

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ім. Ю.М. ПОТЕБНИ

Електричної інженерії та кіберфізичних систем

(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота

другий (магістерський) рівень

(рівень вищої освіти)

на тему «Аналіз впровадження енергоефективних технологій на промислових
об'єктах»

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1412-з
спеціальності 141 Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка

(код і назва спеціальності)

спеціалізації

(код і назва спеціалізації)

освітньої програми Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка

(назва освітньої програми)

Бережний В.О.

(ініціали та прізвище)

Керівник к.т.н., доц. Єрофєєва А.А.

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

Рецензент д.т.н., проф. Артемчук В.В.

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

Запоріжжя


2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерний навчально-науковий інститут _____
Кафедра Електричної інженерії та кіберфізичних систем _____
Рівень вищої освіти другий (магістерський) рівень _____
Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка _____
(код та назва)
Спеціалізація _____
(код та назва)
Освітня програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

д.т.н., доц.  В.Л. Коваленко
« _____ » _____ 2023 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Бережний Валерій Олександрович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи «Аналіз впровадження енергоефективних технологій на промислових об'єктах»

керівник роботи Єрофєєва Аліна Анатоліївна, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від « 01 » травня 2023 року № 638 - с

2 Строк подання студентом роботи 01 грудня 2023 р.

3 Вихідні дані до роботи : споживання електричної енергії промислового об'єкта, вологість шихти - 8,6%, вміст летючих речовин у шихті -29,7%, переробка шихти -102596 т, валовий вихід коксового газу - 33041 тис. м³; виробництво пари - 51315 Гкал, виробництво стиснутого повітря -7234 тис. м³, добовий план виробництва продукції.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1) Аналіз засобів підвищення ефективності споживання електричної енергії на промислових об'єктах 2) Дослідження споживання електричної енергії в технологічному процесі промислового об'єкта. 3) Впровадження енергоефективних заходів на промисловому об'єкті. 4) Вдосконалення математичної моделі споживання електричної енергії.

5 Перелік графічного матеріалу 1) Споживання електричної енергії промислового об'єкта. 2) Відсоток споживання електричної енергії цехами

підприємства 3) Вихідні дані для розрахунків питомої витрати електричної енергії. 4) Конденсаторна установка. 5) Схема розподілу навантажень. 6) Довірчі інтервали регресійного рівняння споживання електричної енергії. 7) Висновки

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Єрофєєва А.А. к.т.н., доцент	<i>Єрофєєва</i>	<i>Єрофєєва</i>
Розділ 2	Єрофєєва А.А. к.т.н., доцент	<i>Єрофєєва</i>	<i>Єрофєєва</i>
Розділ 3	Єрофєєва А.А. к.т.н., доцент	<i>Єрофєєва</i>	<i>Єрофєєва</i>
Розділ 4	Єрофєєва А.А. к.т.н., доцент	<i>Єрофєєва</i>	<i>Єрофєєва</i>

7 Дата видачі завдання 11.09.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз засобів підвищення ефективності споживання електричної енергії на промислових об'єктах	29.09.2023	
2	Дослідження споживання електричної енергії в технологічному процесі промислового об'єкта	16.10.2023	
3	Впровадження енергоефективних заходів на промисловому об'єкті	30.10.2023	
4	Вдосконалення математичної моделі споживання електричної енергії	27.11.2023	

Студент *В.О.*
(підпис)

Бережний В.О.
(ініціали та прізвище)

Керівник роботи *Єрофєєва*
(підпис)

Єрофєєва А.А.
(ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер *Т.В.*
(підпис)

С.В. Башлій
(ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

В.О.Бережний. Аналіз впровадження енергоефективних технологій на промислових об'єктах.

Кваліфікаційна випускна робота на здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, науковий керівник А.А.Єрофєєва. Запорізький національний університет. Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні. Кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем, 2023.

Кваліфікаційна робота магістра присвячена впровадженню енергоефективних технологій на промисловому об'єкті. В роботі визначено основні фактори, що впливають на споживання електроенергії в технологічному процесі підприємства.

Запропоновано впровадження конденсаторної установки, що дозволить знизити оплату за споживання реактивної потужності та зменшити навантаження на силові трансформатори, відповідно, збільшиться їх термін служби.

Розроблено математичну модель споживання електроенергії в технологічному процесі підприємства та за її допомогою запропоновано заходи щодо зниження споживання електроенергії.

Ключові слова: математична модель, рівняння регресії, конденсаторна установка, реактивна потужність, трансформатор, електроенергія, конденсатор.

ABSTRACT

Berezhnyi V.O. Analysis of the implementation of energy efficient technologies at industrial facilities.

Qualifying final work for the degree of master's degree in specialty 141 - Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics, scientific supervisor A.A.Yerofieieva. Zaporizhzhia National University. Engineering Educational and Research Institute named after Y.M. Potebnyi. Department of Electrical Engineering and Cyberphysical Systems, 2023.

The master's thesis is devoted to the implementation of energy efficient technologies at an industrial facility. The work identifies the main factors affecting the consumption of electricity in the technological process of the enterprise.

It is proposed to introduce a capacitor installation, which will reduce the cost of reactive power consumption and reduce the load on power transformers, thus increasing their service life.

A mathematical model of electricity consumption in the technological process of an enterprise has been developed and measures to reduce electricity consumption have been proposed.

Keywords: mathematical model, regression equation, capacitor installation, reactive power, transformer, electricity, capacitor.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 АНАЛІЗ ЗАСОБІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ПРОМИСЛОВИХ ОБ'ЄКТАХ.....	9
2 ДОСЛІДЖЕННЯ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В ТЕХНОЛОГІЧНОМУ ПРОЦЕСІ ПРОМИСЛОВОГО ОБ'ЄКТА.....	14
2.1 Аналіз споживання паливно-енергетичних ресурсів на ПрАТ «Запоріжжкокс».....	14
2.2 Методика виявлення основних факторів, що впливають на споживання електроенергії в технологічному процесі ПрАТ «Запоріжжкокс».....	23
2.3 Методика розрахунку питомої витрати електричної енергії для технологічних потреб ПрАТ «Запоріжжкокс».....	28
3 ВПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ЗАХОДІВ НА ПРОМИСЛОВОМУ ОБ'ЄКТІ.....	47
3.1 Впровадження конденсаторної установки.....	47
3.2 Оптимізація роботи відділення остаточного подрібнення вуглепідготовчого цеху.....	52
3.3 Баланс виробництва пари та електроенергії.....	56
4 ВДОСКОНАЛЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ.....	63
ВИСНОВКИ.....	69
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	71

ВСТУП

Актуальність. Поняття енергоефективність трактується як можливість отримувати більший ефект при менших витратах енергії, а відтак і менших фінансових витратах на забезпечення організації паливно-енергетичними ресурсами. Енергоефективність підприємства тісно пов'язана з таким поняттям, як енергозбереження.

Енергозберігаючий шлях у економіці припустимий тільки у реалізації формування та застосування програм та заходів щодо енергозбереження на підприємствах та виробництвах. Отже необхідно встановити на промислових підприємствах максимально раціональне застосування та використання енергоресурсів. Таким чином, актуальність дослідження обумовлена необхідністю та потребою у розвитку питань енергозбереження на підприємстві.

Мета роботи - впровадження енергоефективних технологій на промисловому підприємстві.

Задачі дослідження. Для досягнення зазначеної мети дослідження в магістерській роботі вирішуються такі задачі:

- дослідження споживання електроенергії в технологічному процесі підприємства;
- аналіз споживання паливно-енергетичних ресурсів ;
- впровадження конденсаторної установки;
- вдосконалення математичної моделі споживання електричної енергії.

