}$ – значення температури холодної води у літній період, що дорівнює 15 °С; β – коефіцієнт, що враховує зменшення водопостачання у літній період відносно опалювального сезону (при відсутності даних приймається $\beta = 0,8$) [4].

Річна витрата води на гаряче водопостачання:

$$Q_{\text{звс}}^{\text{річ}} = 3600 \cdot 10 [Q_{\text{звс}}^{\text{срл}} \cdot n_o + Q_{\text{звс}}^{\text{срл}} (350 - n_o)] 10^{-3},$$

де 350 – кількість робочих днів системи гарячого водопостачання за рік з урахуванням 15-ти днів перерви на ревізію і ремонт теплових мереж [4].

$$Q_{zg}^{pich} = 3600 \cdot 10 [0,0071 \cdot 185 + 0,87(350-185)] 10^{-3} = 5215,086 \text{ ГДж /рік}$$

Теплова потужність системи теплопостачання:

$$\Sigma Q = \Sigma Q_o + \Sigma Q_g + \Sigma Q_{zg}^{жс} = 0,128 + 0,08 + 0,017 = 0,225 \text{ МВт}$$

Річна витрата теплоти:

$$\begin{aligned} \Sigma Q^{pich} &= \Sigma Q_o^{pich} + \Sigma Q_g^{pich} + \Sigma Q_{zg}^{pich} = \\ &= 1873,27 + 754,6 + 5215,086 = 7842,956 \text{ ГДж/рік.} \end{aligned}$$

Витрати теплоти через огорожуючі конструкції. У якості прикладу, виконаємо детальний розрахунок витрат теплової енергії через огорожуючі конструкції адміністративної споруди. Адміністративна споруда представляє собою 4-х-поверхіву конструкцію, довжиною 42 м та шириною 12 м, висота поверху з перекриттям - 2,6 м. Будівля має цегляні поздовжні стіни з вікнами, глухими цегляними поперечними стінами та монолітними залізобетонними перекриттями.

До основних конструктивних елементів будівлі відносяться: фундамент, стіни, перегородки, міжповерхові перекриття, дах, вікна та сходи. Фундамент виконано з монолітних залізобетонних панелей; стіни - цегляні, оштукатурені, загіпсовані, покриті цементно-піщаним розчином; перегородки виконані цегляними, оштукатуреними,

Розрахунок теплотехнічних та геометричних показників. Далі виконується теплотехнічний розрахунок втрат теплоти через зовнішні ОК, який враховує втрати теплоти за рахунок інфільтрації. Розрахунок враховує теплоізоляційні властивості матеріалів, орієнтацію за сторонами світу, витрати теплоти на вентиляцію [4].

Основна формула для визначення втрат теплоти через ОК має наступний вигляд:

$$Q = FK(t_{\text{вн.}} - t_{\text{р.о.}}) \cdot (1 + \Sigma\beta)n, \quad (2.1)$$

де F – величина площі огорожувальних конструкцій (ОГ), м^2 ; K – коефіцієнт теплопередачі, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; $t_{\text{вн.}}$ – температура в приміщенні, $^{\circ}\text{C}$; $t_{\text{р.о.}} = -22^{\circ}\text{C}$ – розрахункове значення температури зовнішнього повітря для Кропивницького; n – коефіцієнт, який враховує зміну розрахункової різниці температур; $\Sigma\beta$ – сумарні додаткові втрати теплоти у частках від основних тепловтрат.

Для визначення коефіцієнтів теплопередачі спочатку визначаємо опір теплопередач для різних елементів конструкції.

- для стін:

$$R_{\text{ст.}} = \frac{1}{\alpha_{\text{вн.}}} + \frac{\delta_{\text{ц.}}}{\lambda_{\text{ц.}}} + \frac{\delta_{\text{ц-п.}}}{\lambda_{\text{ц-п.}}} + \frac{\delta_{\text{г.}}}{\lambda_{\text{г.}}} + \frac{\delta_{\text{шт.}}}{\lambda_{\text{шт.}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{з.}}}, \quad (2.2)$$

де $\alpha_{\text{вн.}}$; $\alpha_{\text{з.}}$ – значення коефіцієнтів тепловіддачі з внутрішньої та зовнішньої сторони будівлі, відповідно; $\delta_{\text{ц.}}$; $\delta_{\text{ц-п.}}$; $\delta_{\text{г.}}$; $\delta_{\text{шт.}}$ – товщини шарів цегли, цементно-піщаного розчину, гіпсу та штукатурки, відповідно; $\lambda_{\text{ц.}}$; $\lambda_{\text{ц-п.}}$; $\lambda_{\text{г.}}$; $\lambda_{\text{шт.}}$ – коефіцієнти теплопровідності для цегли, цементно-піщаного розчину, гіпсу та штукатурки, відповідно.

- для даху:

$$R_{\text{дах}} = \frac{1}{\alpha_{\text{вн.}}} + \frac{\delta_{\text{зб.}}}{\lambda_{\text{зб.}}} + \frac{\delta_{\text{кб.}}}{\lambda_{\text{кб.}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{з.}}},$$

де $\delta_{\text{зб.}}$; $\delta_{\text{кб.}}$ – товщина залізобетонної плити та шару керамзитобетону, відповідно; $\lambda_{\text{зб.}}$; $\lambda_{\text{кб.}}$ – значення коефіцієнтів теплопровідності залізобетону та керамзитобетону, відповідно.

- для підлоги:

$$R_{\text{підл}} = \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + \frac{\delta_{\text{бет}}}{\lambda_{\text{бет}}} + \frac{\delta_{\text{кер}}}{\lambda_{\text{кер}}} + \frac{\delta_{\text{лін}}}{\lambda_{\text{лін}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}},$$

де $\delta_{бет}$; $\delta_{кер}$; $\delta_{лін}$ – товщина бетону на щебні, керамзиту та лінолеуму, відповідно; $\lambda_{бет}$; $\lambda_{кер}$; $\lambda_{лін}$ – значення коефіцієнтів теплопровідності бетону, керамзиту та лінолеуму, відповідно.

- для однокамерних вікон у металопластикових склопакетах:

$$R_{\text{в}} = 0,32 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}};$$

- для металопластикових дверей з тамбуром:

$$R_{\text{дв}} = 0,32 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}.$$

Значення коефіцієнту теплопередачі визначається за формулою:

$$K = \frac{1}{R}.$$

Для прикладу розрахуємо значення опору та коефіцієнту теплопередачі для стіни дворового фасаду:

$$R_{\text{ст.}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,5}{0,41} + \frac{0,037}{0,21} + \frac{0,013}{0,81} + \frac{1}{23} = 1,57 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}.$$

$$K_{\text{ст.}} = \frac{1}{1,57} = 0,637 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}.$$

Тоді втрати теплоти:

$$Q = 136,8 \cdot 0,637 \cdot 40 \cdot (1 + 0,15) \cdot 1 = 3834,23 \text{ Вт}.$$

Результати розрахунків теплових втрат, опору та коефіцієнту теплопередачі, прийняті значення коефіцієнтів для інших елементів ОК надано в Додатку Б.

Додаткові витрати теплової енергії. Визначимо теплові витрати на підігрів зовнішнього повітря, який пов'язаний з нещільностями огорожі при роботі витяжної вентиляції. Відповідно до санітарних норм вони [5] визначаються за формулою:

$$Q_{\text{вент}} = 0,337 \cdot V \cdot (t_{\text{вн}} - t_p) = 337 \cdot 5241,6 \cdot (18 - (-22)) = 70648 \text{ Вт},$$

де V – значення вентилязованого об'єму будівлі.

Розподіл загальних втрат теплоти наведено в таблиці 2.14.

Таблиця 2.14 – Загальні втрати теплоти в АС.

№	Вид втрат теплоти в АС	Величина ТВ, Вт	Величина ТВ, %
1	ТВ через зовнішні стіни	24737,19	15,1
2	ТВ через дах	27216	16,6
3	ТВ через підлогу	12660,48	7,7
4	ТВ через вікна	28257,5	17,2
5	ТВ через двері	542,51	0,3
6	ТВ на вентиляцію	70648	43,1
	Разом	164061,68	100

Представимо всі результати теплових втрат у вигляді кругової діаграми (рис.2.5):

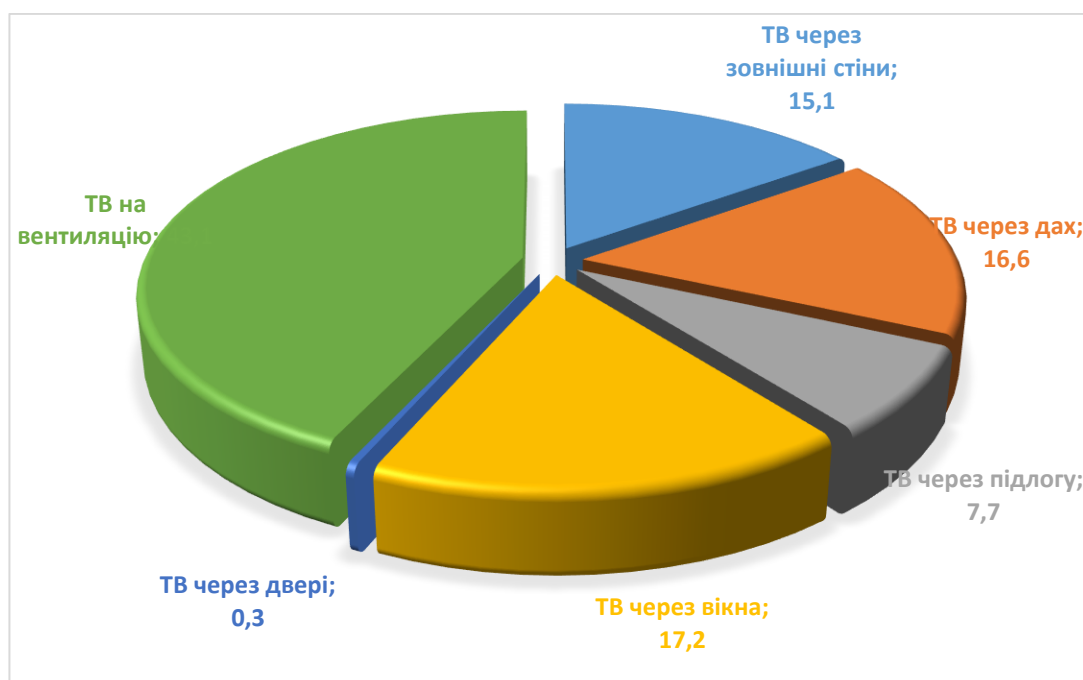


Рисунок 2.5 – Теплові втрати адміністративної споруди

Оцінимо додаткові теплові надходження, що складаються з теплових надходжень від людей, електрообладнання, сонячної радіації.

Для врахування теплових надходжень від людей приймаємо, що одночасно в будівлі може знаходитися 75 чоловік, кожна людина виділяє приблизно 100 Вт.

Сумарні тепловиділення визначаються за формулою:

$$Q_L = N \cdot q_L \cdot \tau_p = N \cdot q_L \cdot n_0 \cdot \tau = 75 \cdot 100 \cdot 125 \cdot 9 = 8432 \text{ кВт} \cdot \text{год},$$

де τ_p – кількість годин роботи в опалювальний період; q_L – кількість теплоти, що виділяє одна людина.

Визначимо теплові надходження від сонячної радіації, що проникають у приміщення скрізь світлові отвори зовнішніх огорож:

$$\begin{aligned} Q_{\text{сон.р.}} &= \zeta_z \cdot \xi_v \cdot (F_{nn} \cdot I_{nn} + F_{nd} \cdot I_{nd} + F_{cx} \cdot I_{cx} + F_{zx} \cdot I_{zx}) = \\ &= 0,6 \cdot 0,63 \cdot (90,72 \cdot 332 + 126,56 \cdot 140) = 18082,55 \end{aligned} \text{ кВт} \cdot \text{год},$$

де ζ_z – коефіцієнт врахування затінення світлових прорізів непрозорими елементами [4];

ξ_v – коефіцієнт відносного надходження сонячної радіації скрізь світлові прорізи вікон [4];

F_{nn} , F_{nd} , F_{zx} , F_{cx} – значення площ світлових прорізів вікон для фасадів будинків з орієнтацією у напрямках світу: $F_{nn} = 126,56 \text{ м}^2$; $F_{nd} = 90,72 \text{ м}^2$; $F_{zx} = F_{cx} = 0 \text{ м}^2$;

I_{nn} , I_{nd} , I_{zx} , I_{cx} – усереднена величина сонячної радіації в опалювальний період, що поступає на вертикальні поверхні, для двох фасадів будинку. Для міста Кропивницький [4]: $I_{nd} = 332 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2$; $I_{nn} = 140 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2$.

Теплові надходження від електрообладнання за опалювальний період визначаються за формулою:

$$Q_{\text{ел.}} = NP_{\text{одн.}} \cdot k_v \cdot k_t \cdot \tau_{\text{роб.}},$$

де $P_{\text{од}}$ – значення встановленої потужності одного приладу;

n – кількість електричних приладів, що мають однакову потужність;

$k_{\text{т}}$ – коефіцієнт, що визначає частку електроенергії, перетворену у теплоту;

$k_{\text{в.}}$ – коефіцієнт використання встановленої потужності;

$\tau_{\text{р}}$ – кількість робочих годин за ОП.

Результати розрахунків теплових надходжень від побутового електричного обладнання адміністративної споруди зведені у таблиці 2.15.

Таблиця 2.15 – Теплові надходження від електричного обладнання

Електричне обладнання	$P_{\text{одн.}}, \text{Вт}$	$n, \text{шт.}$	$k_{\text{в.}}$	$\tau_{\text{роб}}, \text{год/ОП}$	$k_{\text{т.}}$	$Q_{\text{ел.}}, \text{кВт}\cdot\text{год}$
Світлодіодні світильники	16,8	38	0,5	1260	0,5	200,74
Розжарювання	75	25	0,3	1260	0,7	495,56
Люмінесцентна	18	432	0,5	1260	0,5	9797,66
LED	6	50	0,5	1260	0,5	94,49
Принтер та копіювальна техніка	350	45	0,1	123	0,1	19,37
Комп'ютер	250	65	0,3	738	0,1	259,77
Факс	25	13	0,05	123	0,01	0,02
Повітряна завіса	3000	1	0,7	241	0,3	151,83
Кондиціонер	1500	36	0,3	309	0,1	500,45
Обігрівач	2000	6	0,2	242	1	580,8
Холодильник	650	7	0,35	4185	0,5	3332,3
Телевізор	65	2	0,1	58	0,1	0,075
НВЧ піч	1200	11	0,25	35	0,3	34,65
Чайник	2000	30	0,1	58	0,3	104,4
Вентилятор	100	8	0,7	241	0,5	134,96
Разом						15707,1

Покажемо результати теплонадходжень у круговій діаграмі на рисунку 2.6.

Таким чином, визначаємо розрахункове споживання ТЕ системою опалення за ОП з врахуванням тепловтрат та теплонадходжень:

$$Q_{\text{мах}}^{\text{оп}} = Q_{\text{о}}^{\text{оп}} + Q_{\text{в}}^{\text{оп}} - \sum Q_{\text{тн}}^{\text{оп}} = Q_{\text{о}}^{\text{оп}} + Q_{\text{в}}^{\text{оп}} - (Q_{\text{л.}}^{\text{оп}} + Q_{\text{с.р.}}^{\text{оп}} + Q_{\text{ел.}}^{\text{оп}})$$

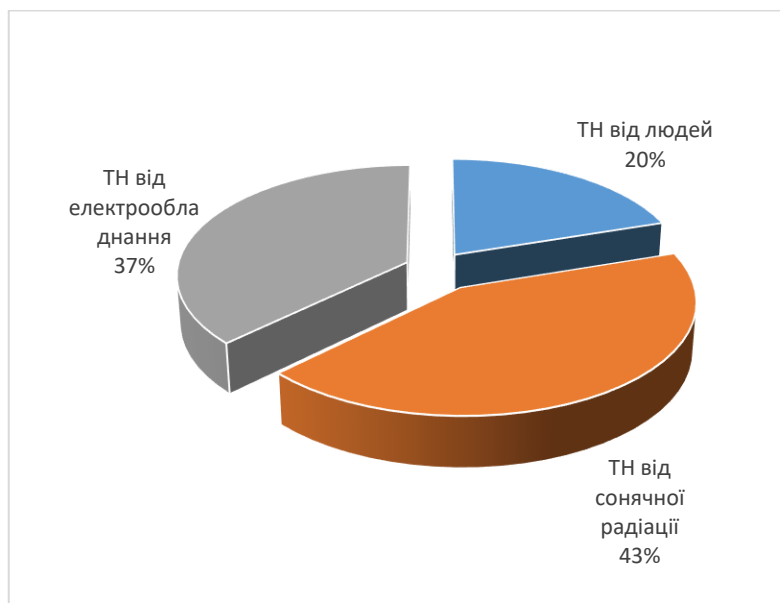


Рис. 2.6 – Теплові надходження у будівлі

$$Q_{\text{розр}} = 173\,619,3 + 45\,011,25 - (8\,432 + 18\,082,55 + 15\,707) = 176\,409,55 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

Витрати теплоти на опалення. Всього на території заводу розміщено 13 будівель, включаючи саму котельню.

Максимальні розрахункові витрати теплоти на опалення споруд є функцією температури зовнішнього повітря і визначаються за формулою:

$$Q_o = (1 + \mu) q_o V_z (t_{\text{вн}} - t_{\text{ро}}),$$

де q_o – питома опалювальна характеристика будівлі, $0,37 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{К})$ [4]; μ – коефіцієнт інфільтрації; V_z – об'єм будівель по зовнішньому обміру, м^3 ; $t_{\text{вн}}$, $t_{\text{ро}}$ – температура відповідно, повітря всередині приміщення та розрахункова температура зовнішнього середовища, $^{\circ}\text{C}$.

Визначаємо кліматологічні дані для м. Кропивницький за опалювальний період, температура зовнішнього повітря:

- розрахункова для опалення $t_{\text{ро}} = -21 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
- розрахункова для вентиляції $t_{\text{рв}} = -9 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
- середня для ОП $t_{\text{ср.о}} = -1,0$;

- тривалість ОП $n = 185$ діб.

Для головного корпусу:

$$Q_o^p = (1+0) \cdot 0,37 \cdot 15,77 \cdot 10^3 \cdot (21 - (-21)) = 245,06 \text{ кВт.}$$

Середні навантаження за опалювальний період:

$$Q_o^{cp} = Q_o^p \cdot \frac{t_{вн} - t_{ср.о}}{t_{вн} - t_{р.о}} = 245,06 \cdot \frac{21 - (-1,0)}{21 - (-21)} = 128,36 \text{ кВт.}$$

Річна витрата теплоти на опалення системами, що не працюють цілодобово:

$$Q_o^{pich} = 3600 \cdot 24 \cdot Q_o^{cp} [0,875 \cdot (n_o - n_n) + 0,5 \cdot n_n] \cdot 10^{-9} =$$

$$= 3600 \cdot 24 \cdot 128,36 [0,875 \cdot (185 - 18) + 0,5 \cdot 18] \cdot 10^{-9} = 1873,27 \text{ ГДж/рік.}$$

Розрахунки опалювального навантаження для інших підрозділів виконані аналогічно і наведено в таблиці 2.16.

Таблиця 2.16 – Розрахунок опалювального навантаження

Назва підрозділу	$V \cdot 10^3$, м ³	Q_o^p , кВт	Q_o^{cp} , кВт	Q_o^{pich} , ГДж/рік
Головний корпус	15,77	245,06	128,37	1720,46
Екстракційний корпус	9,87	153,31	80,31	1076,35
Елеватор насіння	5,04	78,39	41,06	550,32
Сушарка насіння	0,16	2,55	1,34	17,94
Склад шроту	0,26	3,97	2,08	27,87
Котельня	12,32	191,41	100,26	1343,79
Компресорна станція	0,37	5,82	3,05	40,85
Градирня	0,48	7,40	3,87	51,92
Ваги	0,17	2,62	1,37	18,37
Автоприйм	0,32	5,03	2,64	35,35
Насосна станція	0,43	6,65	3,48	46,66
Зерноскровище	22,39	347,97	182,27	2442,94
Всього		1085,51	568,60	7620,85

Втрати теплоти в системі паропроводів підприємства. Споживачами пари від котельні є сушарка, установки екстракційного корпусу та головного корпусу. Для знаходження максимальних втрат значення температури оточуючого повітря приймаємо 10°C . По паропроводу пересувається суха насичена пара з температурою 350°C . Прийняті наступні значення коефіцієнтів:

- $\lambda_{iz} = 0,1 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C}}$ - теплопровідність теплової ізоляції паропроводу;
- $\alpha_b = 10000 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}$ - значення коефіцієнту тепловіддачі від пари до труби;
- $C = 5 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{K}^4}$ - коефіцієнт, що визначає променевипускання поверхні ізоляції;
- $\lambda_{tr} = 58 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C}}$ - величина теплопровідності стінки сталевих труби;
- $\alpha_3 = 20 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}$ - коефіцієнт тепловіддачі від поверхні ізоляції до повітря.

Швидкість повітря приймаємо $0,5 \text{ м/с}$.

Проводимо розрахунок теплових втрат на ділянці 1 (від котельні до головного корпусу):

$$R = R_b + R_{tr} + R_{iz} + R_3 = \frac{1}{\pi \times d_b \times \alpha_b} + \frac{1}{2\pi \times \lambda_{tr}} \ln \frac{d}{d_b} + \frac{1}{2\pi \times \lambda_{iz}} \ln \frac{d_3}{d} + \frac{1}{\pi \times d_3 \times \alpha_3}$$

$$R = \frac{1}{3,14 \times 0,055 \times 10000} + \frac{1}{6,28 \times 58} \ln \frac{0,065}{0,055} + \frac{1}{6,28 \times 0,1} \ln \frac{0,145}{0,065} + \frac{1}{3,14 \times 0,145 \times 20} =$$

$$= \frac{1}{17270} + \frac{0,167}{364,24} + \frac{0,802}{0,628} + \frac{1}{59,66} = 0,000058 + 0,00049 + 1,277 + 0,11 = 1,387 \frac{\text{м} \times ^{\circ}\text{C}}{\text{Вт}}.$$

Розрахунок свідчить, що термічний опір внутрішньої поверхні труби R_b та самої труби R_{tr} набагато менші повного термічного опору, тому величинами R_b і R_{tr} в розрахунках ізольованих теплопроводів можливо знехтувати.

Таким чином повний опір:

$$R = R_{iz} + R_3$$

$$R = R_{i3} + R_3 = 1,277 + 0,11 = 1,387 \frac{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}.$$

Визначення температури зовнішньої поверхні ізоляції:

$$t_3 = \frac{\frac{\tau}{R_{i3}} + \frac{t_o}{R_3}}{\frac{1}{R_{i3}} + \frac{1}{R_3}};$$

$$t_3 = \frac{\frac{171}{1,277} + \frac{10}{0,11}}{\frac{1}{1,277} + \frac{1}{0,11}} = \frac{133,908 + 90,91}{0,783 + 9,091} = \frac{244,818}{9,874} = 22,743^\circ\text{C}.$$

Уточнене коефіцієнту тепловіддачі від зовнішньої поверхні ізоляції до навколишньому повітрю:

Коефіцієнт тепловіддачі конвекцією:

$$\alpha_k = 4,65 \cdot \frac{w^{0,7}}{d_3^{0,3}};$$

$$\alpha_k = 4,65 \cdot \frac{0,5^{0,7}}{0,145^{0,3}} = 4,65 \cdot \frac{0,616}{0,56} = 5,109 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}.$$

Значення коефіцієнту тепловіддачі променевипусканням:

$$\alpha_n = \frac{C \cdot \left[\left(\frac{t_3 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_o + 273}{100} \right)^4 \right]}{t_3 - t_o};$$

$$\alpha_n = \frac{5 \cdot \left[\left(\frac{22,743 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{10 + 273}{100} \right)^4 \right]}{22,743 - 10} = \frac{5 \cdot (76,499 - 64,143)}{12,743} = 4,849 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}};$$

$$\alpha_3 = \alpha_k + \alpha_n$$

$$\alpha_3 = 5,109 + 4,849 = 9,957 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}.$$

Розраховуємо R_3 та R :

$$R_3 = \frac{1}{\pi \cdot d_3 \cdot \alpha_3};$$

$$R_3 = \frac{1}{\pi \cdot d_3 \cdot \alpha_3} = \frac{1}{3,14 \cdot 0,145 \cdot 9,957} = \frac{1}{4,533} = 0,221 \frac{M \cdot ^\circ C}{Bm};$$

$$R = R_{i3} + R_3$$

$$R = R_{i3} + R_3 = 1,277 + 0,221 = 1,497 \frac{M \cdot ^\circ C}{Bm}.$$

Визначаємо питомі теплові втрати:

$$q_1 = \frac{\tau - t_o}{R};$$

$$q_1 = \frac{171 - 10}{1,497} = 107,514 \frac{Bm}{M}.$$

Приймаємо коефіцієнт місцевих втрат теплоти $\beta = 0,15$, тоді:

$$Q_1 = q \cdot l \cdot (1 + \beta);$$

$$Q_1 = 107,514 \cdot 50 \cdot (1 + 0,15) = 6182,055 \text{ Вт}.$$

Для інших ділянок паропроводу розрахунки ТВ наведено у табл. 2.17.

Таблиця 2.17 – Теплові витрати на ділянках паропроводу

Параметр	Ділянка № 1 (котельня- головний корпус)	Ділянка № 2 (котельня- сушарка)	Ділянка № 3 (котельня- екстракційний корпус)
Довжина, м	50	220	60
Діаметр внутрішній, мм	55	100	100
Діаметр зовнішній, мм	65	110	110
Товщина ізоляції, мм	80	100	80
Питомі втрати теплоти, Вт/м	107,51	102,17	86,83
Втрати теплоти, Вт	6182,06	25849,26	5991,41

Тоді повні втрати теплоти паропроводів:

$$Q = \Sigma Q_i = Q_1 + Q_2 + Q_3;$$

$$Q = 6182,055 + 25849,263 + 5991,408 = 38022,726 \text{ Вт.}$$

Для врахування теплових втрат в розгалуженнях системи паропроводів, прийmemo їх значення рівним 5% від втрат на ділянках.

Тоді повні втрати теплоти паропроводів:

$$Q = 38022,726 \cdot 1,05 = 39923,86 \text{ Вт.}$$

$$Q_{\text{ЕП}} = 39923,86 \text{ кВт} = 1\,633,7 \text{ МДж/добу} = 1633,7/4186,8 = 0,39 \text{ Гкал/добу.}$$

Загальне теплове навантаження підприємства складає:

$$Q = Q_{\text{тп}} + Q_{\text{гвп}} + Q_{\text{в}} + Q_{\text{вк}} + Q_{\text{вп}} ;$$

$$Q = 19\,303 + 7620,853 + 1869,794 + 7842,956 + 596,045 = 37\,232,648 \text{ ГДж/рік.}$$

На рис.2.7 побудовано діаграму теплового навантаження підприємства.

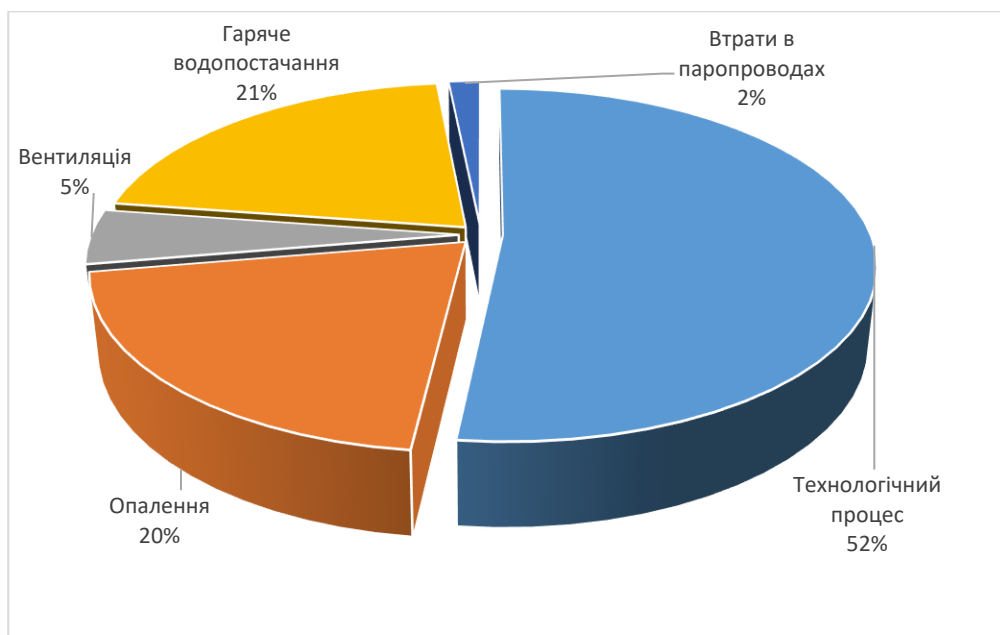


Рисунок 2.7- Діаграма теплового навантаження

Можливо зробити висновок, що основні витрати теплоти приходяться на технологічний процес (52 %), опалення (20 %) та гаряче водопостачання (21 %).

3 РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА

3.1 Підвищення ефективності використання електроенергії на підприємстві

До основних компонентів системи електрозбереження слід віднести організаційно-методичні та технічні заходи з економії електроенергії на підприємстві. Організаційно-методичні заходи включають, насамперед, розвиток системи енергетичного менеджменту, проведення енергетичного аудиту, управління енергозбереженням, облік та контроль електроенергії, нормування витрат енергії, складання енергетичних балансів, енергетичний консалтинг та економічне стимулювання раціонального використання енергії.

Серед технічних заходів потрібно виділити вдосконалення структури енергетичного обладнання та реконструкція застарілого обладнання, розробку та впровадження більш ефективних електроспоживачів, вдосконалення керування їх режимами, перехід на енергозберігаючі технології виробництва, скорочення втрат і підвищення використання вторинних паливно-енергетичних ресурсів, заощадження електроенергії в промисловому електроприводі. У подальших розділах роботи будуть розглянуті заходи, що впроваджені на переробному виробництві.

3.1.1. Впровадження системи АСКОЕ переробного підприємства.

Для передачі інформації про споживання електроенергії на підприємстві було встановлено ЛУЗОД (локальне устаткування збору та обробки даних), структурну схему якого наведено на рис. 3.1.

Використання ЛУЗОД дозволяє серверу ПрАТ «Кіровоградобленерго» отримувати данні комерційного обліку електроенергії, проте внутрішній контроль і облік споживання електроенергії на підприємстві відсутній. У зв'язку з цим пропонується створити локальну мережу Ethernet «МЕЗ», інтегровану із сервером «АСКОЕ - МЕЗ».

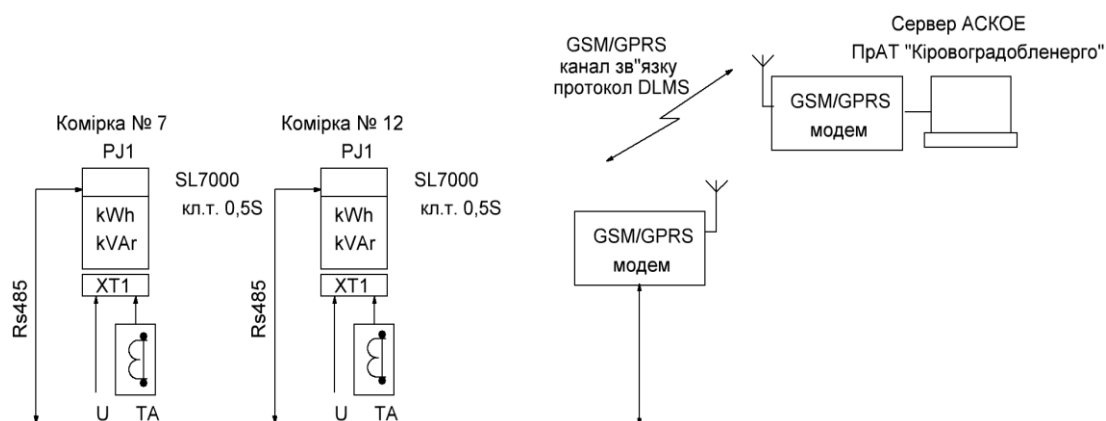


Рисунок 3.1 - Структурна схема системи ЛУЗОД

Запровадження АСКОЕ дозволить технологічному, енергетичному персоналу та службі менеджменту отримати інструмент для адресного аналізу їхніх дій, спрямованих на зниження енергоспоживання, оптимізацію технологічних процесів та забезпечення ефективного енергопостачання підприємства.

Основними джерелами зниження енерговитрат при впровадженні АСКОЕ є:

- зменшення витрат на електроенергію завдяки управлінню навантаженнями, зниженню втрат холостого ходу та контролю балансів;
- оптимізація платежів за реактивну потужність шляхом виявлення відхилень у режимах навантажень;
- оперативний контроль норм споживання електроенергії у технологічних процесах.

АСКОЕ виконує функції обліку енергоносіїв, оперативного керування їх споживанням, складання балансів, побудови графіків навантаження, а також передачі інформації енергопостачальній організації та користувачам.

Система забезпечує збір і аналіз даних енергоспоживання, контроль і управління режимами споживання, формування звітів, діагностику обладнання, а також моніторинг параметрів потужності й частоти мережі.

Автоматизована система налічує у своєму складі:

- вимірювальні комплекси (ВК), до яких входять трансформатори напруги (ТН), трансформатори струму (ТС), лічильники електроенергії, вторинні вимірювальні кола та пристрої перетворення.

Вимірювальна інформаційна система є частиною АСКОЕ, яка формує та зберігає первинні дані обліку. Інформація поділяється на первинні дані і дані, що сформовані після обробки технічними та програмними засобами.

Джерелом первинних даних виступають тільки прилади обліку (ПО), тобто засоби вимірювальної техніки (ЗВТ). Перед використанням ПО їх потрібно перевіряти у Державному реєстрі ЗВТ на дозвіл їх застосування в Україні [9].

АСКОЕ маслоекстракційного заводу реалізується на базі вимірювальних комплексів та облікових пристроїв, з'єднаних лініями та каналами зв'язку. Формується первинна база даних, доступ до якої здійснюється через цифрові комунікаційні інтерфейси.

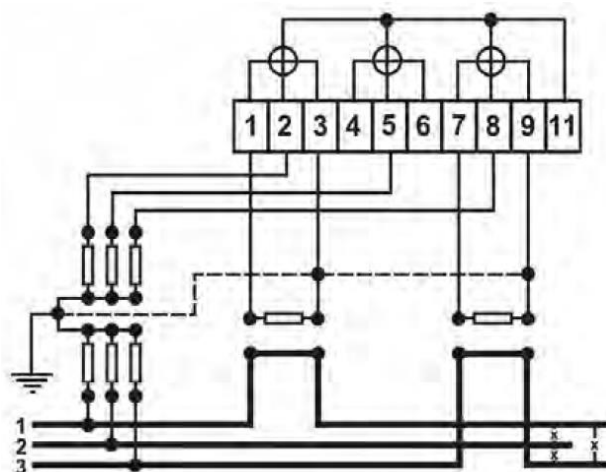
До складу АСКОЕ «МЕЗ» входять: електронні лічильники типів SL 7000 та ACE 6000; перетворювач RS 485/ Ethernet; GSM/GPRS модем; сервер АСКОЕ; лінії, канали та технічні засоби зв'язку.