Як показує світова практика, оптимальна стратегія енергозбереження для підприємства передбачає реалізацію п'яти основних етапів. Перший - це аудит енергосистеми: проведення необхідних вимірювань для виявлення найбільш енергоємних ділянок мережі, визначення областей для модернізації та попереднього розрахунку прибутку після впровадження енергоефективних технологій. Другий етап – вирішення проблем витоку енергії. Третій -

використання "прямих" технологій підвищення енергоефективності: фільтрація гармонік, усунення імпульсних перенапруг, застосування компенсації реактивної потужності збільшення активної потужності. Четвертий - автоматизація процесів управління інженерними системами та системами електропостачання. І останній етап - постійний моніторинг, контроль та покращення якості постачання енергії.

Якщо розглядати економію енергоресурсів у глобальному сенсі – на рівні країни, можна виділити не лише види, а й цілі класи енергозберігаючих технологій. У тому числі обладнання для проведення енергоаудиту, економії теплової енергії, електроенергії, води, палива, а також рішення для відновлюваних джерел енергії. При розгляді оптимізації енерговитрат на конкретних об'єктах, то тут слід виділяти, наприклад, компенсацію реактивної потужності, системи плавного пуску та регулювання частоти обертання електродвигунів, рішення щодо автоматизації технологічних процесів та двигунів, будівель, центрів обробки даних. Застосування енергоефективних технологій загалом дозволяє знижувати енергоспоживання на 30 – 40 %. Наприклад, двигуни на промислових підприємствах споживають до 65 % всієї енергії, що виробляється. Застосування перетворювачів частоти для керування асинхронними двигунами, встановленими в інженерних системах, в середньому знижує споживання електроенергії на 30 %, а введення автоматизованого керування підвищує цей показник до 50 %.

1 АНАЛІЗ ЗАСОБІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ПРОМИСЛОВИХ ОБ'ЄКТАХ

Для обґрунтування заходів щодо мінімізації енергетичних втрат в енергопостачанні підприємства існує науково обґрунтована методика, яка ґрунтується на математичній моделі процесів перетворення енергії з урахуванням енергетичних втрат на всіх циклах технологічного процесу. Енергозберігаючі технології на будь-якому підприємстві складаються з кількох етапів.

Перший етап енергозберігаючих технологій полягає у впровадженні приладів контролю обліку енергоносіїв. Проте, у цьому напрямі є резерви економії, саме економія з допомогою підвищення точності вимірювальних приладів. Оскільки похибки вимірювань носять випадковий характер, то й алгоритми підвищення точності і скорочення втрат мають бути засновані на теорії випадкових процесів. Так, наприклад, аналіз методичних похибок контролю основних параметрів та характеристик технологічного процесу дозволить обґрунтовано вибирати вимірювальні прилади та структуру інформаційно-вимірювальної системи. Найбільш просто може бути отриманий економічний ефект на промислових підприємствах за оптимізації режимів передачі перетворення енергії в технологічних процесах.

Другий етап впровадження енергозберігаючих технологій полягає у реалізації оптимального управління енергопостачанням підприємства у вигляді автоматизованої системи обліку енергоресурсів (АСОЕ). Впровадження АСОЕ дозволить зменшити комерційні втрати. Автоматизована система управління є людино-машинною системою і тому дозволяє використовувати в роботі теорію прийняття рішень, яка використовує спеціалізовану інформацію. Найбільший вплив на енергоефективність промислових підприємств має обґрунтований вибір обладнання, оскільки саме сучасне обладнання дозволяє скоротити втрати енергії.

Надійне та економічне постачання електроприймачів електроенергією необхідної якості – необхідна умова нормального функціонування будь-якого промислового підприємства. До таких можна віднести енергоефективність під час експлуатації системи електропостачання, вимоги якості електроенергії та впровадження енергозберігаючого електротехнічного та технологічного обладнання підприємства. У зв'язку з цим фахівці у галузі електропостачання повинні мати глибокі знання цілого комплексу питань, пов'язаних із проектуванням електроустановок промислових об'єктів.

До основних завдань електропостачання на промисловому підприємстві належать:

- вибір раціональних схем та конструктивного виконання електричних мереж; визначення електричних навантажень;
- розрахунок втрат потужності та електроенергії;
- компенсація реактивної потужності;
- підтримка необхідної якості напруги;
- вибір числа та потужності трансформаторів;
- вибір захисних апаратів та перерізів провідників;
- облік споживаної потужності та електроенергії;
- раціональне використання електроенергії.

Застосування енергоменеджменту в організації – це інноваційне рішення, яке пов'язане з модернізацією існуючого виробництва та управління на основі використання найкращої світової практики в галузі енергозбереження. Ощадливе виробництво передбачає проведення модернізації організаційних та технологічних процесів підприємства. Однак застосування інструментів ощадливого виробництва не дасть значного ефекту без заходів щодо енерго- та ресурсо-збереження.

Основні напрями цих заходів досить очевидні:

- до 75% всієї споживаної електроенергії на підприємствах використовується для приведення в дію всіляких електроприводів. На більшості підприємств встановлені електродвигуни з великим запасом

потужності з розрахунку на максимальну продуктивність обладнання, незважаючи на те, що години пікових навантажень становлять не більше 15-20 % загального часу роботи. В результаті витрачається значно більше (до 60 %) енергії. Установка частотно-регульованих електроприводів із функціями оптимізації енергоспоживання дозволяє заощадити до 30-50 % енергії, частота обертання двигуна може гнучко змінюватися залежно від реального навантаження.

Заходи щодо організації енергозбереження на виробництві розподіляються за кількома напрямками.

Методологічні заходи:

- проведення енергетичного обстеження підприємства;
- розробка програми з енергозбереження та підвищення енергетичної ефективності, у тому числі:

- а) аналіз вихідного стану діяльності організації у сфері енергозбереження;

- б) розробка заходів енергозбереження та підвищення енергоефективності стосовно технологічних умов діяльності підприємства;

- в) планування та організація комерційного та технологічного обліку споживання енергії та енергоресурсів;

- г) моніторинг технічного стану приладів обліку споживання енергії та енергоресурсів та системи комерційних розрахунків;

- д) моніторинг виконання заходів щодо енергозбереження та підвищення енергоефективності;

- е) організація контролю цільових показників та індикаторів результативності реалізації програми з енергозбереження.

- Розробка та впровадження Системи енергоменеджменту, у тому числі:

- а) формування енергополітики підприємства;

- б) розробка внутрішніх регламентів енергокористування;

- в) визначення критеріїв та методів контролю функціонування процесів;

г) ідентифікація споруд, обладнання, процесів та персоналу, що впливають на енергоспоживання;

д) розробка системи моніторингу контрольних енергопараметрів та індикаторів енергоефективності.

- сертифікація системи енергоменеджменту організації на відповідність міжнародним стандартам;

- підготовка та підвищення кваліфікації персоналу у сфері енергоефективності та енергозбереження, у тому числі навчання персоналу правилам енергозбереження та раціонального використання енергоресурсів;

- розробка положення про матеріальне стимулювання отримання ефекту від проведення заходів щодо підвищення енергоефективності та зниження витрат на придбання енергоресурсів;

- стимулювання учасників енергозберігаючих заходів.

Однією з головних причин щодо заходів, які можуть знизити енергоспоживання для підприємства, є необхідність підвищення економічної ефективності виробництва. Досить великий відсоток енерговитрат на підприємствах пояснюється моральним зношуванням обладнання та втратами енергії при транспортуванні її від постачальника до споживача.

Програма енергозбереження повинна мати певні цілі, які чітко сформульовані, набір конкретних алгоритмів (порядку дій), їх взаємозв'язок та ефективну систему управління. Програма має розроблятися з урахуванням індивідуальних особливостей об'єкта, чітко визначати напрями, цілі та конкретні шляхи їх досягнення для забезпечення належного рівня енергетичної ефективності процесу споживання енергетичних ресурсів, а також раціонально поєднувати кошти, що залучаються та засоби, що вивільняються внутрішнім резервом.