Лічильники електричної енергії. Для створення АСКОЕ вибрано багатофункціональні електронні лічильники ACE 6000 та SL761B071, що зареєстровані в Державному реєстрі засобів вимірювальної техніки та допущені для застосування в Україні.

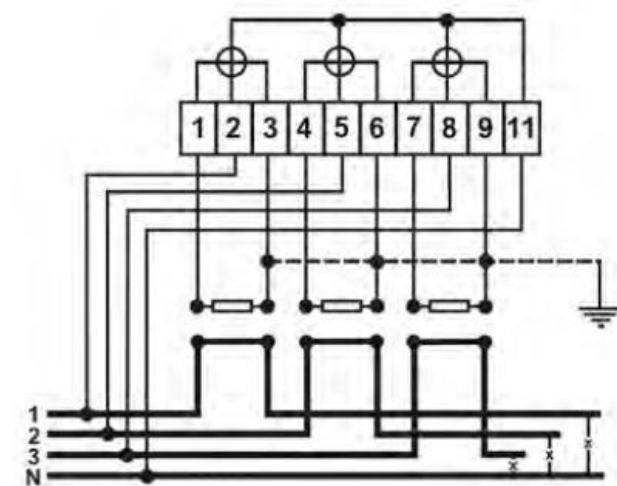
Загальний вигляд цих лічильників та схеми приєднання лічильників до мережі живлення наведено на рис. 3.2, технічні характеристики представлено в [13,14].

Трансформатори напруги та струму. Підключення лічильників SL 7000 виконується через трансформатори напруги (ТН) НАМІ-10 та трансформатори струму (ТС) ТОЛУ-10, клас точності 0,5 s.

Трансформатори струму розміщуються у фазах А та С. Обов'язково потрібно передбачити заземлення вторинних кіл ТС, що забезпечує захист вимірювальних пристроїв при пошкодженні ізоляції ТН або ТС.



а)



б)

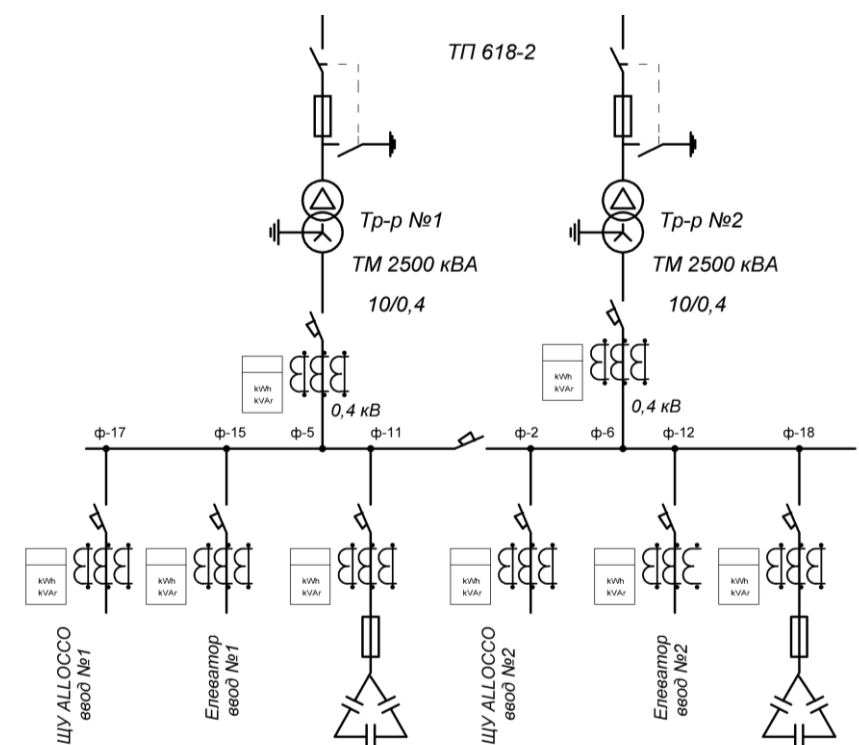
Рисунок 3.2 – Загальний вигляд електронних лічильників ЕЕ та схеми приєднання лічильника до мережі: а) SL 7000; б) ACE 6000

Сервер збору даних. Сервер збору даних (ЗД) зазвичай здійснює періодичний або запитуваний збір інформації з лічильників. Параметри роботи, такі як розклад сеансів зв'язку, кількість спроб підключення, інтервали опитування в рамках сеансу та типи даних для зчитування, задаються під час налаштування АСКОЕ.

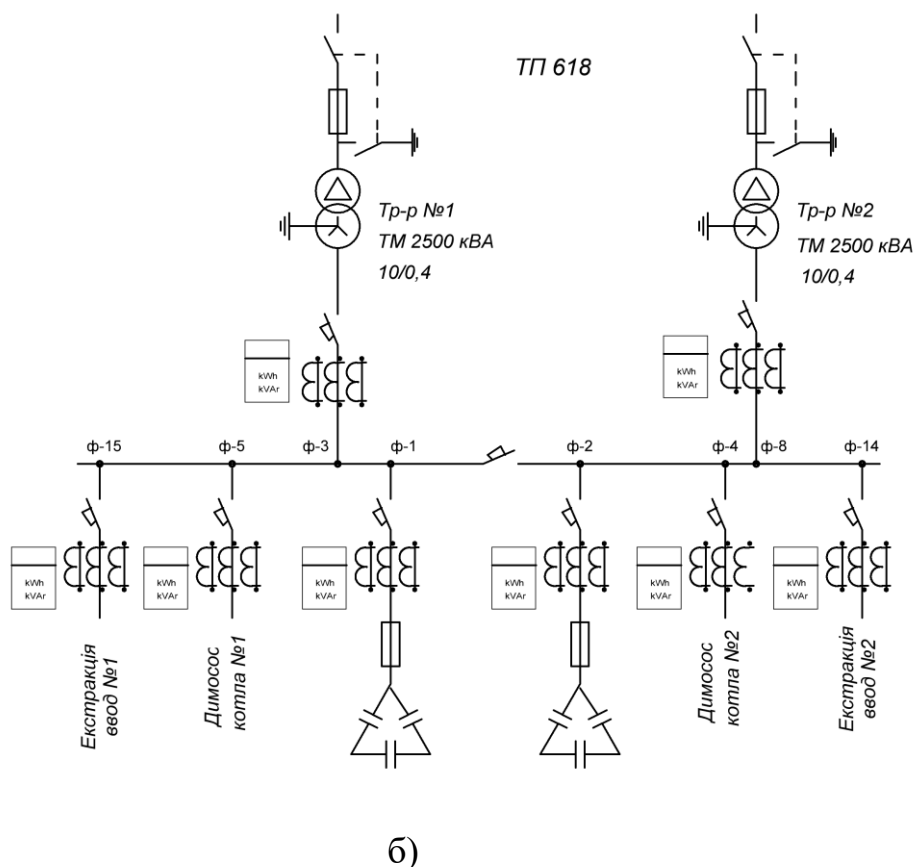
За запитом сервера ЗД керований GSM-термінал програмно-обчислювального комплексу здійснює набір номера ТС-485, підключеного до одного або кількох лічильників ЛУЗОД. Через інтерфейс RS-485 він встановлює зв'язок із лічильником і виконує опитування.

Синхронізація часу лічильників. АСКОЕ налаштована на київський час. Має здійснювати автоматичний перехід на зимовий або літній час. Допускається абсолютна похибка ходу часу не більше $\pm 0,5\text{с}$ на добу для станції управління, якщо відсутня зовнішня синхронізація. Синхронізація часу приладів обліку та сервера АСКОЕ забезпечується технічними та програмними засобами за сервером точного часу Internet.

Організація каналів зв'язку та точок обліку. Точки технічного обліку вибираються для найбільш енергоємних приєднань: шини 0,4 кВ трансформаторних підстанцій, маслоекстракційний та головний корпус, димососи котлів, конденсаторні установки та елеватор. Для батарей статичних конденсаторів потрібно контролювати як споживання так і генерацію реактивної потужності (R- та R+), на всіх інших приєднаннях тільки споживання активної та реактивної потужності (A- та R-). Розміщення точок встановлення технічного обліку представлено на рис. 3.3 а) та 3.3 б).



а)



б)

Рисунок 3.3 - Розміщення точок встановлення технічного обліку:

а) - ТП 618-2 та б) – ТП 618

Оскільки цифрова мережа підприємства має значну довжину, понад 120 м, її основу будуюмо на базі Ethernet, а окремі сегменти формуємо за допомогою інтерфейсів RS-485.

Для з'єднання двох цифрових мереж використовується сервер MOXA NPort 5150A, який дозволяє підключати ЛЧ електроенергії з інтерфейсами RS-232/422/485 до IP-мережі Ethernet LAN. Цей пристрій відповідає стандарту IEEE 802.3AF і не потребує додаткового джерела живлення.

Перешкоди, що виникають через блискавки чи перехідні процеси у високовольтному обладнанні, становлять загрозу для електронних пристроїв. Захист Ethernet і послідовних інтерфейсів забезпечує обладнання MOXA.

При використанні інтерфейсу RS-485 враховується наявність додаткового провідника — "землі". Для пристроїв, розташованих на різних ділянках підприємства, застосовують дренажний провід або гальванічну розв'язку для

усунення різниці потенціалів. Для цього використовується повторювач Elsys-RC-232/485 із гальванічною розв'язкою портів.

Для створення Ethernet-мережі застосовуємо некерований 8-портовий комутатор MOXA EDS-208 або маршрутизатор MOXA EDR-810, який має 8 портів Fast Ethernet, 2 SFP-слоти, підтримку VPN і міжмережевий екран.

Структурну схему системи АСКОЕ зображено на рисунку 3.4.

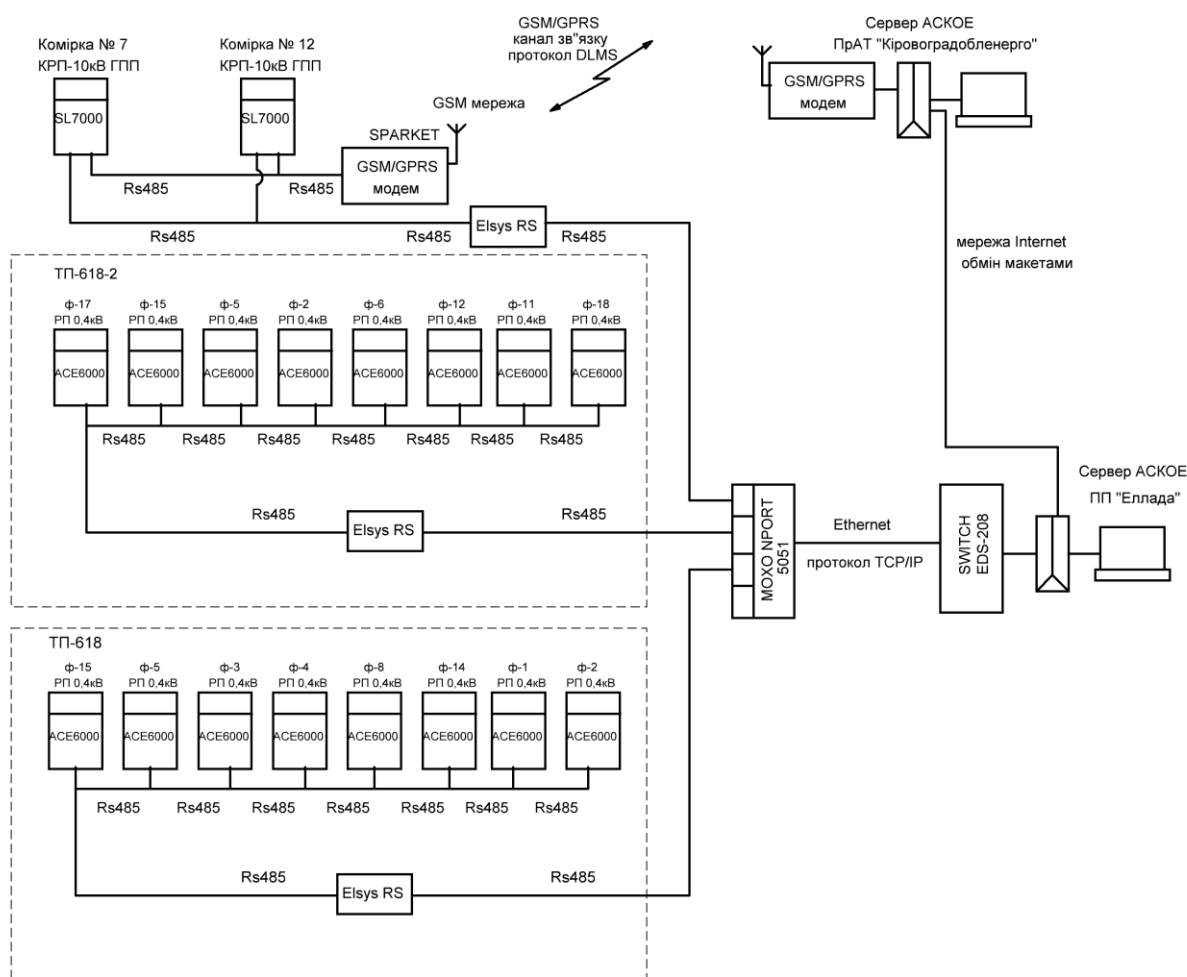


Рисунок 3.4 - Структурна схема АСКОЕ

3.1.2. Заощадження електричної енергії в технологічному обладнанні

Найбільш потужними споживачами електроенергії на підприємстві являються компресори, насоси, вентилятори, транспортери, станки.

Комплекс основних технічних заходів з економії електроенергії для компресорів включає: використання для підігріву води тепла стисненого повітря,

зменшення номінального робочого тиску та температури всмоктуючого повітря, регулювання параметрів стисненого повітря, виключення неробочого ходу компресора при роботі без навантаження, регулювання струму збудження, розділення мережі на секції з можливістю включання окремих секцій.

МЕЗ 1. Розглянемо компресорну установку з параметрами: $Q_{\text{комп}} = 0,162$ м³/с; $p_1 = 0,1$ МПа; $\eta_{\text{комп}} = 0,54$; $\eta_{\text{еп}} = 0,83$; кількість годин роботи за рік – $T_p = 5560$ год/рік; $\gamma_n = 0,97$ кг/м³. Запропоновано зменшити робочий тиск у повітрязбірнику зі значення 0,8 МПа до 0,6 МПа.

Потужність двигуна компресора при робочому тиску 0,8 МПа:

$$P_{\text{комп.1}} = \frac{1380}{\eta_{\text{комп}} \cdot \eta_{\text{еп}} \cdot \gamma_n} \cdot p_1 \cdot Q_{\text{комп}} \cdot \gamma_0 \cdot \lg \frac{p_{2.1}}{p_1} =$$

$$= \frac{1380}{0,54 \cdot 0,83 \cdot 0,97} \cdot 0,1 \cdot 1,293 \cdot 0,162 \lg \frac{0,8}{0,1} = 60,05 \text{ кВт},$$

де $Q_{\text{комп}}$ – продуктивність компресора;

$p_1, p_{2.1}$ – початковий тиск та тиск стиснутого повітря (при 0,8 МПа), відповідно;

γ_n, γ_0 – густина повітря в дійсних умовах та при значенні тиску 0,1 МПа та температури 273 К, відповідно;

$\eta_{\text{еп}}, \eta_{\text{комп}}$ – коефіцієнт корисної дії електропривода та компресора, відповідно.

Потужність двигуна компресора при робочому тиску 0,6 МПа:

$$P_{\text{комп.2}} = \frac{1380}{\eta_{\text{комп}} \cdot \eta_{\text{еп}} \cdot \gamma_n} \cdot p_1 \cdot Q_{\text{комп}} \cdot \gamma_0 \cdot \lg \frac{p_{2.2}}{p_1} =$$

$$= \frac{1380}{0,54 \cdot 0,83 \cdot 0,97} \cdot 0,1 \cdot 1,293 \cdot 0,162 \lg \frac{0,6}{0,1} = 51,74 \text{ кВт}.$$

Зменшення споживання електроенергії за рік:

$$\Delta W = (P_{\text{комп.1}} - P_{\text{комп.2}}) \cdot T_p = (60,05 - 51,74) \cdot 5560 = 46203,6 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}.$$

Вартість заощадженої електроенергії:

$$\Delta E = \Delta W \cdot C = 46203,6 \cdot 6,689 = 309055,1 \text{ грн} = 30,9 \text{ тис.грн}.$$

МЕЗ 2. Розглянемо визначення зменшення втрат електричної енергії при ліквідації постійного витоку через отвір повітропроводу діаметром 5 мм в системі стислого повітря с тиском 8 атм. Витікання повітря через визначений отвір становлять 33 л/с, що еквівалентно втратам потужності 13 кВт [15]. Система працює 5560 годин на рік:

$$\Delta W = p_0 \cdot n \cdot t = 13 \cdot 1 \cdot 5560 = 72280 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік},$$

де p_0 – еквівалентні втрати потужності через пошкодження повітропроводу;

n – кількість точок пошкодження;

T – значення годин роботи системи на рік.

Вартість заощадженої електроенергії:

$$\Delta E = \Delta W \cdot C = 72280 \cdot 6,689 = 483480,9 \text{ грн} = 483,5 \text{ тис.грн} / \text{рік}.$$

В насосних установках можливими заходами для заощадження електроенергії являються: ліквідація витоків води; вибір оптимального завантаження насосів; зниження опору трубопроводів; застосування обертового водопостачання; поліпшення системи охолодження; регулювання продуктивності насосів за рахунок зміни частоти обертання приводного двигуна з встановленням частотного перетворювача.

МЕЗ 3. Розглянемо встановлення частотно-регульованого електроприводу на відцентровий моноблочний насос марки NKM-G 65-250/264/45/4, номінальною продуктивністю $Q_{\text{ном}} = 310 \text{ м}^3/\text{год}$, потужність електродвигуна $P_{\text{ном}} = 45,0 \text{ кВт}$. Річна тривалість роботи 5560 год/рік.

Параметри зміни продуктивності насосу наведено у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Зміна продуктивності насосної установки протягом доби

t , год	0-6	6-8	8-10	10-11	11-15	15-17	17-19	19-20	20-22	22-24
Q , м ³ /год	130,2	173,6	279	310	232,5	213,9	248	310	232,5	130,2

Для оцінки можливої економії електроенергії використовуємо графік (рис.3.5), який побудований у відносних одиницях та надає можливість

визначити різницю у споживанні активної потужності при частотному та дросельному регулюванні продуктивності насосу [15].

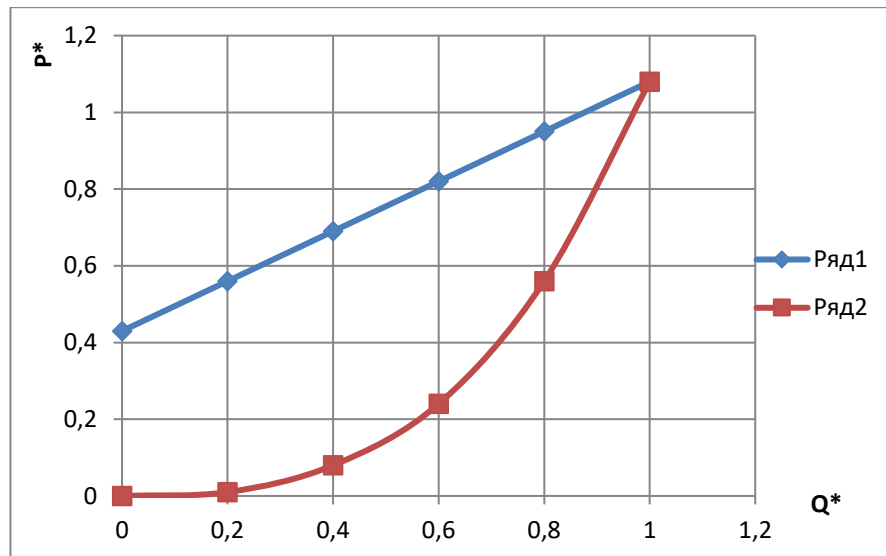


Рисунок 3.5 - Різниця у споживанні активної потужності при частотному та дросельному регулюванні продуктивності насосу

Відповідно до графіку визначаємо можливу економію активної потужності при зміні продуктивності насосу і заносимо ці дані у таблицю 3.3.

Таблиця 3.3 – Розрахункова економія електроенергії при переході на частотний спосіб регулювання

t , год	0-6	6-8	8-10	10-11	11-15	15-17	17-19	19-20	20-22	22-24
Q^* , в.о.	0,42	0,56	0,9	1	0,75	0,69	0,8	1	0,75	0,42
ΔP , в.о.	0,6	0,58	0,2	0	0,41	0,5	0,38	0	0,41	0,6
Год.роботи на добу	6	2	2	1	4	2	2	1	2	2
W , кВт·год	207,7	66,9	23,1	0,0	94,6	57,7	43,8	0,0	47,3	69,2
C , грн	1389,2	447,6	154,4	0,0	632,9	385,9	293,3	0,0	316,4	463,1

Асинхронний двигун насоса споживає потужність з мережі:

$$P_1 = \frac{P_{\text{мех}}}{\eta_{\text{дв}}} = \frac{45}{0,78} = 57,69 \text{ кВт};$$

де $P_{\text{мех}}$ - потужність на валу двигуна насоса;

$\eta_{\text{дв}}$ – ККД двигуна.

Відповідно до проведених розрахунків економії активної електроенергії за добу можна визначити додаванням окремих значень економії електроенергії за години доби, а враховуючи, що кількість робочих днів 312, отримаємо:

$$\Delta W = \sum W_i \cdot n = 610.4 \cdot 312 = 190320 \text{ кВт}\cdot\text{год},$$

де $i=1 \dots 24$.

Тоді вартість річної економії електроенергії:

$$\Delta E = \Delta W \cdot C = 190320 \cdot 6,689 = 1273050 \text{ грн} = 1273 \text{ тис.грн.}$$

Технічні заходи з економії електроенергії у вентиляторах включають: узгодження продуктивності вентиляторів та необхідного навантаження; усунення дефектів в процесі експлуатації; відключення вентиляторів під час обідніх перерв та у нічний час, управління продуктивністю вентиляторів за рахунок зміни частоти їх обертання.

Для систем нерегульованого електроприводу, заходи з заощадження електроенергії розглядають: обмеження неробочих режимів електроприводу, зниження напруги на затискачах електродвигунів або встановлення менш потужних двигунів при недовантаженнях; зменшення втрат у перехідних процесах; дотримання відповідності потужності двигунів режимам їх експлуатації.

МЕЗ 4. Один із найефективніших способів зменшення споживання електроенергії - встановлення обмежувачів холостого ходу електроприводів. Доцільність цього заходу можна оцінити за допомогою діаграми ефективності обмежувачів холостого ходу або з використанням розрахункової формули, яка визначає максимальну тривалість холостого ходу електроприводу, після перевищення якої рекомендується вимкнути двигун [15]:

$$t_{x.x.} = \frac{(J_{\partial\partial} + J_{po}) \cdot \omega_0}{M_{cp}} + \frac{(J_{\partial\partial} + J_{po}) \cdot \omega_0^2 \cdot (1 + r_1 / r_2') \cdot M_{cp}}{2k}, \quad (3.1)$$

де $J_{\text{дв}}$ – значення моменту інерції ротора двигуна;

$J_{\text{ро}}$ – величина приведенного моменту інерції робочого органу;

$M_{\text{сер}}$ – значення середнього пускового момент електродвигуна;

ω_0 – величина кутової швидкості обертання електроприводу;

k – значення втрати потужності, що є постійними для двигуна;

r_1 та r_2' – значення активних опорів обмотки статора та приведенного обмотки ротора.

Оцінимо доцільність виконання обмежування холостого ходу для обрушувача насіння сої. Параметри встановленого асинхронного двигуна: $P_{\text{ном}} = 57,25$ кВт; $r_1 = 0,118$ Ом; $r_2' = 0,098$ Ом; кількість пар полюсів $p=3$; $\omega_0=314,16$; $s_{\text{ном}}=0,02\%$; номінальний коефіцієнт корисної дії $\eta_{\text{ном}}=92,5\%$; кратності моменту - пускового $\lambda_{\text{п}} = 1,8$; критичного $\lambda_{\text{кр}} = 2,6$.

Визначаємо номінальний момент двигуна за формулою:

$$M_{\text{ном.}} = \frac{P_{\text{ном.}}}{\omega_0 \cdot (1 - s_{\text{ном.}})} = \frac{57250}{314,16 \cdot (1 - 0,02)} = 185,95 \text{ Н}\cdot\text{м},$$

Визначаємо середній пусковий момент двигуна:

$$M_{\text{сер.п}} = \frac{M_{\text{ном.}} \cdot (\lambda_{\text{п}} + \lambda_{\text{кр}})}{2} = \frac{185,95 \cdot (1,8 + 2,6)}{2} = 409,09 \text{ Н}\cdot\text{м},$$

Визначаємо постійні втрати потужності:

$$k = \Delta P_{\text{ном.}} - \Delta P_{\text{змін.}} = 4641,89 - 2575,18 = 2066,71 \text{ Вт},$$

де $\Delta P_{\text{ном.}}$ - значення повних втрат в електродвигуні:

$$\Delta P_{\text{ном.}} = P_{\text{ном.}} \cdot \frac{1 - \eta_{\text{ном.}}}{\eta_{\text{ном.}}} = 57250 \cdot \frac{1 - 0,925}{0,925} = 4641,89 \text{ Вт};$$

$\Delta P_{\text{зм}}$ – значення змінних втрат в АД:

$$\Delta P_{зм.} = M_{ном.} \cdot \omega_0 \cdot s_{ном.} \cdot \left(1 + \frac{r_1}{r_2}\right) = 185,95 \cdot 314,16 \cdot 0,02 \cdot (1 + 0,118/0,098) = 2575,18 \text{ Вт.}$$

Визначаємо максимальну доцільну тривалість холостого ходу за (3.1) :

$$t_{xx.} = \frac{(0,64 + 0,264) \cdot 314,16}{409,09} + \frac{(0,64 + 0,264) \cdot 314,16^2 \cdot (1 + 0,118/0,098) \cdot 409,09}{2 \cdot 2066,71} = 44,4 \text{ с.}$$

Для цього випадку, тривалість періоду холостого ходу вище 10 с, тобто для заощадження електроенергії потрібно здійснювати вимикання двигуна. Проаналізуємо можливу величину економії електроенергії. Скористаємося діаграмою, що визначає рівень енергоефективності обмежувачів ХХ шляхом визначення коефіцієнтів a та b [15].

$$a = \frac{P_0}{P_{ном.}} = \frac{5400}{57250} = 0,09, \quad b = \frac{1}{4 \cdot T_H} = \frac{1}{4 \cdot 20} = 0,01125,$$

де P_0 – значення потужності холостого ходу;

T_H – величина середньої тривалості ХХ;

Економія електричної енергії складе [15]:

$$\Delta W = \varepsilon \cdot z \cdot P_{ном.} \cdot \frac{T_H}{3600} = 0,09 \cdot 40 \cdot 57,25 \cdot \frac{20}{3600} = 1,145 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік},$$

де Z – кількість циклів за годину.

Вартість заощадженої електроенергії:

$$C = C_0 \cdot \Delta W \cdot \tau_{\max} = 6,689 \cdot 1,145 \cdot 4500 = 34465 \text{ грн/рік.}$$

МЕЗ 5. Модернізація системи освітлення. Оскільки завод будувався починаючи з 2002 року, більшість світильників потребує заміни на більш енергоефективні. Розглянемо модернізацію системи освітлення для головного

корпусу. Пропонується замінити всі наявні лампи на енергоефективніші з аналогічним світловим потоком. У якості заміни – пропонуються світлодіодні лампи різного типу, що мають значний термін служби (>50 000 годин) та якісну світловіддачу (близько 100 лм/Вт). Світлодіодні лампи підбираємо з таким самим цоколем, як і у встановлених ламп. Це означає, що немає необхідності замінювати світильники, що значно здешевлює захід.

Перелік встановлених ламп в головному корпусі наведено в таблиці 3.4. Для прикладу розглянемо розрахунок економічного ефекту від заміни 40-ка ламп ДРЛ -700 (світловий потік – 41000 лм) на відповідні LED-лампи, потужністю 256 Вт (світловий потік 36350 лм) [16]. В цьому випадку, та в подальшому, світловий потік світлодіодних ламп може бути дещо меншим, аніж у старих ламп. Це пояснюється тим, що світлодіоди мають більш направлене світло, що менше розсіюється, і це забезпечує необхідний рівень освітленості на робочій поверхні.

Для розрахунку економії електричної енергії скористаємось наступною формулою:

$$\Delta W = (P_c - P_n) \cdot K_B \cdot n \cdot T_p,$$

де P_c – встановлена потужність старої лампи, кВт;

P_n – встановлена потужність нової лампи, кВт;

K_B – коефіцієнт використання потужності;

n – кількість ламп;

T_p – тривалість роботи лампи, год/рік.

Тоді, для даного типу ламп маємо:

$$\Delta W = (0,7 - 0,256) \cdot 1,1 \cdot 40 \cdot 3500 = 68376 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Аналогічні розрахунки проводяться для інших типів ламп. Результати заносимо в таблицю 3.4.

Таблиця 3.4 – Оцінка доцільності заміни ламп

До заміни			Після заміни			K_B	$n_{св},$ шт	$T_p, \text{ год}$	Економія, кВт·год
Лампа	$P, \text{ Вт}$	$\Phi, \text{ лм}$	Лампа	$P, \text{ Вт}$	$\Phi, \text{ лм}$				
ДРЛ-700	700	41000	СЕС24-245	256	36350	1,1	40	3500	68376
Розжарювання	60	720	СЕС4-45	7	720	0,85	5	1400	315,4
TLD 36W	36	2500	СЕС8-100	29	2220	1,1	24	3500	646,8
Розжарювання	40	420	СЕС4-45	5	420	0,85	18	1400	749,7
Всього									70087,9

Тоді, сумарна економія електричної енергії становитиме: 70087,9 кВт·год. При тарифі, що сплачує підприємство за електроенергію 6,689 грн/кВт·год., економія коштів складе: 468817,6 грн/рік.

Капітальні витрати на модернізацію системи внутрішнього освітлення головного корпусу включають в себе вартість обладнання $B_{обл}$, вартість доставки B_{∂} (приймається у розмірі 1% від $B_{обл}$) та витрати на заміну світильників B_z .

$$K = B_{обл} + B_{\partial} + B_z;$$

$$B_{обл} = 40 \cdot 15450 + 23 \cdot 100 + 24 \cdot 8960 = 835340,0 \text{ грн.}$$

$$B_{\partial} = 0,01 \cdot 835340 = 8353,4 \text{ грн.}$$

Вартість робіт, що виконується по заміні світильників складається з основної та додаткової ЗП електромонтера з відрахуваннями на соціальні фонди, вартості технологічних матеріалів.

Розрахунок основної заробітної плати включає годинну тарифну ставку електромонтера ($T_{ем}$) та норми часу, що витрачається на заміну одного світильника n_t :

$$Z_{осн.} = T_{ем} \cdot n_t \cdot n_{св} = 32,1 \cdot 1 \cdot 87 = 2792,7 \text{ грн.}$$

Додаткова ЗП становить 15% від основної, єдиний соціальний внесок становить 22% від загального значення основної та додаткової ЗП.

$$Z_{одд} = 1644,3 \cdot 0,15 = 246,6 \text{ грн.}$$

$$B_o = (1644,3 + 246,6) \cdot 0,22 = 415,9 \text{ грн.}$$

Вартість використаних технологічних матеріалів на монтаж світильника наближено складає 35 грн.

$$B_{mat} = 35 \cdot 87 = 3045 \text{ грн.}$$

$$B_z = 2792,7 + 246,6 + 415,9 + 3045 = 6963,2 \text{ грн.}$$

$$K = 835340 + 8353,4 + 6963,2 = 850656,6 \text{ грн.}$$

Визначимо термін окупності:

$$TO = \frac{K}{E} = \frac{850656,6}{468817,6} = 1,81 \text{ року.}$$

Таким чином, незважаючи на простоту заходу його можна вважати доцільним та ефективним.

3.2. Підвищення ефективності використання теплової енергії на підприємстві

Значна частина теплового навантаження на підприємстві витрачається на опалення будівель. Простим та ефективним заходом для зменшення теплового навантаження є покращення теплоізоляції будівлі: утеплення стін, даху, підлоги та фундаменту; заміну старих вікон та дверей на енергоефективні; ліквідація містків холоду через утеплення стиків і швів. Розглянемо на прикладі адміністративної будівлі впровадження даних заходів.

МЕЗ 6. Заміна вікон. Огляд адміністративної будівлі і розрахунок тепловтрат через вікна, показали доцільність їхньої заміни на сучасні енергоефективні конструкції. Для зменшення втрат тепла та підвищення загальної енергоефективності будівлі пропонується замінити однокамерні вікна на двокамерні.

До встановлення пропонуються вікна з двокамерними склопакетами, наприклад марки «Віконда» [6], які мають наступні характеристики: тип склопакету - TERMO tech euro; світлопроникна здатність - 70,9 %; коефіцієнт

опору теплопередачі - $1.37 \text{ м}^2/\text{С}\cdot\text{Вт}$; індекс звукоізоляції - 34 дБ; вартість за м^2 - 1325 грн.

Визначаємо економію теплоти після проведення цього заходу, тобто заміни старих вікон на енергоефективні двокамерні :

$$\begin{aligned}\Delta Q_{36} &= (K_{ce} - K_{ne}) \cdot (t_{вн} - t_{cpo}) \cdot F_e \cdot n_0 \cdot 0,024 = \\ &= (3,125 - 0,73) \cdot (18 - (-0,1)) \cdot 204,4 \cdot 176 \cdot 0,024 = 42,13 \text{ Гкал},\end{aligned}$$

де $K_{нв}$ —коефіцієнт теплопередачі нових вікон.

Значення інших коефіцієнтів було визначено у розділі 2.4 та представлено у додатку Б.

Визначаємо економію коштів:

$$\Delta E = B_0 \cdot \Delta Q = 1515,3 \cdot 42,13 = 63842 \text{ грн},$$

де B_0 – вартість 1 Гкал теплової енергії, приймаємо 1515,3 грн/Гкал.