Основні завдання, які має вирішити програма енергозбереження, що впроваджується на підприємстві:

- розробка цільових показників у галузі енергозбереження та підвищення енергетичної ефективності;

- розробка комплексу заходів адміністративного, організаційного та економічного спрямування зі стимулювання енергозбереження;

- забезпечення взаємодії з різними організаціями, що виробляють та постачають енергоресурси;

- створення ефективної системи фінансування з урахуванням раціонального використання всіх наявних джерел коштів;

- розширення використовуваних можливостей для управління енергозбереженням у споживаючих організацій та на конкретних об'єктах.

Заплановані результати впровадження програми енергозбереження:

- а) оптимізація потреб у паливно-енергетичних ресурсах конкретного об'єкта, для якого розроблено програму енергозбереження;

- б) введення у використання спеціально розробленого енергозберігаючого обладнання, конструкцій та матеріалів, технічних приладів, що також сприяє економії електроенергії.

Проводячи аналіз та оцінку економічного енергоресурсного потенціалу необхідно розглядати не лише кількісну та якісну його характеристики, а й можливість раціонального використання енергетичних ресурсів. Реалізовані сьогодні технічні та технологічні заходи, що забезпечують зниження споживання енергії та енергоресурсів, дуже різноманітні.

Підвищення ефективності використання енергії, підвищення продуктивності енергоресурсу є основним завданням енергозбереження.

2 ДОСЛІДЖЕННЯ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В ТЕХНОЛОГІЧНОМУ ПРОЦЕСІ ПРОМИСЛОВОГО ОБ'ЄКТА

2.1 Аналіз споживання паливно-енергетичних ресурсів на ПрАТ «ЗАПОРІЖКОКС»

ПрАТ «Запоріжжкокс» - це один із найбільших виробників коксу для металургії та один з найбільших експортерів хімічної продукції в Україні. Підприємством виробляється близько 10 % усього виробленого в Україні коксу. Головним споживачем коксу є чорна металургія. На доменні печі надходить до 80 % коксу, на ливарні цілі затрачується до 10 % коксу, 6 % коксу йде для одержання кольорових металів й у хімічну промисловість, 4 % – на інші цілі.

Основні продукти виробництва підприємства:

- доменний кокс (використовується в доменному виробництві в якості відновника залізної руди);
- кокс горішок (застосовується в якості палива і є відновником);
- коксовий газ (для вироблення чавуну у доменному виробництві).

Також продукцією підприємства є:

- коксовий дріб'язок, який використовують для агломерації руд чи в якості твердого палива і є відновником;
- сульфат амонію, який призначений для використання в якості азотного добрива і в різноманітних галузях промисловості;
- бензол, який використовується у якості сировини для виробництва синтетичного волокна, пластмас, каучуку та фенолу і інш.;
- пеки електродні, які використовують для виробництва анодних мас, вугільної та графітованої продукції, конструкційних вуглеграфітових матеріалів, електровугільних виробів;
- сировина коксохімічна, яка використовується для виробництва

високоструктурного технічного вуглецю;

- нафталінова фракція, яка використовується для виділення з неї нафталіну та фенолів, а також для приготування технічних масел;
- паливо котельне, яке застосовується для спалювання у топках технологічного і енергетичного обладнання;
- сірка газова, яка використовується у виробництві гумотехнічних виробів, в целюлозно-паперовій, текстильній та інших галузях промисловості, а також у сільському господарстві;
- смола важка для дорожнього будівництва.

У складі підприємства основні цехи : вуглепідготовчий, коксовий , уловлювання, сіркоочищення, та смолоперегінний, виробництво також забезпечується допоміжними ремонтними, транспортними підрозділами та заводською лабораторією, які за рівнем технічного оснащення належать до числа найкращих у Європі.

Вуглепідготовчий цех (ВПЦ) забезпечує:

- приймання вугільного концентрату;
- вивантаження вугільного концентрату до відкритого складу вугільних концентратів;
- підготовка шихти з подальшим завантаженням до вугільних башт;
- подрібнення (у випадку необхідності) вугільної шихти;
- транспортування вугільної шихти до вугільних башт коксового цеху;

У функції котельного цеху (КЦ) входить:

- завантаження шихти до камери коксування коксової батареї;
- виробництво доменного коксу у коксових батареях (камерах коксування);
- виробництво коксового газу (неочищеного);
- вивантаження доменного коксу із коксової батареї камери коксування до вагону гасіння коксу;
- гасіння коксу за допомогою аміачної води у башті гасіння коксу;

- вивантаження коксу (гашеного) із вагонів гасіння коксу до коксових рамп;
- транспортування коксу із коксових рамп за допомогою конвеєру до обладнання коксосортування;
- сортування коксу.

У цеху вловлювання (ЦВ) забезпечуються процеси відкачування коксового газу від коксових батарей задля подальшого виробництва та вловлювання важких складових коксового газу (неочищених); виробництво сульфату амонію і бензолу.

У цеху сіркоочищення (ЦСО) проводиться очищення коксового газу від сірки та нафталіну, транспортування очищеного коксового газу до ПАТ «Запоріжсталь», а також на технологічні потреби виробничого циклу підприємства. ЦСО також виробляє сірку та соду.

До функцій котлотурбінного цеху (КТЦ) входять процеси допалення димових газів від коксових батарей у котлах утилізаторах; вироблення пари задля потреб виробничого циклу; вироблення електричної енергії турбогенераторами, задля забезпечення 60 % споживання її підприємством;

- виробництво електричної енергії для потреб ПАТ «Запоріжсталь»;
- виробництво стисненого повітря для підприємства.

У цеху смолоперегонного виробництва (ЦСПВ) здійснюється розділення і виробництво смоли кам'яно-вугільної та вироблення ліграну.

Енергоцех підприємства (ЕЦ) забезпечує безперервне постачання підприємства електричною енергією та водою (технічною і питною); проводить охолодження води оборотного циклу.

Залізнично-дорожний цех (ЗЦ) забезпечує переміщення залізничним сполученням сировини (територією підприємства) та готової продукції (із підприємства до споживачів), а також проводить розмороження вугільних концентратів у гаражі розмороження вугільного концентрату.

Ремонтно-механічний цех (РМЦ) підприємства проводить механічну обробку матеріалів, будівництво, ремонт обладнання та споруд, виготовлення необхідного інструменту задля ремонту обладнання.

Цехом безрейкового транспорту (ЦБТ) забезпечується необхідна наявність інструменту для проведення ремонтів, будівництва і пересування персоналу автомобільним транспортом та спеціальною технікою.

«Запоріжжкокс» є одним із найбільш енергофактивних підприємств галузі. На підприємстві розроблений і впроваджений ряд інноваційних проектів з економії енергоресурсів. Зокрема, було створено перше в коксохімічній галузі відділення стабілізації тиску коксового газу на основі м'яких резервуарів – газгольдерів. Працює також унікальна установка утилізації тепла димових газів коксових батарей.

Перший у галузі – спільний проект з комбінатом «Запоріжсталь» щодо обміну вторинними газами, що дозволило значно скоротити використання природного газу та отримати синергетичний ефект у сумі понад 200 млн грн. щорічно. Потужності ПАТ «Запоріжжкокс» дозволяють сьогодні забезпечувати себе електроенергією власної генерації, а також передавати її надлишок комбінату «Запоріжсталь». У цілому, проекти енергозбереження приносять підприємству понад 130 млн грн. економічного ефекту на рік.