Для визначення простого терміну окупності визначаємо капітальні витрати на цей захід. При цьому враховуємо можливість продажу старих склопакетів за ціною 360 грн/ м^2 . Це надає можливість зменшити вартість нових склопакетів на величину:

$$K_{ce} = S_{ce} \cdot 360 = 204,4 \cdot 360 = 73584 \text{ грн}.$$

Капітальні витрати на нові вікна включають вартість склопакетів ($K_{скл}$); витрати на монтаж та встановлення ($K_{м}$) та зміну документації ($K_{д}$):

$$K = K_{скл} + K_{д} + K_{м} - K_{ce} = 247\,937 + 40\,843 + 1000 - 73\,440 = 216\,340 \text{ грн}.$$

Тоді простий термін окупності:

$$T_{ок} = \frac{K_{нв}}{E_{нв}} = \frac{216340}{63842} = 3,38 \text{ року}.$$

Отриманий результат простого терміну окупності показує, що цей захід являється доцільним, має значний вплив на енергоефективність будівлі.

МЕЗ 7. Виконання теплової ізоляції зовнішніх стін будівлі. Стіни адміністративної будівлі мають низький опір теплопередачі, що спричиняє значні втрати теплової енергії від системи опалення. Для усунення цієї проблеми пропонується зовнішнє утеплення стін. Такий підхід дозволяє ізолювати не лише стіни, а й вузли прилягання перекриттів, зберегти корисну площу приміщень, уникнути необхідності перенесення радіаторів та запобігти руйнуванню стін через вплив атмосферної вологи й температурних перепадів. Рекомендована товщина теплоізоляції становить (10 – 12) см.

До використання пропонуються мінераловатні плити, наприклад марки «Термолайф» [7]. До несучої стіни за допомогою клейової суміші накладається мінеральна вата, далі склосітка, далі шар штукатурки. Коефіцієнти теплопровідності та товщину шарів використаних матеріалів наведено в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5- Характеристика теплової ізоляції

Параметр	Позначення	Розмірність	Ізоляція	Склосітка	Штукатурка
Коефіцієнт теплопровідності	λ	Вт/(м·°С)	0,037	0,7	0,81
Товщина шару	δ	м	0,1	0,005	0,015

Схему накладання теплової ізоляції у розрізі наведено на рис. 3.6.

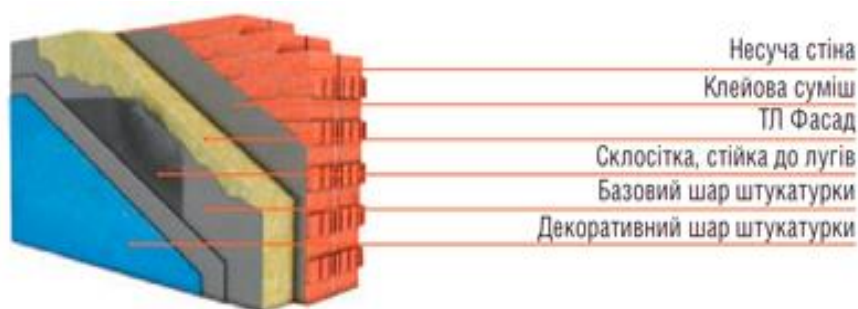


Рисунок 3.6 – Схема накладання теплової ізоляції у розрізі

Отримати економію теплової енергії можливо за рахунок зміни коефіцієнту теплопередачі, значення якого після проведення заходу становить:

- для стін, що орієнтовані на південь та схід:

$$K_n = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{вн}} + \frac{\delta_{із}}{\lambda_{із}} + \frac{\delta_{ск}}{\lambda_{ск}} + \frac{\delta_{ш}}{\lambda_{ш}} + \frac{\delta_{ч}}{\lambda_{ч}} + \frac{\delta_{ч-п}}{\lambda_{ч-п}} + \frac{\delta_{з}}{\lambda_{з}} + \frac{\delta_{шт}}{\lambda_{шт}} + \frac{1}{\alpha_3}} =$$

$$= \frac{1}{\frac{1}{8,7} + \frac{0,1}{0,037} + \frac{0,05}{0,7} + \frac{0,015}{0,81} + \frac{0,75}{0,41} + \frac{0,037}{0,21} + \frac{0,03}{0,93} + \frac{0,013}{0,81} + \frac{1}{23}} = 0,202 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ \text{C});$$

- для стін, що орієнтовані на північ та захід:

$$K_n = \frac{1}{\frac{1}{8,7} + \frac{0,1}{0,037} + \frac{0,05}{0,7} + \frac{0,015}{0,81} + \frac{0,5}{0,41} + \frac{0,037}{0,21} + \frac{0,013}{0,81} + \frac{1}{23}} = 0,233 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ \text{C})$$

Тоді економію теплової енергії за рік визначаємо за формулою (2.1), відповідно до орієнтації стін та величини площі:

- для стін, що орієнтовані на південь:

$$\Delta Q = 388,8 \cdot (0,452 - 0,202) \cdot (18 - (-0,1)) \cdot 1 \cdot 176 \cdot 0,024 =$$

$$= 7802 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік} = 6,7 \text{ Гкал} / \text{рік};$$

Розрахунки для стін, що орієнтовані на північ, схід та захід виконуються таким же чином та представлено в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Зменшення втрат теплової енергії

Орієнтація стіни	Південь	Північ	Схід	Захід	Разом
ΔQ , кВт·год/рік	7802	12 943,6	3 007	4 648	28400,60
ΔQ , Гкал/рік	6,70	11,128	2,585	3,996	24,409

Визначаємо економію коштів:

$$\Delta E = B_0 \cdot \Delta Q = 1515,3 \cdot 24,409 = 36986,96 \text{ грн.}$$

Визначаємо капітальні витрати та термін окупності. Для проведення заходу прийняті наступні ціни на матеріали: ціна 1 м² мінераловатної плити -150 грн; вартість штукатурки стін – 55 грн/м²; вартість склосітки на 1 м² становить 20 грн; вартість додаткових матеріалів та робіт - 100 грн./м². Площа стін під утеплення -1 025 м².

Капітальні витрати:

$$K = (150 + 20 + 55 + 100) \cdot 1025 = 333125 \text{ грн.}$$

Термін окупності заходу:

$$T_{ок} = \frac{K_{ум}}{E_{ум}} = \frac{333125}{36986,96} = 9,01 \text{ року.}$$

Термін окупності цього заходу досить великий, але може бути застосованим для поліпшення умов роботи працівників у найбільш холодні місяці року.

МЕЗ 8. Виконання теплової ізоляції горища. Утеплення горища будівлі допоможе скоротити витрати теплової енергії, що пов'язані зі значними пошкодженнями та протягами. Для здійснення цього заходу пропонується використання мінераловатних плит марок ТЛ Покрівля-В та ТЛ Покрівля-Н.

Параметри плит:

- ТЛ Покрівля-В: $\lambda_{із.} = 0,037 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$; $\delta_{із.} = 0,1 \text{ м.}$;
- ТЛ Покрівля-Н: $\lambda_{із.} = 0,038 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$; $\delta_{із.} = 0,04 \text{ м.}$

Загальний вигляд утеплюючого матеріалу у розрізі наведено на рис. 3.7.

Визначаємо змінений коефіцієнт теплопередачі:

$$K_{н.} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{ен}} + \frac{\delta_{із1}}{\lambda_{із1}} + \frac{\delta_{із2}}{\lambda_{із2}} + \frac{\delta_{зб}}{\lambda_{зб}} + \frac{\delta_{кб}}{\lambda_{кб}} + \frac{1}{\alpha_3}} =$$

$$= \frac{1}{\frac{1}{8,7} + \frac{0,04}{0,038} + \frac{0,1}{0,037} + \frac{0,22}{1,69} + \frac{0,25}{0,66} + \frac{1}{23}} = 0,225 \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{C)};$$



Рисунок 3.7 – Схема утеплення мінеральною ватою

Зменшення втрат теплової енергії (2.1):

$$\begin{aligned}\Delta Q &= 504 \cdot (1,5 - 0,226) \cdot (18 - (-0,1)) \cdot (1 + 0,05) \cdot 1 \cdot 176 \cdot 0,024 = \\ &= 44\,182 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік} = 37,988 \text{ Гкал/рік}\end{aligned}$$

Визначаємо економію коштів:

$$\Delta E = B_0 \cdot \Delta Q = 1515,3 \cdot 37,988 = 57486 \text{ грн.}$$

Для проведення заходу прийняті наступні ціни на матеріали: вартість 1 м² мінераловатної плити марки ТЛ Покрівля-В - 90 грн; марки ТЛ Покрівля - Н – 130 грн., вартість додаткових матеріалів і робіт - 150 грн./м². Дах займає площу - 504 м².

Капітальні витрати:

$$K = (130 + 90 + 150) \cdot 504 = 186\,480 \text{ грн.}$$

Термін окупності заходу:

$$T_{ок} = \frac{K_{ум}}{E_{ум}} = \frac{186480}{57486} = 3,24 \text{ року.}$$

Цей захід вважається доцільним при середньому терміні окупності.

МЕЗ 9. Виконання теплових завіс. При зниженій зовнішній температурі повітря через входні двері будівель підприємства проникає холодне повітря, яке охолоджує приміщення, спричиняє захворювання працівників, перешкоджає

виробничому процесу та збільшує витрати на опалення. Для запобігання цьому встановлюються повітряні теплові завіси.

Теплова завіса — це пристрій, що нагріває повітря і створює потік, який підтримує оптимальну температуру в робочій зоні біля дверей чи технологічних отворів. Її можна використовувати й улітку: повітряний потік зберігає прохолоду всередині приміщення, захищаючи від проникнення пилу та комах.

Теплова енергія, що додатково втрачається через входні двері, що відкриваються, може становити до 9 % загальних витрат на опалення приміщення:

$$Q_d = 0,09 \cdot 248,058 \cdot 0,2388 = 5,3312 \text{ Гкал/рік.}$$

Приймається зниження теплових витрат після встановлення теплових завіс на рівні 30% загального об'єму додаткових витрат:

$$\Delta Q = 5,3312 \cdot 0,3 = 1,6 \text{ Гкал/рік.}$$

Тоді грошова економія складає:

$$\Delta W = 1,6 \cdot 1515,3 = 2424,48 \text{ грн/рік.}$$

Теплові завіси з'єднуються з центральним опаленням. Використовуються теплові завіси марки «Тепломаш КЕВ - П5160А», вартість яких з монтажними роботами становить – 11 000 грн.

Капітальні витрати:

$$K = 11\,000 \text{ грн.}$$

Термін окупності заходу:

$$T_{ок} = \frac{K_{мз}}{E_{мз}} = \frac{11000}{2424,48} = 4,54 \text{ року.}$$

Даний енергозберігаючий захід являється доцільним, оскільки має середній термін окупності та добре впливає на умови роботи працівників.

Запропоновані енергозберігаючі заходи дозволяють підвищити ефективність переробного підприємства за рахунок зменшення втрат теплової енергії. Крім того, інвестиції в теплоізоляцію будівлі - це довгостроковий захід, який приносить відчутну вигоду для підприємства, працівників та навколишнього середовища.

4 АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА

В ході проведення аналізу стану системи енергопостачання переробного підприємства було запропоновано до реалізації та розраховано економічне обґрунтування доцільності впровадження певних заходів на підприємстві з метою підвищення його енергоефективності.

Можливі заходи щодо підвищення енергоефективності переробного підприємства та їх економічне обґрунтування наведено у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Показники заходів з енергозбереження на підприємстві

№	Назва заходу	E , тис.грн/рік	K , тис.грн	$T_{ок.}$, років
1	Впровадження системи енергетичного менеджменту	6 281,94	628,19	0,1
2	Впровадження системи АСКОВЕ	1667,5	2267,80	1,36
	Заощадження ЕЕ в технологічному обладнанні:			
3	Зменшення робочого тиску у повітрязбірнику	30,9	3,09	0,1
4	Ліквідації витоку стислого повітря	483,5	241,75	0,5
5	Перехід на регульований електропривод	1273	1527,60	1,2
6	Встановлення обмежувачів холостого ходу	34,47	37,92	1,1
7	Модернізація системи освітлення	468,82	848,56	1,81
	Заощадження теплової енергії:			
8	Заміна вікон	63,84	215,78	3,38
9	Утеплення даху будівлі теплоізоляційним матеріалом	57,49	186,27	3,24
10	Утеплення зовнішніх стін теплоізоляційним матеріалом	36,99	333,24	9,01
11	Теплова завіса	2,424	11,00	4,54

4.1 Матриця енергоменеджменту. Вдосконалення системи енергоменеджменту на підприємстві

За допомогою матриці енергоменеджменту можливо провести швидку оцінку або самооцінку стану системи енергоменеджменту на підприємстві. Матриця забезпечує швидкий, легкий у застосуванні, але ефективний метод оцінки стану енергозбереження. Кожен стовпець матриці пов'язаний з одним з шести організаційних аспектів: політика, інформаційна система, організаційна

структура, маркетинг, мотивація та інвестиції. Рядки матриці дозволяють провести оцінку рівня енергозбереження по п'ятибальній шкалі від 0 (дуже низький рівень) до 4 (найвищий). Склад матриці наведено у таблиці 4.2.

Початковий стан енергозбереження на заводі у відповідності до матриці енергозбереження, можливо оцінити наступним чином:

- 1) політика енергозбереження – 1 бал;
- 2) інформаційні системи – 1 бал;
- 3) маркетинг – 1 бал;
- 4) інвестиції – 1 бал;
- 5) мотивація до заощадження енергії – 2 бали;
- 6) організаційна структура – 2 бали.

Тобто, із можливих 24 балів отримується тільки 8 балів. Така самооцінка стану системи ЕнМ на підприємстві свідчить про необхідність покращення роботи системи. Розглянемо систему заходів для ефективного енергоменеджменту на підприємстві.

Створення системи енергоменеджменту починається з усвідомлення її необхідності та закріплення цього розуміння документально. На заводі планується створити групу з ЕнМ у складі 3-х чоловік на чолі з головним енергетиком заводу.

За штатним розкладом на заводі передбачено створення 1-ї постійної посади топ-енергоменеджера. Служба ЕнМ є частиною відділу головного енергетика. Крім того, функції цієї служби виконують призначені наказом керівника 2 працівники заводу. У цьому випадку посадові (функціональні) обов'язки цих працівників включають положення, які б передбачали виконання ними вимог щодо діяльності служби ЕнМ.

Оскільки основними енергоносіями на заводі є електроенергія, вода, пар та стиснуте повітря, то розподіл обов'язків в групі енергоменеджерів здійснюється наступним чином:

- працюючий на посаді топ-енергоменеджера буде займатися питаннями, що пов'язані з електроенергією;

Таблиця 4.2 - Матриця енергозбереження

Рівень	Організаційна структура	Енергетична політика	Мотивація до заощадження енергії	Інформаційні системи	Маркетинг	Інвестиції
4	Енергетичний менеджмент підприємства інтегрується в структуру менеджменту компанії. Призначаються відповідальні за планування та реалізацію зниження витрат та програми енергозбереження	Приймається план дій, наприклад, на 5 років. Затверджується щорічний звіт про зниження енерговитрат, відповідальний топ - менеджер. Політика енергозбереження є частиною стратегії охорони навколишнього середовища.	Прийнята багаторівнева система стимулювання отримання зниження енерговитрат для середнього та вищого менеджменту, персоналу підприємства.	Створюється розгорнута комп'ютерна система, яка контролює енергоспоживання, визначає помилки, визначає заощадження, забезпечує моніторинг витрат та доходів	Проводиться систематичний маркетинг аналізу енергоефективності та діяльності по вдосконаленню енергоменеджменту. як всередині, так і за межами підприємства	Показники окупності проектів показують довгострокову політику компанії. Акцент робиться на користь «зелених» схем енергопостачання з інвестиційної оцінкою для всіх новостворюваних та поновлюваних джерел енергії та палива.
3	Топ - енергоменеджер регулярно звітує перед правлінням, що очолюється представником власника компанії.	Стверджується офіційна енергетична політика, але немає обов'язків топ – енергоменеджера	Правління та керівники підрозділів займаються підготовкою та оцінкою планів. Проводиться преміювання на систематичній основі, яке пропорційне фактичній економії.	Реалізується автоматизована система обліку даних про енергоспоживання для всіх споживачів. Створюється центр керування енерговикористанням.	Застосовується програма підвищення свідомості персоналу та регулярні навчальні компанії. Проводяться навчання з енергозбереженню для вищого менеджменту.	При проведенні інвестицій, критерії повернення коштів, ті ж самі, що і для інших інвестицій. Застосовуються середньострокові інвестиції з терміном окупності 3-4 роки

Продовження таблиці 4.2

2	Призначається штатна посада енергоменеджера, обов'язкова звітність перед керівництвом, але повноваження енергоменеджера не чіткі	Ще не прийнята енергетична політика, вона реалізується топ-менеджером або старшим менеджером відділу головного енергетика	Немає системи оцінки за реальну економію. Головними стимулами до зниження енерговитрат є тільки заклики та покарання.	Проводиться систематичний контроль та звітність, що базується на даних енергоспоживання окремих підрозділів. Облік енергоекономії бухгалтерськими методами не ведеться.	Проводяться наради та виконується оцінка ефективності заходів та персоналу.	Виконуються тільки короткострокові інвестиції, що мають термін окупності 1 - 2 роки.
1	Енергетичний менеджмент відноситься до другорядних обов'язків з обмеженням повноважень чи впливу	Вся політика енергозбереження реалізується на підставі ентузіазму середнього менеджменту	Мотивація персоналу, середнього та вищого менеджменту до зменшення енерговитрат відсутня	Застосовуються ручні звіти по витратах, що засновані на даних комерційних лічильників. Відсутній облік на виробництві	Присутні заклики до економії енергоносіїв, невмотивовані та нерегулярні	Виконується фінансуються тільки маловитратних енергозберігаючих заходів
0	Структури енергоменеджменту не існує взагалі, не створено підрозділу, що відповідає за енергозбереження	Взагалі не існує явної політики енергоменеджменту	На підприємстві немає мотивації до енергозбереження	Не існує інформаційної системи. Немає звіту по енергоспоживанню	Ідея енергоефективності не обговорюється взагалі	Зовсім відсутні інвестиції, що стимулюють підвищення енергоефективності виробництва.

- співробітник котельні, у посадові обов'язки якого включенні вимоги щодо діяльності служби ЕнМ, буде займатися використанням води та пару;
- співробітник компресорної, у посадові обов'язки якого включенні вимоги щодо діяльності служби ЕнМ, буде займатися використанням стиснутого повітря.

Керівництво службою енергетичного менеджменту здійснює головний енергетик заводу.

Для оцінки ефективності використання енергії важливо мати налагоджений облік енергоресурсів. Що стосується використання електроенергії на заводі, встановлений тільки комерційний облік електроенергії та повністю відсутній технічний по окремим підрозділам заводу та енергоємним споживачам. Для підвищення оперативності аналізу енергоспоживання службі енергетичного менеджменту потрібні автоматизовані системи контролю та обліку енергоресурсів (АСКОЕ). Тому створення АСКОЕ – це першочерговий по пріоритетності технічний захід для всіх підприємств та об'єктів. Відсутність АСКОЕ буде стримувати впровадження всіх інших енергоефективних заходів.

Важливо визначити реально досяжний потенціал енергозбереження на підприємстві. Світовий досвід та практика підтверджують, що при впровадженні енергетичного менеджменту гарантується зниження споживання енергоносіїв на 10-15%. За даними 2023 року підприємство спожило 24 865 849 кВт·год електроенергії та 108000 м³ води. Економія коштів може становити до 6 281,944 тис.грн. (розділ 2).

Для успішного здійснення плану дій необхідно поінформувати співробітників заводу про енергетичну програму, створити стимули та систему заохочень, сприяти підвищенню кваліфікації співробітників.

Для застосування заохочень пропонується створити фонд матеріального заохочення працівників підприємства, що досягли найкращих результатів у скороченні споживання енергоресурсів. Відрахування у фонд матеріального заохочення за економію енергоресурсів можуть становити 4,5% від розміру надпланової економії витрат на енергоресурси. Виплати із цього фонду можна

здійснювати два рази на рік, при цьому заохочення має стосуватися саме працівників, що зробили найбільший особистий внесок.

Оцінка результатів дозволить своєчасно визначати і вносити необхідні корективи в план дій і є основою системи енергоменеджменту.

Запуск функціонування циклу енергоменеджменту ілюструє цикл Демінга [2]: PDCA — Плануй (Plan) - Дій (Do) - Перевірйай (Check) - Вдосконалюй (Act) (рис.4.1).

Впровадження основних етапів системи енергетичного менеджменту та виконання плану дій по підвищенню енергоефективності виробництва дозволяє переглянути оцінку стану ЕнМ на підприємстві.

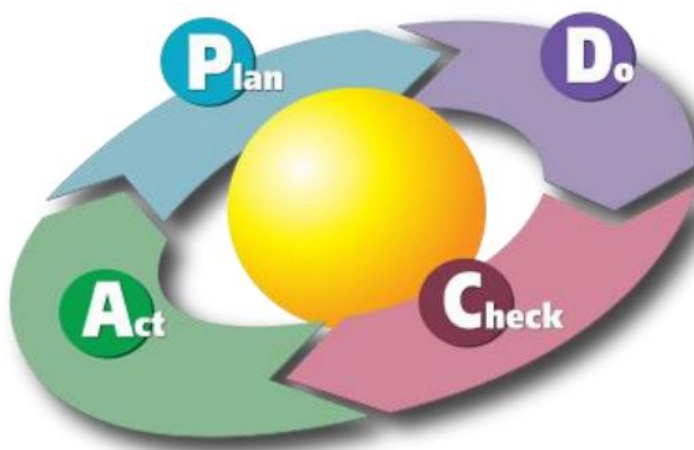


Рисунок 4.1 – Зображення циклу Демінга

В таблиці 4.3 наведено порівнювальний аналіз стану ЕнМ на підприємстві до та після проведення заходів.

Таблиця 4.3 - Стан ЕнМ на підприємстві у відповідності до матриці ЕнМ

№	Критерій	До	Після
1	Політика енергозбереження	1	3
2	Організаційна структура	2	3
3	Мотивація до заощадження енергії	2	3
4	Інформаційні системи	1	3
5	Маркетинг	1	3
6	Інвестиції	1	3
	Загалом	8	18

Проведений аналіз показує, що впровадження системи енергетичного менеджменту на переробному підприємстві має значний потенціал, оскільки сучасний стан енергоефективності на підприємстві знаходиться на низькому рівні. Тому створення групи з енергетичного менеджменту дозволить зосередити зусилля на підвищенні енергоефективності виробництва, сприяє ефективнішому використанню наявних енергетичних ресурсів, підвищить конкурентоспроможність.

4.2 Критерії оцінки фінансової та економічної привабливості проектів підвищення енергоефективності

4.2.1. Фінансовий аналіз проекту встановлення АСКОЕ на заводі.

Фінансовий аналіз проекту встановлення АСКОЕ на заводі проводять з погляду фінансової комерційної привабливості для інвесторських організацій, які його реалізують.

Критеріями реалізації проектів за результатами фінансового аналізу являються додаткові грошові потоки, що виникають при реалізації проекту, окупність вкладеного капіталу та його рентабельність.

Впровадження АСКОЕ на переробному підприємстві приведе до значного зменшення споживання енергетичних ресурсів, забезпечить прозорість використання електричної енергії, води, контроль відпуски енергоресурсів на основі нормативів, дозволять повернути у виробництво ту енергію, яка сьогодні витрачається нераціонально через брак необхідної інформації та стимулів до енергозбереження. Встановлення АСКОЕ дозволить проводити оцінку дій по зниженню енерговитрат, раціоналізації технологічних процесів та енергопостачанню підприємства.

Капітальні витрати та амортизаційні відрахування на встановлення АСКОЕ наведено в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 - Розрахунок капітальних витрат та амортизаційних відрахувань на встановлення АСКОВ

№ п/п	Електромеханічне обладнання, апаратура та засоби автоматизації	n, шт	Оптова ціна одиниці комплекту, С ₀ тис.грн.	Загальна ціна з урахуванням резерву обладнання	Витрати на доставку		Витрати на монтаж		Повна первісна вартість, грн.	Норма амортизації, %	Річна сума амортизаційних відрахувань, тис.грн.
					%	тис.грн.	%	тис.грн.			
1	Лічильник електроенергії SL 7000	2	22,32	44,64	8	3,57	60	26,78	75,00	20	15,00
2	Лічильник електроенергії ACE 6000	16	15,48	247,68	8	19,81	60	148,61	416,10	20	83,22
3	ТС ТШЛ-0,66 1500/5 0,5S	4	5	20	8	1,60	60	12,00	33,60	-	-
4	ТС Т-0,66 1500/5 0,5S	12	1,97	23,59	8	1,89	60	14,15	39,63	-	-
5	Сервер баз даних	1	20	20	8	1,60	60	12,00	33,60	20	6,72
6	Устаткування для створення локальної інформаційної мережі	1	40	40	8	0,02	60	24,00	64,02	20	12,80
7	Лінії зв'язку	1	12	12	8	0,96	60	7,20	20,16	20	4,03
8	Програмне забезпечення	1	540	540	8	43,20	60	324,00	907,20	-	-
9	Створення автоматизованих робочих місць (АРМ)	3	60	180	8	14,40	60	108,00	302,40	20	60,48
	Всього			1127,91		87,05		676,74	1891,70		182,25

Відомо, що автоматизація обліку споживання електричної енергії дозволяє в середньому отримати 5% економії. Оскільки в роботі враховується тільки I етап створення системи технічного обліку електроенергії на приєднаннях РП 0,4 кВ та найбільш потужних споживачах, приймаємо в середньому 1 % економії.

Тоді економія електроенергії за рік складатиме:

$$\Delta W = 24929,272 \cdot 0,01 = 249,29 \text{ тис.кВт}\cdot\text{год} / \text{рік}.$$

Розраховуємо річну економію витрат при собівартості електроенергії в середньому 6,689 грн. за 1 кВт/год:

$$\Delta E = 249,29 \cdot 6,689 = 1667,5 \text{ тис.грн} / \text{рік}.$$

Розрахунок витрат на встановлення АСКОЕ, значення повної первісної вартості:

$$B_{\text{пп}} = B_{\text{н.обл.}} + B_{\text{м}} + B_{\text{д}} = 1127,907 + 676,746 + 87,05 = 1891,703 \text{ тис.грн},$$

де $B_{\text{н.обл.}}$ – величина вартості нового обладнання (табл.4.2);

$B_{\text{м}}$ - вартість монтажу АСКОЕ приймається 40-60% вартості обладнання:

$$B_{\text{м}} = 0,6 \cdot 1127,91 = 676,746 \text{ тис.грн};$$

$B_{\text{д}}$ - витрати доставки обладнання, що приймаються на рівні 3-8% вартості:

$$B_{\text{д}} = 0,08 \cdot 1127,91 = 87,05 \text{ тис.грн}.$$

Враховуємо амортизаційні відрахування у розмірі 20%:

$$B = 1891,703 + 1891,703 \cdot 0,2 = 2270,043 \text{ тис.грн}.$$

Простий термін окупності:

$$T = \frac{B}{\Delta E} = \frac{2270,043}{1667,5} = 1,36 \text{ року}.$$

4.2.2. Можливі джерела фінансування проекту встановлення АСКОЕ на підприємстві.

Можливими джерелами для фінансування програми, за виключенням особистих коштів підприємства, можуть бути: засоби місцевого та державного бюджетів, передбачені на енергозбереження, кредити банків, кошти інвесторів, консолідовані кошти споживачів на енергозбереження .

Джерелом фінансування даного проекту для створення АСКОЕ на підприємстві являються власні кошти підприємства. Передбачається, що автоматизований контроль основних енергоресурсів, енергетичних балансів по підстанціях, цехах та потужних струмоприймачах, перехід на нормативну відпустку енергоресурсів, призведе до виявлення непродуктивних втрат та витрат електроенергії і води. Це дозволить зменшити витрати в оплаті за енергоресурси в цілому до 5 %.

Основними джерелами зниження енерговитрат при впровадженні АСКОЕ є:

- ✓ загальне зниження витрат на електроенергію шляхом зменшення втрат холостого ходу, контролю балансів і виявлення джерел енергетичних втрат;
- ✓ зниження витрат на реактивну потужність завдяки точному визначенню відхилень навантажень від заданого режиму та адресної оцінки втрат в грошовому вираженні;
- ✓ Скорочення витрат через контроль технологічного споживання електроенергії та оперативний моніторинг питомих норм енергоспоживання.
- ✓ Мінімізація втрат води завдяки контролю відхилень споживання, аналізу їх причин та усунення недоліків, а також переходу до динамічного управління навантаженнями з урахуванням сезонних змін.
- ✓ Стимулювання раціоналізації енергетичних і технологічних процесів через адресну оцінку економії коштів та розподіл результатів за впровадженими заходами.

Фінансування проекту створення АСКОЕ охоплює підтримку таких підсистем: контролю та обліку споживання електроенергії; обліку та контролю теплової енергії; обліку та контролю подачі в мережу та витрат води на власні

потреби підприємства; аналізу даних та управління витратами.

Ще однією вимогою до впровадження системи АСКОЕ являється організація моніторингу окупності інвестицій за рахунок відстеження фактичної економії грошей з накопичувальним підсумком.

4.2.3. Основні елементи бізнес-плану проекту встановлення АСКОЕ на підприємстві

Одним з найважливіших етапів розробки бізнес-плану є фінансовий аналіз, за допомогою якого можна визначити інвестиційну привабливість проекту. Для порівняння різних варіантів інвестиційного проекту та вибору кращого з них рекомендується розраховувати деякі обов'язкові показники, до яких відносяться [20]:

- чиста теперішня вартість (NPV);
- індекс доходності (PI);
- внутрішня норма рентабельності (IRR);
- термін окупності (PB).

Фінансовий аналіз проекту проводимо на основі оцінки витрат на впровадження проекту АСКОЕ та можливості економії коштів внаслідок його виконання.

Розрахунки виконуються при наступних допущеннях:

- період життя проекту складає 10 років;
- період планування (крок розрахунку) для проекту – 1 рік;
- за грошову одиницю розрахунку прийнята українська гривна;
- повернення інвестицій здійснюється шляхом річної економії грошових коштів при оплаті електричної та теплової енергії.

Перенесення вартості капіталовкладень на наступні періодів протягом життя проекту виконується рівномірно, з урахуванням дисконтування економії коштів, по внутрішній ставці дисконту, яка дорівнює 10 %;

- річна економія коштів та експлуатаційні витрати постійні протягом усього проекту;

- значення ставки дисконтування враховує подальше зростання тарифів на електроенергію на 10%.

За базовий рік прийнятий 2023 рік. Його показники являються основою для розрахунку показників економічної ефективності проекту АСКОЕ.

Виконаємо оцінку ефективності проекту використовуючи такі критерії економічної ефективності: внутрішню норму рентабельності проекту, простий та дисконтований терміни окупності; чисту приведену вартість.

Для проведення розрахунків складається таблиця 4.5, де вказуються капітальні витрати, а також вигоди по проекту при ставці дисконту $i=10\%$.

Таблиця 4.5 – Фінансовий аналіз проекту АСКОЕ при ставці дисконту $K_i=10\%$

Рік	KB , тис.грн	E , тис.грн	$ГП$, тис.грн	$КГП$, тис.грн	K_i	$ДГП$	$КДГП$
0	2270,04	0	-2270,04	-2270,04	1	-2270,04	-2270,04
1	0	1667,50	1667,50	-602,54	0,909	1515,76	-754,28
2	0	1834,43	1834,43	1231,89	0,826	1515,24	3031,00
3	0	2220,86	2220,86	3452,76	0,751	1667,87	3183,11
4	0	2957,21	2957,21	6409,97	0,683	2019,77	3687,64
5	0	4329,73	4329,73	10739,70	0,621	2688,77	4708,54
6	0	6972,20	6972,20	17711,90	0,564	3932,32	6621,08
7	0	12362,05	12362,05	30073,95	0,513	6341,73	10274,05
8	0	24097,57	24097,57	54171,52	0,467	11253,56	17595,30
9	0	51600,79	51600,79	105772,30	0,424	21878,73	33132,30
10	0	121699,97	121699,97	227472,27	0,386	46976,19	68854,92

Грошовий потік ($ГП$), наприклад:

$$ГП = E - KB = 1667,50 \text{ тис.грн.}$$

Кумулятивний грошовий потік ($КГП$), наприклад:

$$КГП_{\text{(цього року)}} = КГП_{\text{(попереднього року)}} + ГП_{\text{(цього року)}} =$$

$$-2270,04 + 1667,50 = -602,54 \text{ тис.грн.}$$

Дисконтований грошовий потік (*ДГП*), наприклад:

$$ДГП = ГП \cdot K_i = ГП \cdot (1/(1+i)^n) = 1667.50 \cdot 0,909 = 151576 \text{ тис.грн.},$$

де K_i – значення коефіцієнту дисконту; i – ставка дисконту; n – номер року.

Простий термін окупності проекту АСКОЕ: $T_{ок}^{пр} = 0$ років X місяців

$$12 \text{ міс.} - 1667,50 \text{ тис.грн.}$$

$$X \text{ міс.} - 2270,04 \text{ тис.грн.}$$

$$X = 16,34 \text{ місяця. } T_{ок}^{пр} = 1 \text{ рік } 4,34 \text{ місяці.}$$

Визначимо чисту приведену вартість проекту (*NPV*):

$$NPV = \Sigma ДГП = 97519,9 \text{ грн.}$$

Чиста приведена вартість являється додатною, тоді, проект АСКОЕ вважається прибутковим та рекомендується до впровадження.

Для визначення внутрішньої норми рентабельності проекту виконуємо розрахунок чистого приведеного прибутку при ставці дисконту 50%. Фінансовий аналіз проекту при ставці дисконту 50% приведено в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 - Фінансовий аналіз даного проекту при ставці дисконту $K_i=50\%$

Рік	<i>ГП</i>	K_i	<i>ДГП</i>
0	-2270,04	0,667	-2270,04
1	1667,50	0,444	1111,67
2	1834,43	0,296	815,30
3	2220,86	0,198	658,03
4	2957,21	0,132	584,14
5	4329,73	0,088	570,17
6	6972,20	0,059	612,10
7	12362,05	0,039	723,53
8	24097,57	0,026	940,24
9	51600,79	0,017	1342,24
10	121699,97	0,667	2110,52

$$NPV = \Sigma ДГП = 2,96 \text{ тис. грн}$$

Тоді, внутрішня норма рентабельності проекту буде рівна:

$$IRR = i_1 + \frac{NPV_1 \cdot (i_2 - i_1)}{NPV_1 - NPV_2} = 10 + \frac{97.519 \cdot (50 - 10)}{97.519 - 2.96} = 41.25 \%$$

Показники ефективності проекту наведено в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 - Показники ефективності проекту впровадження АСКОЕ

№	Найменування параметр	Одиниця виміру	Значення
1	Капітальні вкладення в створення АСКОЕ	тис. грн	2270,043
2	Умовна річна економія коштів від впровадження АСКОЕ	тис. грн	1667,5
3	Термін впровадження	рік	1,36
4	Час життя проекту	рік	10
6	Експлуатаційних витрати	тис. грн	763,8
7	Простий термін окупності інвестиції	рік	1,4
8	Чистий дисконтований дохід	тис. грн	97,519
9	Внутрішня норма рентабельності	%	41,25

Таким чином, величина отриманої внутрішньої норми рентабельності перевищує ставку дисконту, отже, проект рекомендується до впровадження. Вкладання коштів в проект створення АСКОЕ на підприємстві являється ефективним.