На заводі «Запоріжжкокс» був проведений сертифікаційний аудит із міжнародного стандарту енергетичного менеджменту ISO 50001 Товариством з обмеженою відповідальністю «Технічні та управлінські послуги» (офіційний представник німецької компанії TUV SUD в Україні), за результатами якого ПАТ «Запоріжжкокс» отримало сертифікат із стандарту енергетичного менеджменту ISO 50001 (рис.2.1).

За результатами проведеної сертифікації на підприємстві були встановлені і систематизовані заходи, які цілеспрямовані на зниження споживання ПЕР (паливно-енергетичні ресурси) та підвищення їх більш ефективного використання:

ZERTIFIKAT ♦ CERTIFICATE ♦ 認証證書 ♦ CERTIFICADO ♦ CERTIFICAT



Management Service

CERTIFICATE

**The Certification Body
of TUV SUD Management Service GmbH**
 certifies that



PJSC “Zaporizhcoke”
Diagonalnaya str., 4
69600 Zaporozhye
Ukraine

has established and applies
 an Energy Management System for

**Manufacture of
 coke and coke-chemical products.**

An audit was performed, Report No. **707038377**.
 Proof has been furnished that the requirements
 according to

ISO 50001:2011

are fulfilled. The certificate is valid from **2014-12-05** until **2017-12-04**.
 Certificate Registration No. **12 340 49094 TMS**



Product Compliance Management
Munich, 2014-12-05



DAKKS
Deutsche
Akkreditierungsstelle
D-ZM-14143-01-02

TÜV SÜD Management Service GmbH • Zertifizierungsstelle • Hildlerstraße 65 • 80339 München • Germany

TÜV^b

Рис.2.1- Сертифікат із стандарту енергетичного менеджменту ISO 50001

- функціонує комітет із енергоефективності та комісія з ефективного споживання паливно-енергетичних ресурсів.

За результатами проведення зустрічей комітету з енергоефективності і комісії із ефективного споживання ПЕР впроваджуються ряд заходів, які направлені на зменшення і більш раціональне споживання паливно-енергетичних ресурсів, що входять до Програми заходів з енергозбереження ПрАТ «Запоріжжкокс».

З метою заохочення персоналу заводу для залучення з пошуку заходів, які направлені на зменшення та раціональне споживання паливно-енергетичних ресурсів на ПрАТ «Запоріжжкокс» запроваджено конкурс на найкращий захід, направлений на енергозбереження. Переможці вищезазначених конкурсів заохочуються матеріально.

Відображення результатів функціонування системи енергетичного менеджменту це - аналіз споживання енергоресурсів підприємством, де відображається використання енергоресурсів за попередній період та заплановані споживання на майбутній період. Результати аналізу споживання енергоресурсів підприємством наведені в табл. 2.1 та 2.2.

За результатами проведеного аналізу таблиць 2.1 і 2.2, з'ясовано, що електрична енергія являється не основним енергоресурсом, але найбільші споживачі електроенергії на підприємстві це - цех вловлювання та котлотурбінний.

На рисунку 2.2 наведена діаграма обсягів споживання електричної енергії.

На рис. 2.3 зображено відсоток споживання електричної енергії підрозділами.

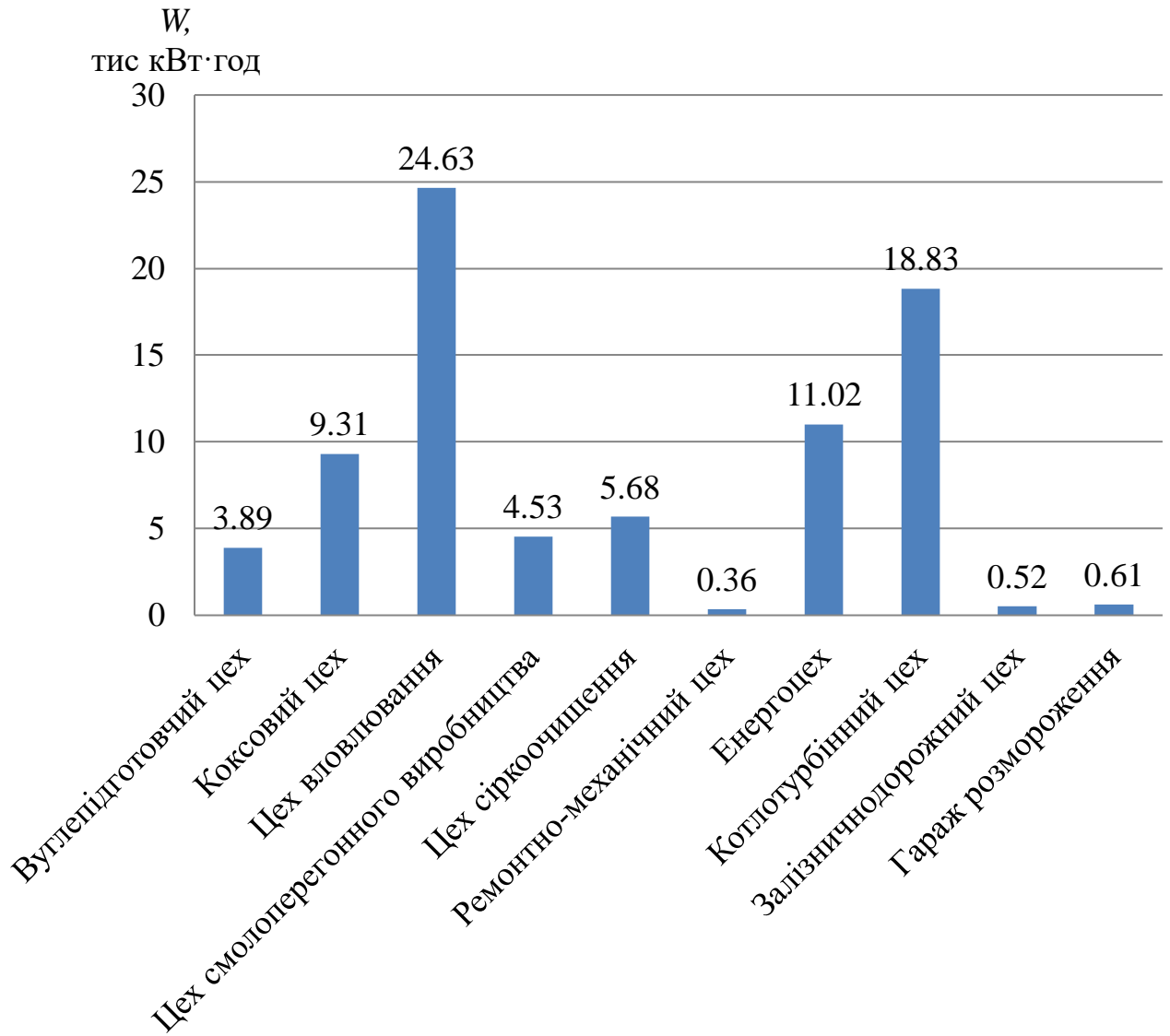


Рисунок 2.2 – Споживання електроенергії ПрАТ «Запоріжжкокс»