4.3 Вплив підвищення енергоефективності підприємства на навколишнє середовище

4.3.1. Оцінка викидів шкідливих речовин на об'єкті.

У якості джерела викидів шкідливих речовин розглядається маслоекстракційний завод. Найбільший вплив внаслідок діяльності заводу

здійснюється на атмосферне середовище. Основні види викидів мають місце при роботі котельної, що працює на лушпинні соняшника. Котельня також може працювати на природному газі, коли лушпиння недостатньо.

В результаті роботи технологічного устаткування відбувається виділення в атмосферне повітря забруднюючих речовин, нормативи яких наведені в наступній літературі [21].

Джерелом забруднення атмосферного повітря на підприємстві є димова труба котельні, яка працює на твердому паливі або природному газі. В результаті роботи підприємства в атмосферу виділяються наступні речовини: діоксид азоту, оксид вуглецю, метан, сірчаний ангідрид, ртуть, зола. Концентрація метану та ртуті дуже невелика та в подальших розрахунках не розглядається.

Характеристику забруднюючих речовин, які виділяються в атмосферне повітря наведено в таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 - Характеристика забруднюючих речовин

Код речовини	Найменування забруднюючої речовини	Клас небезпеки	ГПКм.р., мг/м ³	Кількість забруднюючих речовин	
				г/с	т/рік
337	оксид вуглецю	4	5,0	0,141/0,25	0,61/5,18
301	діоксид азоту	2	0,2	0,282/0,41	1,22/8,50
330	сірчаний ангідрид	3	0,5	-/0,35	-/7,28
2909	зола (пил неорганічний)	3	0,5	-/0,019	-/0,39
Всього (по газовій частині котельні)				0,423/1,029	1,83/21,33
Всього (для твердопаливної частини)					23,16

Проведемо оцінку приземних концентрацій забруднюючих речовин навколо котельні, для яких можлива нерівність:

$$\sum M / ГПК > \Phi,$$

де $\sum M$ – сумарне значення викиду від усіх джерел даної речовини (г/с);

$\Phi=0,01$, при $H > 10\text{м}$; $\Phi=0,1$, при $H < 10\text{м}$;

$ГПК$ – гранично-припустима концентрація речовини.

Концентрацію забруднюючих речовин для газової та твердопаливної частин котельні наведено в таблицях 4.9 та 4.10, відповідно.

Таблиця 4.9 - Концентрація забруднюючих речовин для газової частини котельні

№	Код	Інгредієнт	H , м	M , г/с	$ГПК$, мг/м ³	$M/ГПК$	Умова
1	301	Діоксид азоту	30	0,282	0,2	0,141	$> 0,10$
2	337	Оксид вуглецю	30	0,141	5,0	0,028	$< 0,10$

Таблиця 4.10 - Концентрація забруднюючих речовин для твердопаливної частини котельні

№	Код	Інгредієнт	H , м	M , г/с	$ГПК$, мг/м ³	$M/ГПК$	Умова
1	301	Діоксид азоту	30	0,41	0,2	2,05	$> 0,10$
2	337	Оксид вуглецю	30	0,25	5,0	0,05	$< 0,10$
3	2909	зола (пил неорганічний)	30	0,019	0,5	0,038	$< 0,10$
4	330	сірчаний ангідрид	30	0,35	0,5	0,7	$> 0,10$

Порівнюючи із спалюванням природного газу, спалювання соняшникового лушпиння являється «бруднішим» та потребує додаткового встановлення очисних систем. Для запобігання потраплянню забруднюючих речовин до атмосфери передбачається встановлення 75-метрової димової труби та очисної системи димових газів, яка складається з 3-х двополярних горизонтальних електростатичних очисників типу *EGU 15-12-6W-2*.

4.3.2. Шляхи скорочення викидів парникових газів, зменшення впливу на навколишнє середовище

Зміна клімату є однією з найбільш важливих і складних проблем у сфері охорони навколишнього середовища Зростання викидів парникових газів (ПГ) антропогенного походження може призвести до порушення стійкості всієї екологічної системи [22]. Кіотський протокол регулює кількісні зобов'язання країн, які входять до Рамкової Конвенції ООН про зміну клімату. Ці зобов'язання стосуються скорочення викидів ПГ антропогенного походження [22].

Основні напрями зниження викидів вуглекислого газу в розвинутих країнах: заміна видів спалюваного палива; підвищення ефективності роботи енергоблоків; вдосконалення системи передачі та постачання електроенергії; та використання альтернативних та поновлюваних джерел енергії.

На маслоекстракційному заводі присутні наступні джерела викидів парникових газів: спалювання природного газу; закупівля електроенергії з мережі; гниття лушпиння на звалищі. В таблиці 4.11 наведені загальні викиди CO₂ без реконструкції котельної.

Таблиця 4.11 - Загальні викиди CO₂ без реконструкції котельної

Джерело	2018	2019	2020	2021	2022	2023
	тCO ₂ /рік	тCO ₂ /рік	тCO ₂ /рік	тCO ₂ /рік	тCO ₂ /рік	тCO ₂ /рік
Закупівля електроенергії з мережі	12230,40	12230,40	12230,40	12230,40	12230,40	12230,40
Спалення природного газу для виробництва теплоти	22472,10	22472,10	22472,10	22472,10	22472,10	22472,10
Розкладання соняшникового лушпиння на звалищі	4098,78	9442,65	14628,60	19661,36	24545,33	29284,92
Разом	38801,28	44145,15	49331,10	54363,86	59247,83	63987,42

Скорочення викидів парникових газів досягається за рахунок реконструкції котельні, яка переводиться на спалювання лушпиння соняшника та передбачається встановлення генератора для виробки електроенергії на заводі.

На рисунках 4.2 та 4.3 наведено зображення меж існуючої котельні та котельні після реконструкції.

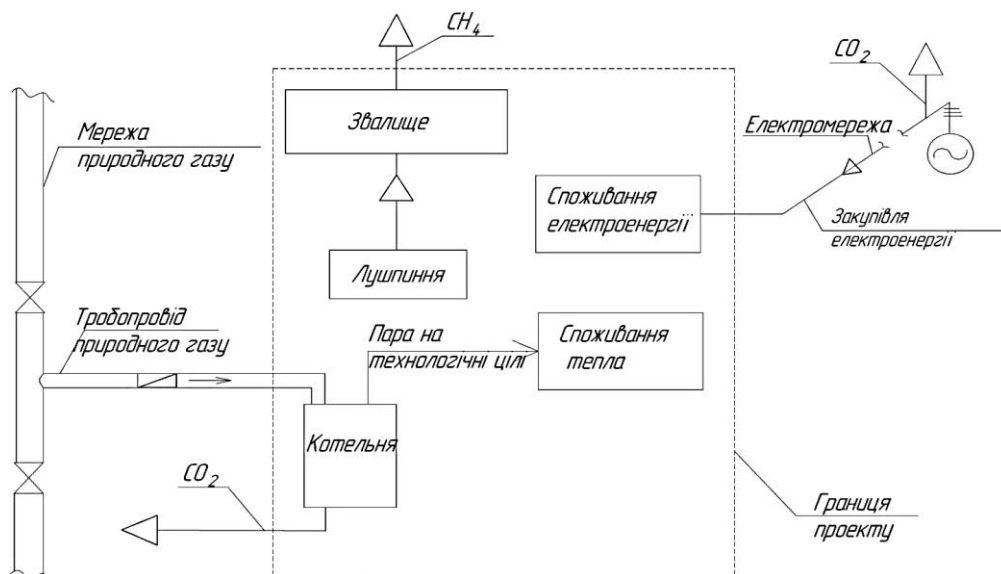


Рисунок 4.2 - Графічне представлення меж існуючої котельні

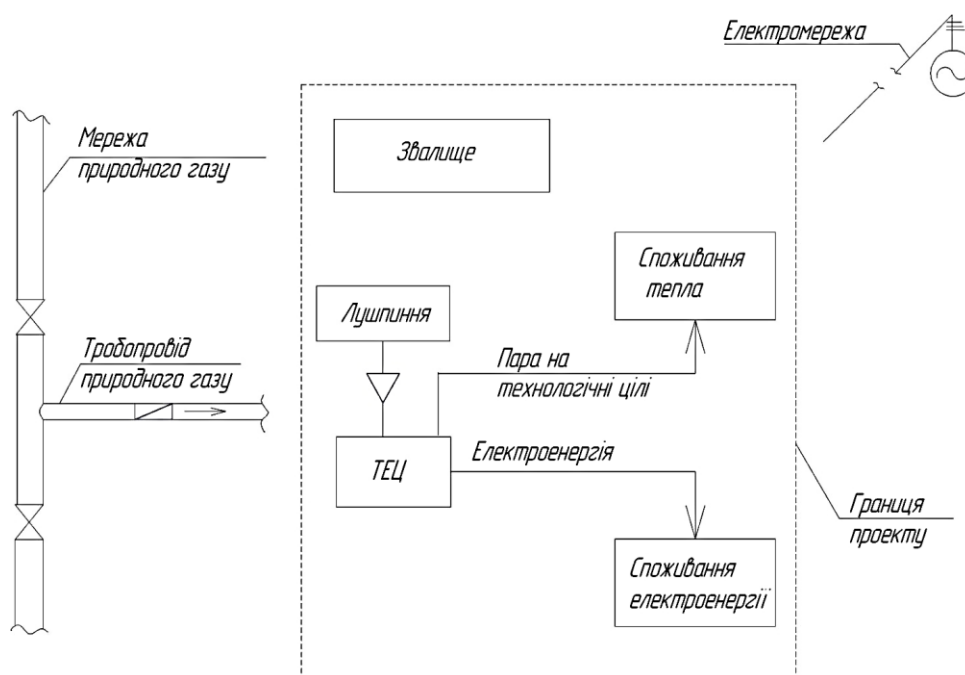


Рисунок 4.3 - Графічне представлення меж котельні після реконструкції

В таблиці 4.12 представлені дані, щодо скорочення викидів ПГ завдяки заміщенню виробництва теплоти з викопних палив, на виробництво із залишків біомаси.

Таблиця 4.12 - Скорочення викидів ПГ при переході на виробництва теплоти із залишків біомаси

Параметр	Рік					
	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Кількість виробленої на ТЕЦ теплоти, ГДж/рік	368,53	368,53	368,53	368,53	368,53	368,53
Коефіцієнт викидів природного газу, тCO ₂ /КДж	56,1	56,1	56,1	56,1	56,1	56,1
ККД існуючого парового котла	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
Скорочення викидів, тCO ₂ /рік	19,021	19,021	19,021	19,021	19,021	19,021

В таблиці 4.13 наведено дані по скороченню викидів через заміщення електроенергії.

Таблиця 4.13 - Скорочення викидів завдяки заміщенню електроенергії

Параметр	Рік					
	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Кількість виробленої на ТЕЦ електроенергії, МВт·год	13,65	13,65	13,65	13,65	13,65	13,65
Коефіцієнт викидів, тCO ₂ /МВт·год	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
Скорочення викидів, тCO ₂ /рік	12,23	12,23	12,23	12,23	12,23	12,23

В таблиці 4.14 представлені загальні проектні викиди парникових газів.

Таблиця 4.14 - Загальні проектні викиди парникових газів

№	Джерело викидів, тCO ₂	Рік					
		2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	2	3	4	5	6	7	8
1	при транспортуванні залишків біомаси	0	0	0	0	0	0
2	при місцевому споживанні викопних палив	397,0	397,0	397,0	397,0	397,0	397,0

Продовження таблиці 4.14.

1	2	3	4	5	6	7	8
3	при місцевому споживанні електроенергії	9408,0	9408,0	9408,0	9408,0	9408,0	9408,0
4	викиди метану від спалювання залишків біомаси	731,0	974,7	974,7	974,7	974,7	974,7
	Всього	10779,7	10779,7	10779,7	10779,7	10779,7	10779,7

В таблиці 4.15 представлено загальне скорочення викидів

Таблиця 4.15 - Загальні скорочення викидів

Параметр, тCO ₂	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Викиди існуючої котельні	38801,3	44145,2	49331,1	54363,9	59247,8	63987,4
Проектні викиди	10779,7	10779,7	10779,7	10779,7	10779,7	10779,7
Скорочення викидів	28021,6	33365,5	38551,4	43584,2	48468,1	53207,7
Загальне скорочення за шість років	245198,4					

Таким чином, реконструкція котельні дозволить скоротити викиди CO₂ впродовж 2018-2023 рр. у розмірі 245 198 т CO₂.

Розрахунок зниження викидів ПГ від підвищення енергоефективності виробництва оснований на визначені енергозбереження за рахунок підвищення енергоефективності [25]. Наприклад, якщо після проведення заходів з підвищення енергоефективності на виробництві, економія електроенергії склала близько 3960 МВт·год/рік. Коефіцієнт викидів парникових газів CO₂ в залежності від енергоносія приймаємо 420 кг/ МВт·год [23]. Тоді зниження викидів парникових газів складе 1663,2 т CO₂-еквівалент на рік.

ВИСНОВКИ

У роботі розглядаються питання підвищення енергоефективності переробного підприємства (маслоекстракційного заводу) шляхом впровадження системи енергетичного менеджменту, аналізу споживання енергоресурсів та заходів із зниження витрат енергії.

Виконано оцінку стану впровадження енергетичного менеджменту на підприємстві за такими показниками, як енергетична політика, організаційна структура, інформаційні системи, маркетинг, мотивація до заощадження енергії, інвестиції. Ця оцінка за параметрами матриці енергоменеджменту становить 8 балів.

Проведено комплексний аналіз енергетичного стану маслоекстракційного заводу, зокрема, оцінка використання електричної та теплової енергії. У ході дослідження були побудовані електричний та тепловий баланси підприємства. Встановлено, що основне споживання електричної енергії приходить на технологічне обладнання головного та екстракційного корпусів, значна частина на компресорну станцію, елеватор та сушарку.

Складання теплового балансу підприємства дозволило зробити висновок, що майже половина теплової енергії втрачається у технологічному процесі на опалення - 20 % та гаряче водопостачання - 21 %.

Відсутність технічного обліку енергоресурсів на підприємстві призводить до низки негативних наслідків, які суттєво впливають на ефективність роботи підприємства ускладнюють управління енергетичними потоками, сприяють необґрунтованим витратам і знижують екологічні показники.

На підставі проведеного аналізу розроблено план можливих енергозберігаючих заходів. Першочерговим заходом з енергозбереження є створення системи АСКОВЕ на підприємстві, що буде виконувати технічний облік енергоресурсів. Крім того, у роботі було проведено фінансовий аналіз встановлення АСКОВЕ на підприємстві. Така система дозволить заощадити близько 1700 тис.грн на рік, термін окупності 1,4 року.

Для скорочення втрат електричної енергії важливим кроком є заощадження електроенергії в технологічному обладнанні. Розглядаються такі заходи як перехід на регульований електропривод насосів, вентиляторів, конвеєрів, встановлення обмежувачів холостого ходу, зменшення робочого тиску у повітрозбірнику компресору, ліквідація витоків стислого повітря. Крім того, пропонується модернізація системи освітлення. Річна економія електроенергії становить близько 2260 тис.грн/рік.

Що стосується заощадження теплової енергії, запропоновано зменшення витрат теплової енергії за рахунок покращення теплоізоляції будівель. Виконано заміну однокамерних вікон на енергоефективні двокамерні, теплову ізоляцію зовнішніх стін та горища, встановлено теплові завіси. Для адміністративної будівлі економія склала близько 160 тис.грн/рік.

Вдосконалення системи енергоменеджменту на підприємстві, що стосувалося покращення енергетичної політики, створення групи з енергоменеджменту, призначення топ-енергоменеджера, створення системи АСКОВЕ, виконання плану дій по енергозбереженню на підприємстві, стимулювання працівників, вкладання інвестицій, дозволило підвищити кількість балів за матрицею енергоменеджменту до 18.

Оскільки маслоекстракційний завод є джерелом забруднення навколишнього середовища, були розглянуті питання зменшення викидів шкідливих речовин на об'єкті та скорочення викидів парникових газів.