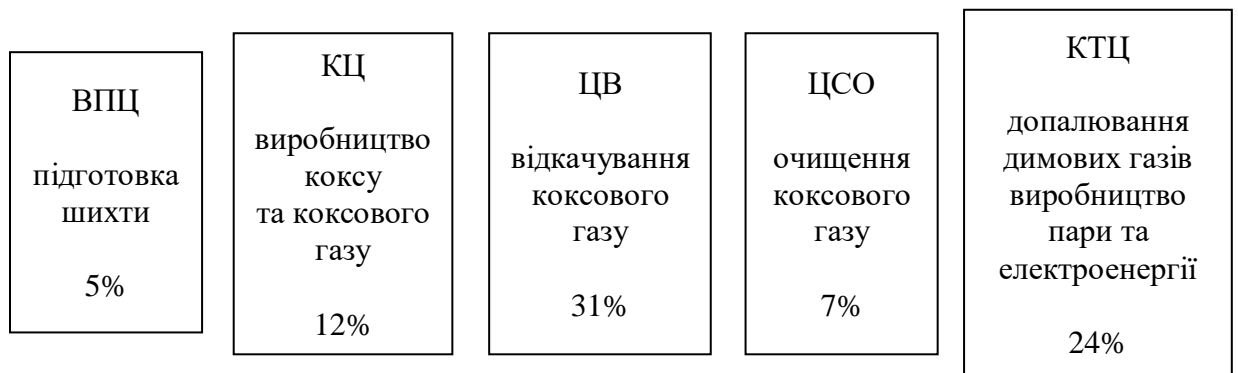


Рисунок 2.3 – Відсоток споживання електроенергії цехами

ПрАТ «Запоріжжкокс»

Таблиця 2.1 – Аналіз споживання енергоресурсів ПрАТ «Запоріжкокс»

№ з/п	Джерело енергії	Кількість енергоресурсу				Коефіцієнт переводу енергії в ГДж	
		2019	2020	2021	Заплановане споживання енергії в 2022 р.		
1	2	3	4	5	6	7	
1	Коксовий газ, тис.м ³	402 755	389 597	273 418	269 730	0,016747	
2	Доменний газ, тис.м ³			301 616	393 029	0,003349	
3	Електроенергія, тис. кВт·год	85 597,8	90 819,7	89 571 680	94 782,06	0,0036	
4	Теплова енергія, Гкал	370 814	457 641	465 061	439 213	4,1868	
5	Пара на опалення, Гкал	4 524	9 147	10 518	50 805	4,1868	
6	Сума	-	-	-	1 247 559		
№ з/п	Джерело енергії	Кількість енергії в ГДж				Відсоток	Рейтинг
		2019	2020	2021	Заплановане споживання енергії в 2022 р.		
1	2	8	9	10	11	12	13
1	Коксовий газ, тис.м ³	6 745	6 525	4 578,93	4 517,17	0,22	3
2	Доменний газ, тис.м ³			1 010,11	1 316,25	0,06	4
3	Електроенергія, тис. кВт·год	308	327	322 458,05	341,22	0,02	5
4	Теплова енергія, Гкал	1 552 524	1 916 051	1 947 117,39	1 838 897	89,36	1
5	Пара на опалення, Гкал	18 941	38 297	44 036,76	212 710,37	10,34	2
6	Сума	1 578 518	1 961 200	2 319 201,25	2 057 782	100	-

Таблиця 2.2 – Аналіз споживання енергоресурсів структурними підрозділами підприємства

№ з/п	Назва структурного підрозділу	Кількість спожитої енергії за видами					Сумарне споживання енергії, ГДж	Процент	Рейтинг	Розподіл Парето	Статус вагомий/ невагомий
		Коксовий газ	Доменний газ	Електроенергія	Теплова енергія	Пара на опалення					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	ВПЦ	0	0	14,04	628,02	7 904,68	8 546,74	0,32	7	80/20	вагомий
2	КЦ	3 534,37	0	33,61	18 627,07	6 330,44	28 525,49	1,48	5	80/20	невагомий
3	ЦВ	7,7	0	88,92	545 862,42	3 089,86	549 048,92	30,86	2	20/80	вагомий
4	ЦСПВ	96,38	0	16,37	287 792,26	598,71	288 503,72	20,05	3	20/80	вагомий
5	ЦСО	0	0	20,50	121 660,03	4 249,60	125 930,14	7,54	4	80/20	невагомий
6	РМЦ	0	0	1,30	7 921,43	1 272,79	9 195,51	0,38	6	80/20	невагомий
7	ЕЦ	0	0	39,77	2 080,84	2 210,63	4 331,24	3,76	9	80/20	невагомий
8	КТЦ	895,58	1 010,1	67,97	728 628,80	0,00	730 602,47	35,10	1	20/80	вагомий
9	ЗЦ	0	0	1,86	6 740,75	180,03	6 922,64	0,34	8	80/20	невагомий
10	Гараж розмороження	16,48	0	2,19	1 599,36	0,00	1 618,03	0,17	10	80/20	невагомий
	Сума	4 550,53	1 010,1	286,54	1 721 541	25 836,74	1 753 224,9	100	-	-	-

2.2 Методика виявлення основних факторів, що впливають на споживання електричної енергії у технологічному процесі ПрАТ «Запоріжжкокс»

Аналізуючи вихідні дані потрібно виявити фактори, які впливають на споживання енергоресурсів. Методологія розрахунку диференційних питомих норм споживання енергоресурсів відіграє велику роль у виявленні факторів, що впливають на споживання енергоресурсів.

Норми витрат ПЕР - це затверджені показники їх використання на одиницю виробленої продукції, виконані роботи або надані послуги встановленої якості, які орієнтовані на прогресивне виробництво. Диференційовані питомі норми – це витрати паливно-енергетичного ресурсу задля виробництва певних обсягів продукції. Диференційована норма необхідна задля коректного планування витрат енергоресурсів для виробництва певних обсягів продукції, обліку ефекту від енергозберігаючого заходу і з'ясування фактору впливу на відхилення фактичних питомих витрат від запланованих. Диференціювання питомих витрат – це можливість оперативного перерахунку значень питомих витрат енергоресурсів за рахунок зміни обсягу виробництва або складу задіяного устаткування.

Одиниця виміру норм витрат шуканого енергоресурсу встановлюється в перерахунку на одиницю продукції технологічного процесу. Розподіл приналежності агрегатів виконують на підставі затвердженої технологічної схеми.

Основним методом обґрунтування питомої витрати енергоресурсів є розрахунково-аналітичний метод, завдяки якому норми визначаються розрахунковим шляхом на базі фізичних залежностей, що встановлюють технічно обґрунтовані величини витрат. У випадку неможливості застосування розрахунково-аналітичного методу, використовують розрахунково-експериментальний метод, який базується на з'ясуванні

аналітичних залежностей експериментальним шляхом чи розрахунками на базі експериментальних залежностей.

Планування питомих витрат енергоресурсів підприємством здійснюється на підставі розрахункових даних, отриманих від енергетичних служб підрозділів.

Вихідні дані для розрахунків питомих витрат енергоресурсів це - дані про наявне обладнання у цеху, його потужності, завантаження та періоду часу роботи з метою виконань запланованого виробництва із урахуванням проведення ремонту, ТО та впровадженням енергозберігаючих заходів.

У випадку наявності в підрозділі декількох ділянок чи відділень, результати розрахунків питомих витрат проводяться окремо для кожної із ділянок або відділень.

Розрахунки диференційованих норм питомої витрати енергоресурсів в електронному вигляді здійснюються за рахунок формул, цифрові значення використовують тільки у місці введення вихідних даних.

Задля потреб оперативного планування усі розрахунки диференційованих норм питомих витрат енергоресурсів роздруковуються на паперових носіях та візуються безпосередніми цеховими розробниками, керівниками структурного підрозділу та передаються в планово-технічний відділ (окрім КТЦ, який надає розрахунки безпосередньо до відділу головного енергетика (ВГЕ)) для підтвердження складу задіяного технічного обладнання, а потім здаються у ВГЕ.

Відділ головного енергетика застосовує отримані питомі норми витрат енергоресурсів при необхідності складання плану витрати паливно-енергетичних ресурсів.

Перелік факторів, які застосовуються на ПрАТ «Запоріжжкокс» для визначення споживання електричної енергії підрозділами наведено нижче.

Вуглепідготовчий цех:

- Надходження вугільного концентрату.
- Перероблення шихти.

- Температура оточуючого повітря.
- Довжина світлового дня.

Коксовий цех:

- Виробництво КВ.
- Температура оточуючого повітря.
- Довжина світлового дня.

Цех вловлювання:

– Обсяг очищення коксового газу, смоли, переробки бензолу, очищення води.

- Температура оточуючого повітря.
- Довжина світлового дня.

Цех сіркоочищення:

- Обсяг очищення коксового газу.
- Температура оточуючого повітря.
- Довжина світлового дня.
- Кількість працюючих електричних фільтрів.
- Вивантаження соди.
- Потужність обладнання, яке підключили підрядники.

КТЦ, котельна дільниця:

- Виробництво пари.
- Кількість працюючих котлів.
- Кількість працюючих дугтьових вентиляторів.
- Кількість працюючих живлячих насосів.
- Кількість регенерацій фільтрів хімводоочищення.
- Кількість працюючих насосів ХВО.
- Довжина світлового дня.

КТЦ, турбінна дільниця:

- Вироблення електричної енергії.
- Кількість днів роботи ТГ-1.

- Кількість працюючих вентиляторів у градирнях.
- Довжина світлового дня.

КТЦ, компресорна дільниця:

- Вироблення стиснутого повітря.
- Кількість працюючих компресорів.
- Кількість технологічних переходів компресорів.
- Довжина світлового дня.

Енергоцех, дільниця паро-водопостачання:

- Кількість питної води (переданої).
- Кількість стічних вод (перекачаних).
- Температура оточуючого повітря.
- Довжина світлового дня.

Енергоцех, дільниця НПВ:

- Температура оточуючого повітря.
- Довжина світлового дня.
- Кількість перекачаної води КОГ і ПГХ.
- Температура води КОГ і ПГХ, що надходить.
- Глибина охолодження КОГ, ПГХ.

Усі ці фактори приймають участь у знаходженні питомого споживання електричної енергії, і є вихідними даними.

Планові значення показників розраховують як середнє арифметичне трьох попередніх місяців із урахуванням відповідних тенденцій, перемножене на коефіцієнт перерахунку $k_{пер}$, що в свою чергу враховують коефіцієнт ступеневих залежностей вигляду $y_i = y_0 \cdot k_{пер}^{bj}$.

Перелік вихідних даних наведено у табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Вихідні дані для розрахунків питомої витрати електроенергії

№ з/п	Назва	Од. вим.	Факт грудня 2019 р.	Факт січня 2020 р.	Факт лютого 2021 р.	План березня 2021 р.
1	2	3	4	5	6	7
1	Температура оточуючого повітря	°С	5,53	-1,71	-0,61	9,8
2	Довжина світлового дня	год.	8,4	8,8	10,4	13,7
3	Вологість шихти	%	8,6	8,68	8,99	9,7
4	Вміст летючих речовин у шихті	%	29,7	30	29,97	30,7
5	Надходження вугільних концентратів	т.	115095	111780	96519	110852
6	Переробка шихти	т.	102596	107268	96920	96534
7	Завантаження шихти КЦ	т.	102977	108479	96926	96534
8	Завантаження шихти КБ-2	т.	37394	35999	30831	32620
9	Завантаження шихти КБ 5-6	т.	65528	72480	66095	63914
11	Виробництво КВ КБ-2	т.	29081	27935	23893	25164
12	Виробництво КВ КБ-5-6	т.	50720	56218	51242	49306
13	Валовий вихід коксового газу	тис. м ³	33041	34951	31792	32194
14	Переробка смоли на СТУР	т.	206	235	227	37
15	Переробка бензола	т.	0	0	1189	0
16	Розділення бензола	т.	1356	0	1678	0
17	Очищення води в аміачній колонні	м ³	22692	23772	20904	23064
18	Переробка смоли в ЦСПП	т.	7860	7750	7415	7778
19	Виробництво пека гранульованого	т.	2968	2471	2935	2460
20	Очищення води на БХО	м ³	82248	82584	81000	84000
21	Виробництво пари	Гкал	51315	57559	50015	34070
22	Виробництво електроенергії	МВт·год	7996	8293	6630	2160
23	Виробництво стиснутого повітря	тис. м ³	7234	7622	7 236	7924
Кількість днів місяця			31	31	28	31

2.3 Методика розрахунків питомої витрати електричної енергії для технологічних потреб ПрАТ «Запоріжжюкс»

Розрахунок витрат електричної енергії для технологічних потреб виробництва продукції виконується за формулами (2.1...2.4):

$$W = P_n \cdot K_z \cdot T_p, \quad (2.1)$$

де P_n – номінальна потужність електродвигуна агрегату, кВт;

K_z – коефіцієнт завантаження електродвигуна;

T_p – час роботи агрегата за добу, год.

Для агрегатів, які працюють у повторно-короткочасному режимі, номінальна потужність електродвигуна буде визначатися за формулою:

$$P_n = P_{пасп} \sqrt{TB_n}, \quad (2.2)$$

де TB_n – паспортна тривалість ввімкнення, од.

Коефіцієнт завантаження електродвигуна розраховуємо за формулою:

$$K_z = \frac{I_\phi}{I_n}, \quad (2.3)$$

де I_ϕ – фактичний струм навантаження електродвигуна, який виміряний прибором у режимі реального часу, А;

I_n – номінальний струм навантаження електродвигуна (згідно паспортних даних), А.

Для агрегатів, які працюють в тривалому режимі роботи, час роботи агрегата за добу T_p визначаємо шляхом вимірювань фактичної тривалості

роботи. Для агрегатів, працюючих у циклічному режимі, час роботи визначаємо за формулою:

$$T_p = \frac{t_u}{60} \cdot N \cdot M, \quad (2.4)$$

де T_u – тривалість роботи на протязі одного циклу, хв.;

N – кількість циклів в операції, од.;

M – необхідна кількість операцій для виконання добового плану, од.

Розрахунки витрат електричної енергії на роботу вентиляції виконуємо за методикою розрахунку електроенергії для технологічних потреб і оформлюємо окремою таблицею (табл.2.3).

Розрахунок питомої витрати електроенергії у кВт·год/одиницю продукції виконуємо в табличній формі за формулою:

$$W_{num} = \frac{\sum W_{nm}}{P_{доб}}, \quad (2.5)$$

де $\sum W_{nm}$ – споживання електроенергії безпосередньо на технологічні потреби, кВт·год;

$P_{доб}$ – добовий план виробництва, одиниць продукції.

Таблиця 2.3 –Таблична форма оформлення результату розрахунків споживання електроенергії

Відділення	Агрегат	Номінальна потужність, кВт	Коефіцієнт завантаження	Час роботи, год	Споживання електроенергії, кВт·год
1	2	3	4	5	6
А	1	$P_{н1}$	$K_{з1}$	T_1	W_1
В	2	$P_{н2}$	$K_{з2}$	T_2	W_2
С	n	$P_{нn}$	K_{zn}	T_n	W_n
Сума					$\sum W_n$
Добове виробництво продукції, одиниць					$P_{доб}$
Питома витрата електроенергії, кВт·год/одиницю продукції					W_{num}

Точні розрахунки витрат електроенергії для проведення зварювальних робіт, окрім характеристики зварювального апарату, враховує також велику кількість індивідуальних особливостей конкретно виконаної роботи: повний час процесу зварювання та конкретний час горіння дуги, вага наплавленого металу, поперечні переріи зварювальних швів та їх довжина, щільність металу в залежності від видів електродів, коефіцієнт, враховуючий розбризкування металу та довжину огарків і т. п., що робить його непридатним задля щоденного використання в умовах діючого виробництва.