Розроблені підходи до вдосконалення системи енергетичного менеджменту дозволяють досягти суттєвого скорочення енергоспоживання, зменшити витрати підприємства на енергоресурси, поліпшити його екологічні показники та досягти більшої конкурентоспроможності на ринку.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг. Офіційний вебпортал Регулятора. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.nerc.gov.ua/sferi-diyalnosti>
2. ДСТУ ISO 50001:2020 Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанова щодо використання (ISO 50001:2018, IDT). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dstu_iso_50001_2020.pdf
3. Постанова від 14 березня 2018 року № 312, м. Київ «Про затвердження Правил роздрібного ринку електричної енергії із змінами і доповненнями» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=76627
4. ДБН В.2.6-31:2021 "Теплова ізоляція та енергоефективність будівель" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=98037
5. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=14283
6. Вікна «Віконда» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://vikonda.ua/>
7. Базальтова вата Termolife [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://trivita.ua/ua/uteplyuvachi/bazaltovaya-vata/bazal-tovaja-vata-termolife>
8. Автоматизовані системи контролю, обліку та управління енерговикористанням (електронне видання)/ О.В.Коцар // Навч.посібн. – К.:КПІ ім.Ігоря Сікорського, - Дніпро: Середняк Т.К., 2017, - 44 с.
9. Реєстр затверджених типів засобів вимірювальної техніки [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://legalzvt.kiev.ua/>

10. Закладний О.М., Праховник А.В., Соловей О.І. Енергозбереження засобами промислового електропривода: Навчальний посібник.-К:Кондор, . - 408 с.2005
11. Електротехнічні системи електроспоживання / [Плешков П. Г., Зінзура В.В., Гарасьова Н. Ю., Котиш А.І., Величко Т.В., Плешков С.П.] ; М-во освіти і науки України, Центральноукр. нац. техн. ун-т.- Кропивницький : ПП «Ексклюзив-Систем», 2021.-209 с.
12. Електричне обладнання підстанцій систем електропостачання / Орлович А.Ю., Плешков П.Г., Козловський О.А., Співак О.В., Котиш А.І., Величко Т.В. Навчальний посібник. Видавець Лисенко В.Ф.,м.Кропивницький, 2020р. – 272 с.
13. Лічильник SL 7000. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://eltron.com.ua/lichylnyk-elektroenergiyi-itron-sl-7000-klas-tochnosti-0-5s-tryfaznyy-bagatotaryfnyy-5-10-a>
14. Лічильники ACE 6000. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://eltron.com.ua/>
15. Основи ефективного використання електричної енергії в системах електроспоживання промислових підприємств: навч. посіб. / [О.І. Соловей, В.П. Розен, П.Г. Плешков, С.В. Серебренніков, В.Ф. Ткаченко, К.Г. Петрова]; М-во освіти і науки України, Кіров. нац. техн. ун-т. – Черкаси: видавець Чабаненко Ю., 2015. – 316 с.
16. Енергоефективні системи освітлення для промислових та комунально-побутових споживачів / [Плешков П. Г., Орлович А. Ю., Серебренніков С. В., Бегун А. П., Різуненко А. О., Гарасьова Н. Ю., Зінзура В. В] ; – Харків: ТОВ «Цифра Принт», 2018.– 242с. Режим доступу: <http://dSPACE.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/12775>
17. Демов О. Д. Економія електроенергії на промислових підприємствах. Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 95с.
18. Про впровадження систем енергетичного менеджменту постанова від 23 грудня 2021 р. № 1460. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1460-2021-%D0%BF#Text>

19. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів [Електронний ресурс].–Режим доступу: https://dnaop.com/html/29590_20.html
20. Верба В.А, Загородніх О.А. Проектний аналіз: Підручник. Київ: КНЕУ, 2000. -332с.
21. Технологічні нормативи допустимих викидів забруднюючих речовин у атмосферне повітря із котелень, що працюють на лушпинні соняшника. [Електронний ресурс].– Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1023-09#Text>
22. UNFCCC (Рамкова конвенція ООН про зміну клімату) / [Електронний ресурс].– Режим доступу: <http://unfccc.int>
23. Методичні рекомендації з оцінки викидів парникових газів за видами діяльності установок. [Електронний ресурс].– Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=96562
24. Про затвердження Методики визначення енергетичної ефективності будівель. Наказ 11.07.2018 № 169/ [Електронний ресурс].– Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0822-18#Text>
25. Kordiukov, M., & Mileikovskiy, V. (2020). Методика розрахунку викидів парникових газів від експлуатації інженерних систем будівель. Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання, 32, 34–43. [Електронний ресурс].– Режим доступу: <https://doi.org/10.32347/2409-2606.2020.0.34-43>

ДОДАТОК А

Розрахункове освітлювальне та силове навантаження підприємства
на шинах 0,4 кВ

Таблиця А1 - Розрахункове освітлювальне навантаження підприємства на шинях 0,4 кВ

n/n	Назва підрозділу	F,м2	P0, Вт/м2 x10-3	Pу,кВт	K1	Kс	tgΦ	Pp, кВт	Qp, кВар
1	Головний корпус	1576,97	18	28,39	1,12	0,95	1,73	30,20	52,25
2	Екстракційний корпус	657,72	18	11,84	1,12	0,95	1,73	12,59	21,79
3	Зерносховище	420,35	0,1	0,04	1,12	0,9	1,73	0,04	0,07
4	Сушарка зерна	54,81	6	0,33	1,12	0,95	1,73	0,35	0,61
5	Склад шроту	85,16	12	1,022	1,12	0,95	1,73	1,09	1,88
6	Котельня	1026,43	16	16,42	1,12	0,9	1,73	16,55	28,64
7	Компресорна станція	62,42	16	0,998	1,12	0,9	1,73	1,01	1,74
8	Адміністративна споруда	378,95	20	7,58	1,2	0,9	0,48	8,19	3,93
9	Градирня	158,63	6	0,95	1,12	0,9	1,73	0,96	1,66
10	Вагова	56,12	6	0,34	1,12	0,9	1,73	0,34	0,59
11	Автоприйм	108	6	0,65	1,12	0,6	1,73	0,44	0,75
12	Насосна станція	142,56	18	2,57	1,12	0,6	1,73	1,72	2,98
13	Елеватор насіння	7464,0	0,1	0,75	1,12	0,9	1,73	0,75	1,30
14	Освітлення території	93600,0	0,1	9,36	1,12	0,9	1,73	9,44	16,32
	Всього			81,22				83,67	134,52

Таблиця А2 - Розрахункове навантаження підприємства на шинах 0,4 кВ

[illegible]

ДОДАТОК Б

Результати розрахунків коефіцієнтів теплопередачі для огорожуючих
конструкцій та втрати теплоти через ОК

ДОДАТОК В

Охорона праці під час монтажу, експлуатації та ремонту системи АСКОВ

Охорона праці під час монтажу, експлуатації та ремонту системи АСКОЕ

Автоматизована система контролю, обліку та керування енерговикористанням, що впроваджується на підприємстві, представляє собою сукупність вимірювальних приладів, електролічильників, автоматики, телемеханіки і зв'язку, комп'ютерів.

Роботи з монтажу технічних засобів АСКОЕ повинен проводити персонал, який щорічно проходить перевірку знань з техніки безпеки. Під час виконання монтажу і пуска-налагоджувальних робіт необхідно дотримуватися вимог, щодо техніки безпеки, які викладені в інструкціях з експлуатації технічних засобів АСКОЕ, і вимог, що встановлені «Правилами улаштування електроустановок» та «Правилами безпечної експлуатації електроустановок споживачів».

Роботи з монтажу електролічильників, підключених до вимірювальних трансформаторів, повинні проводити із зняттям напруги, двома працівниками, один з яких повинен мати групу допуску не нижче IV, а другий групу III згідно ПБЕЕС. За наявності в колах електролічильників контактів (блоків), що дозволяють працювати без розмикання кіл, не знімаючи напруги з контактів електролічильника.

Під час ремонту технічних засобів АСКОЕ необхідно:

- усі роботи з вузлами (перевірка кіл, пайка, заміна елементів джерел живлення) виконувати за умови вимкнення напруги мережі живлення;
- під час увімкнення технічних засобів АСКОЕ необхідно уникати дотику до кіл живлення;
- під час ремонту технічних засобів АСКОЕ необхідно дотримуватись загальних вимог по захисту від статичного заряду.

Експлуатація системи АСКОЕ може призвести до виникнення аварійних режимів, зумовлених:

- обривом проводів і кабелів;
- коротким замиканням між струмопровідними частинами і землею.

Розглянемо розділ правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів [28], що пов'язаний з роботою з вимірювальними приладами, пристроями релейного захисту, автоматики, телемеханіки і зв'язку, з електролічильниками.

Для забезпечення робіт, що їх проводять в колах вимірювальних приладів і пристроїв релейного захисту, всі вторинні обмотки вимірювальних трансформаторів струму і напруги слід постійно заземлювати.

За необхідності розриву кола струму вимірювальних приладів і реле кола вторинної обмотки трансформатора струму попередньо закорочується на спеціально призначених для цього затискачах.

Розривати кола, підключені до вторинної обмотки трансформатора струму забороняється. За необхідності розриву цих кіл вони мають бути попередньо замкнуті перемичкою, встановленою до передбачуваного місця розриву (рахуючи від трансформатора струму). Під час встановлення перемички слід застосовувати інструмент з ізолювальними рукоятками.

Під час роботи на трансформаторах струму або в колах, підключених до їх вторинних обмоток, слід виконувати такі заходи безпеки: зажими вторинних обмоток до закінчення монтажу кіл, що до них підключаються, мають бути замкнені накоротко. Після приєднання змонтованих кіл до трансформатора струму закоротку слід переносити на найближчу збірку затискачів і знімати тільки після повного закінчення монтажу та перевірки правильності приєднання змонтованих кіл; під час перевірки полярності до подавання імпульсів струму в первинну обмотку прилади слід приєднувати до затискачів вторинної обмотки. Забороняється використовувати шини первинних обмоток як струмовідні під час монтажних та зварювальних робіт.

Робота в колах пристроїв релейного захисту, електроавтоматики і телемеханіки (РЗАіТ) проводиться за виконавчими схемами.

Під час робіт в пристроях РЗАіТ слід користуватися слюсарно-монтажним інструментом з ізолювальними рукоятками.

Під час перевірки кіл вимірювання, сигналізації, керування і захисту за необхідності в приміщенні електроустановок напругою понад 1000 В дозволяється залишатися одному члену бригади за умовами роботи (наприклад, регулювання вимикачів, перевірка ізоляції); працівник, який перебуває окремо від керівника робіт, повинен мати групу III.

Під час робіт в колах трансформаторів напруги з подачею напруги від стороннього джерела знімаються запобіжники з боку вищої і нижчої напруги, а також відключаються автомати від вторинних обмоток.

За необхідності проведення будь-яких робіт в колах чи на апаратурі РЗАіТ за умови ввімкненого основного обладнання слід вжити додаткових заходів щодо запобігання його випадковому відключенню.

Забороняється на панелях або поблизу місця розміщення релейної апаратури провадити роботи, які викликають сильний струс релейної апаратури, що може спричинити до помилкових дій реле.

Перемикання, вмикання і вимикання вимикачів, роз'єднувачів та іншої комутаційної апаратури, пускання і зупинення агрегатів, регулювання режиму їх роботи, необхідні під час налагодження або перевірки пристроїв РЗАіТ, провадять тільки оперативні працівники.

Записувати покази електролічильників та інших вимірювальних приладів, встановлених на щитах керування і в РУ, дозволяється:

- одноособово працівникам з групою II за наявності місцевих оперативних працівників (з чергуванням двох осіб) і з групою III – без місцевих оперативних працівників;
- працівникам інших організацій з групою III у супроводі місцевого оперативного працівника.
- в електроустановках до 1000 В споживачів, які не мають електротехнічних працівників, оформлення робіт нарядом (розпорядженням), підготовку робочих місць і допуск до робіт з електролічильниками, за показами яких здійснюються розрахунки за спожиту електроенергію, можуть виконувати працівники електропостачальної організації.

Основні заходи безпеки під час роботи з вимірювальними засобами напруги та струму.

Досвід експлуатації електроустановок показує, що для безпечної роботи поряд із засобами захисту необхідно так організувати експлуатацію, щоб була усунена можливість помилок з боку обслуговуючого персоналу.

При підготовці робочого місця з частковим або повним зняттям напруги технічні заходи проводять у такому порядку:

1. Вимикають необхідні струмопровідні частини та проводять заходи, які виключають помилкову подачу напруги до місця проведення робіт.
2. На вимкнених комутаційних апаратах вивішують заборонні плакати: «Не вмикати — працюють люди!», «Не вмикати — робота на лінії!» та ін. В разі необхідності встановлюють огорожі навколо струмопровідних частин.
3. До заземлюючого пристрою приєднують затискач переносного заземлення.
4. Перевіряють, чи немає напруги на вимкнутій частині установки. Якщо її немає, то заземлюють цю частину до контура заземлення.
5. Робоче місце огорожують переносними огорожами і вивішують попереджувальні і нагадувальні плакати: «Стій — висока напруга!», «Працювати тут!».

При підготовці робочого місця і в період роботи необхідно проводити такі організаційні заходи: 1) оформлення роботи нарядом або розпорядженням; 2) допуск до роботи; 3) нагляд під час роботи; 4) отримання певного порядку записів у журналі перерв у роботі, переходів на інше місце роботи, закінчення роботи.

Основними способами захисту від статичної електрики є заземлення металевих частин обладнання, які можуть електризуватися, застосовування.

Для безпеки персоналу, який виконує вимірювання показів діючих електроустановок, використовують електротехнічні засоби захисту.

Умовно їх можна поділити на три основні групи:

- ізолюючі;

- огорожуючі;
- запобіжні.

Ізолюючі засоби захисту забезпечують електричну ізоляцію людини від струмопровідних або заземлюючих частин, а також від землі. За ступенем надійності ізолюючі засоби захисту поділяють на основні та допоміжні.

Основні ізолюючі електрозахисні засоби здатні тривалий час витримувати робочу напругу електроустановки і захищати персонал від ураження струмом при доторкуванні до струмопровідних частин, які перебувають під напругою. В електроустановках до 1000 В до них належать: ізолюючі штанги, ізолюючі й електровимірювальні кліщі, діелектричні рукавиці, покажчики напруги, а в електроустановках понад 1000 В — ізолюючі штанги, ізолюючі та електровимірювальні кліщі, покажчики напруги .

Допоміжні ізолюючі електрозахисні засоби не здатні тривалий час витримувати робочу напругу електроустановки і захищати людину від ураження струмом при цій напрузі. Вони слугують для підсилення захисної дії основних ізолюючих засобів. В електроустановках до 1000 В до них належать діелектричні боти, килимки, а також ізолюючі підкладки і накладки, а в електроустановках понад 1000 В — діелектричні рукавиці, боти, килимки й ізолюючі підкладки.

Ізолюючі кліщі використовують для встановлення і зняття під напругою трубчастих патронів запобіжників, зняття рубильників і роз'єднувачів з ножів, ізолюючих накладок тощо. Кліщі застосовують під час роботи електроустановками напругою 6...35 кВ. В електроустановках напругою вище 1000 В при роботі з кліщами необхідно одягати діелектричні рукавиці, а при роботі із запобіжниками захисні окуляри.

За допомогою покажчиків напруги перевіряють наявність або відсутність напруги на струмопровідних частинах. Ознакою наявності напруги є засвічування неонові лампи. Покажчики напруги до 1000 В можна використовувати без інших захисних засобів.

При роботі з покажчиком оператор повинен одягнути діелектричні рукавиці.

Діелектричні рукавиці використовують як основний захисний засіб для електроустановок до 1000 В, а як допоміжний — в електроустановках понад 1000 В. Діелектричні калоші, боти, килимки використовують тільки як допоміжні захисні засоби.

Перед використанням засоби захисту уважно оглядають і очищають від пилу. Особливу увагу звертають на тавро, що свідчить про придатність засобів захисту, а також дату випробування засобів захисту.

Гумові рукавиці, боти, калоші перевіряють один раз у 6 місяців, ізолюючі підставки — один раз у 3 роки.

До застосування під час вимірювання напруги і струму рекомендовано застосовувати:

Діелектричні рукавички безшовні 9 кВт. Призначені для захисту рук від ураження електричним струмом при роботі в електроустановках до 1000 В. Випускаються рукавички одного розміру.

Експлуатаційні характеристики:

1. Температурний інтервал: від $+40^{\circ}$ до -40° С;
2. Довжина діелектричної рукавички - не менше 350 мм, ширина долоні в діапазоні - $(130 + 6)$ мм, товщина гумової стінки - не менше 1,1 мм.;
3. Максимальний струм витoku для класу 0 діелектричних рукавичок при напрузі $(9,0 + 0,4)$ кіловольт не повинен перевищувати 9 мА.

За експлуатаційними характеристиками і методами випробувань діелектричні безшовні рукавички відповідають МЕК 903.

Фізико-механічні показники:

1. Умовна міцність при розтягуванні, МПа, не менше - 14;
2. Відносне подовження при розриві, %, не менше - 60;

Боти діелектричні застосовуються як додатковий засіб захисту від електричного струму при роботі на закритих і відкритих (при відсутності опадів) електроустановках, при напрузі понад 1000В. Боти діелектричні 20 кВт, виробник - Україна. Боти діелектричні - витримують випробувальну напругу 20 кВ змінного струму частотою 50 Гц.

Килимок діелектричний 50х50. Діелектричні гумові килими застосовуються в якості додаткового захисного засобу в закритих електроустановках напругою понад 1000В, крім особливо сирих приміщень, і у відкритих електроустановках в суху погоду:

- температурний інтервал: від -15 до +40 оС.;
- електрична міцність гум, застосовуваних для виготовлення килимів, не менш 10 кВ / мм.;
- виготовляються товщиною 5-7 мм.;
- допустимий максимальний струм витoku килима не більше 160 мА/м²;
- килими гумові для електроустановок витримують випробувальну напругу 20 кВ змінного струму частотою 50 Гц.

Працівники, які працюють з засобами вимірювальної техніки, забезпечуються захисним одягом компанії «Маркетпрофі», модель стандарт. До його складу входять бавовна і поліестер, а також бавовняними перчатками виробника «Електроснаб» для того, щоб співробітник міг працювати з дрібними деталями та інструментами. Це дозволить працівникові почуватися зручно та безпечно під час робіт. Взуття ТМ РАББЕР виконане з натуральної шкіри, яка має властивість стійкості до спалахів. Всі елементи таких черевиків зшиваються термостійкими нитками, тому працівник з надійним взуттям зможе працювати з достатнім ступенем безпеки.

Для захисту працівника від шуму передбачено забезпечити працівника засобами індивідуального захисту, а саме навушниками ТМ INTERTOOL SP-0024, які створюють оптимальне ущільнення навколо вушної раковини, таким чином надійно захищаючи орган слуху від пошкоджень шумом.