Розрахунок витрат електроенергії для виконання зварювальних робіт із достатньою точністю виконується за формулою:

$$W_{cn} = 24 \cdot I_n \cdot T_p \cdot K_e \cdot K_{xx} \cdot \cos \varphi, \quad (2.6)$$

де 24 – середня напруга горіння дуги, В;

I_n – номінальний зварювальний струм апарату, А;

T_p – сумарний час зварювальних робіт, год;

K_e – коефіцієнт використання зварювального апарату, який приймається в залежності від специфіки проведеної роботи (табл. 2.4);

K_{xx} – коефіцієнт, який враховує втрати електроенергії зварювальним апаратом при виконання робіт на холостому ходу;

$\cos \varphi$ – коефіцієнт потужності (для апаратів змінного струму - 0,75, для апаратів постійного струму або зварювальних інверторів - 0,9).

Таблиця 2.4 – Характеристика типів зварювальних робіт

Характер зварювальних робіт	Коефіцієнт використання зварювального апарату, K_e	Коефіцієнт втрат холостого ходу, K_{xx}
1	2	3
Ремонтне зварювання в незручному положенні при значних кількостях поворотів та охолодження деталі	(0,4...0,5)	1,4
Зварювання рваних швів та монтажне зварювання на висоті	(0,5...0,6)	1,3

Продовження таблиці 2.4

1	2	3
Наплавляльні роботи, зварювання в польових умовах погоних швів, зварювання трубопроводів	(0,6...0,7)	1,2
Зварювання решітчастих металевих конструкцій в цехах	(0,7...0,8)	1,1
Зварювання котельно-резервуарних та балочних конструкцій	(0,8...0,9)	1,05

Розрахунок витрат електроенергії для проведення зварювальних робіт виконуємо у табличному вигляді, табл. 2.5.

Таблиця 2.5 – Таблична форма ведення розрахунків витрат електроенергії для виконання зварювальних робіт

Відділення	Апарат	Номинальний струм, А	Час ведення зварювальних робіт, год	K_{ϵ}	K_{xx}	Коефіцієнт потужності, $\cos\varphi$	Споживання електроенергії, кВт·год
А	1	I_{n1}	T_1	$K_{\epsilon 1}$	K_{xx1}	$\cos\varphi_1$	W_1
В	2	I_{n2}	T_2	$K_{\epsilon 2}$	K_{xx2}	$\cos\varphi_2$	W_2
С	n	I_{nn}	T_n	$K_{\epsilon n}$	K_{xxn}	$\cos\varphi_n$	W_n
Сума							$\sum W_n$

Розрахунок витрат електроенергії для потреб освітлення і опалення (для кожної окремої позиції виконуємо за однотипною методикою в табличній формі, табл. 2.6):

$$W = P \cdot N \cdot T_p \cdot 10^{-3}, \quad (2.7)$$

де: P – потужність встановленої лампи або нагрівача, Вт;

N – кількість однотипних елементів, од.;

T_p – час роботи освітлення або нагрівача за добу, год;

10^{-3} – коефіцієнт переведення Вт в кВт.

Таблиця 2.6 – Таблична форма ведення розрахунків витрати електроенергії для потреб освітлення та опалення

Дільниця	№ з/п	Місце встановлення	Тип	Кількість шт	Потужність, Вт	Час роботи, год	Споживання електроенергії, кВт·год
A	a	A	Aтип	Na	Pa	Tpa	Wa
B	b	B	Bтип	Nb	Pb	Tpb	Wb
...
n	n	n	nтип	Nn	Pn	Tpn	Wn
Сума споживання електроенергії							$\sum Wn$

При здійсненні розрахунків потрібно керуватися правилом взяття до уваги усіх встановлених світильників та нагрівальних елементів, необхідно встановлювати для несправних чи не запланованих до використання одиниць нульовий час роботи, а також не застосовувати на цьому етапі знижувальні коефіцієнти підсумкових значень витрати електричної енергії.

Підсумком розрахунку витрати електричної енергії є документ, який містить в якості титульного аркуша зведену таблицю результатів розрахунків, що починається із вказівки обсягів виробництва цехом продукції за необхідний період (табл.2.7). Питома витрата підрозділами наведена в табл. 2.8-2.15.

Таблиця 2.7 – Форма зведеної таблиці питомої витрати електричної енергії для виробництва електроенергії

Показник	Кількість днів у місяці
Виробництво продукції, т.	X
Споживання електроенергії на технологічні протреби	
В абсолютному значенні, кВт·год	
Питома витрата, кВт·год/[од. прод.]	
Освітлення	
В абсолютному значенні, кВт·год	
Вентиляція	
В абсолютном значенні, кВт·год	
Зварювання	
В абсолютному значенні, кВт·год	
Сумарне споживання електроенергії цехом	
В абсолютному значенні, кВт·год	
Питома витрата, кВт·год/[од. прод.]	

Таблиця 2.8 – Планування витрати електроенергії вугледготовчого цеху

Дільниця	Назва	Од. вим.	Базова норма	Факт грудня 2019 р.	Факт січня 2020 р.	Факт лютого 2021 р.	План березня	
							Значення	Ккор
Цех	Силова електроенергія	тис.кВт·год/т	0,0031	0,0031	0,0031	0,0030	0,0029	
	Електроенергія в абсолютному значенні	тис.кВт·год	460	463	482	435	422	
	Освітлення	тис.кВт·год/т	86,0	86	86	86	78	
	Вентиляція	тис.кВт·год/т	57,0	57	57	57	57,0	
	Зварювання	тис.кВт·год/т	4,4	4	4	4	4	
Діл. 1	Силова електроенергія	тис.кВт·год/т	0,00161	0,00168	0,00162	0,00151	0,00149	
	Електроенергія в абсолютному значенні	тис.кВт·год/т	260	274,2	268,66	237,19	241	
	Освітлення	тис.кВт·год/т	49,7	49,7	49,7	49,7	45,0	
	Вентиляція	тис.кВт·год/т	37,6	37,6	37,6	37,6	37,6	
	Зварювання	тис.кВт·год/т	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	
	Фактори впливу						ВСЬОГО	0,93
	Надходження вугільних концентратів	т.	107798	115095	111780	96519	110852	1,01
	Переробка шихти	т.	102261	102596	107268	96920	96534	0,99
	Температура оточуючого повітря	°С	1,07	5,53	-1,71	-0,61	9,8	0,96
	Довжина світлового дня	год.	9,2	8,4	8,8	10,4	13,7	0,96
Діл. 2	Силова електроенергія	тис.кВт·год/т	0,0014	0,00129	0,00146	0,00146	0,00132	
	Електроенергія в абсолютному значенні	тис.кВт·год/т	200	188,93	213,03	197,89	181	
	Освітлення	тис.кВт·год/т	36	36,3	36,3	36,3	33,0	
	Вентиляція	тис.кВт·год/т	19	19,40	19,4	19,4	19	
	Зварювання	тис.кВт·год/т	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	
	Фактори впливу						ВСЬОГО	0,90
	Переробка шихти	т.	102261	102596	107268	96920	96534	0,94
	Температура оточуючого повітря	°С	1,07	5,53	-1,71	-0,61	9,8	0,99
	Довжина світлового дня	год.	9,2	8,4	8,8	10,4	13,7	0,96

Таблиця 2.9 – Планування витрати електроенергії коксового цеху

Дільниця	Назва	Од. вим.	Базова норма	Факт грудня 2019 р.	Факт січня 2020 р.	Факт лютого 2021 р.	План березня		
							Значення	Ккор	
Цех	Силова електроенергія	тис.кВт·год/т	0,0056	0,0052	0,0063	0,0053	0,0057		
	Електроенергія в абсолютному значенні	тис.кВт·год	668	666	724	614	629		
	Освітлення	тис.кВт·год	103	97	105,3	105,56	90,0		
	Вентиляція	тис.кВт·год	93	128	67,55	82,74	92,8		
	Зварювання	тис.кВт·год	25	25	25	25	25,0		
КБ-2	Силова електроенергія	тис.кВт·год/т	0,0047	0,0047	0,0046	0,0046	0,0047		
	Електроенергія в абсолютному значенні	тис.кВт·год	243	276	234	218	227		
	Освітлення	тис.кВт·год	50,7	53,0	49,4	49,6	42,9		
	Вентиляція	тис.кВт·год	54,8	70,0	46,0	48,5	54,8		
	Зварювання	тис.кВт·год	11,7	15,0	10,0	10,0	11,7		
	Фактори впливу							ВСЬОГО	0,94
	Виробництво КВ	т	26970	29081	27935	23893	25164	1,02	
	Температура оточуючого повітря	°С	1,07	5,53	-1,71	-0,61	9,8	1,07	
	Довжина світлового дня	год.	9,2	8,4	8,8	10,4	13,7	0,85	
	КБ-5-6	Силова електроенергія	тис.кВт·год/т	0,0061	0,0055	0,0071	0,0057	0,0061	
Електроенергія в абсолютному значенні		тис.кВт·год	425	390	491	395	401		
Освітлення		тис.кВт·год	52,0	44,0	55,9	56,0	51,4		
Вентиляція		тис.кВт·год	38,0	58,0	21,6	34,3	38,0		
Зварювання		тис.кВт·год	13,3	10,0	15,0	15,0	13,3		
Фактори впливу							ВСЬОГО	0,94	
Виробництво КВ		т	52727	50720	56218	51242	49306	0,98	
Температура оточуючого повітря		°С	1,07	5,53	-1,71	-0,61	9,8	0,96	
Довжина світлового дня		год.	9,2	8,4	8,8	10,4	13,70	0,99	

Таблиця 2.10 – Планування витрати електроенергії цеху влавлювання

Дільниця	Назва	Од. вим.	Базова норма	Факт грудня 2019 р.	Факт січня 2020 р.	Факт лютого 2021 р.	План березня		
							Значення	Ккор	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Машзал	Силова електроенергія	тис.кВт·год /тис.м ³	0,0188	0,0185	0,0175	0,0204	0,020		
	Електроенергія в абсолютному значенні	тис.кВт·год	724	727	709	737	731		
	Освітлення	тис.кВт·год	35,33	43,0	33,0	30,00	27,0		
	Вентиляція	тис.кВт·год	63,33	68,0	64,0	58,00	63,3		
	Зварювання	тис.кВт·год	2,67	5,0	2,0	1,00	2,7		
	Фактори впливу							ВСЬОГО	0,98
	Обсяг очищення коксового газу	тис. м ³	33261	33041	34951	31792	32194	0,99	
	Температура оточуючого повітря	°С	1,07	5,53	-1,71	-0,61	9,8	1,00	
	Довжина світлового дня	год.	9,2	8,4	8,8	10,4	13,7	0,99	
Конденсація	Силова електроенергія	тис.кВт·год /тис.м ³	0,020	0,0188	0,021	0,020	0,020		
	Електроенергія в абсолютному значенні	тис.кВт·год	695	653	771,760	661	682		
	Освітлення	тис.кВт·год	18,1	22,0	17,0	15,3	14,5		
	Вентиляція	тис.кВт·год	10,1	11,0	10,0	9,4	10,1		
	Зварювання	тис.кВт·год	0,2	0,0	0,3	0,3	0,2		
	Фактори впливу							ВСЬОГО	0,98
	Обсяг очищення коксового газу	тис. м ³	33261	33041	34951	31792	32194	0,99	
	Температура оточуючого повітря	°С	1,07	5,53	-1,71	-0,61	9,8	1,00	
	Довжина світлового дня	год.	9,2	8,4	8,8	10,4	13,7	0,99	
Сульфатне	Силова електроенергія	тис.кВт·год /тис.м ³	0,0035	0,0036	0,0036	0,0035	0,0037		
	Електроенергія в абсолютному значенні	тис.кВт·год	173,4067	180	178	162	170		
	Освітлення	тис.кВт·год	24,9	27,0	25,0	22,8	20,0		

Продовження таблиці 2.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Вентиляція	тис.кВт·год	27,4	30,0	27,0	25,1	27,4	
	Зварювання	тыс. кВт*ч	3,3	5,0	2,0	3,0	3,3	
	Фактори впливу						ВСЬОГО	0,98
	Обсяг очищення коксового газу	тис. м ³	33261	33041	34951	31792	32194	0,99
	Температура оточуючого повітря	°С	1,07	5,53	-1,71	-0,61	9,8	1,00
	Довжина світлового дня	год.	9,2	8,4	8,8	10,4	13,7	0,99
Бензольне	Силова електроенергія	тис.кВт·год /тис.м ³	0,0137	0,0154	0,0133	0,0123	0,0132	
	Електроенергія в абсолютному значенні	тис.кВт·год	498	576	487	430	467	
	Освітлення	тис.кВт·год	29,3	37,0	17,0	34,0	29,0	
	Вентиляція	тис.кВт·год	10,2	25,0	3,0	2,7	10,2	
	Зварювання	тис.кВт·год	3,1	5,0	2,1	2,1	3,1	
	Фактори впливу						ВСЬОГО	0,98
	Обсяг очищення коксового газу	тис. м ³	33261	33041	34951	31792	32194	0,99
	Температура оточуючого повітря	°С	1,07	5,53	-1,71	-0,61	9,8	1,00
Довжина світлового дня	год.	9,2	8,4	8,8	10,4	13,7	0,99	
СТУР	Силова електроенергія	тис.кВт·год /т	0,0023	0,0038	0,0015	0,0015	0,0038	
	Електроенергія в абсолютному значенні	тис.кВт·год	0,49	0,78	0,35	0,34	0,14	
	Фактори впливу						ВСЬОГО	0,98
	Обсяг переробки смоли	т.	223	206	235	227	37	0,99
	Температура оточуючого повітря	°С	1,07	5,53	-1,71	-0,61	9,8	1,00
	Довжина світлового дня	год.	9,2	8,4	8,8	10,4	13,7	0,99

Продовження таблиці 2.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Переробка бензолу	Силова електроенергія	тис.кВт·год /т	-	-	-	0,023	-		
	Електроенергія в абсолютному значенні	тис.кВт·год	92	133	59	84			
	Освітлення	тис.кВт·год	22,0	30,0	18,0	18,0	17,0		
	Вентиляція	тис.кВт·год	37,0	37,0	37,0	37,0	37,0		
	Зварювання	тис.кВт·год	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0		
	Фактори впливу							ВСЬОГО	
	Обсяг переробки бензолу	т.	396	0	0	1189	0		
	Температура оточуючого повітря	°С	1,07	5,53	-1,71	-0,61	9,8		
Довжина світлового дня	год.	9,2	8,4	8,8	10,4	13,7			
Розділення бензолу	Силова електроенергія	тис.кВт·год /т	-	-	-	0,001	-		
	Електроенергія в абсолютному значенні	тис.кВт·год	2,2	2,6	2,0	1,9			
	Фактори впливу							ВСЬОГО	
	Обсяг переробки бензолу	т.	1011	1356	0	1678	0		
	Температура оточуючого повітря	°С	1,07	5,53	-1,71	-0,61	9,8		
	Довжина світлового дня	год.	9,2	8,4	8,8	10,4	13,7		
Аміачна колона	Силова електроенергія	тис.кВт·год /т	0,001	0,0007	0,0011	0,0010	0,0009		
	Електроенергія в абсолютному значенні	тис.кВт·год	24,3	20,6	28,8	23,5	23,8		
	Освітлення	тис.кВт·год	3,6	4,0	3,4	3,4	3,0		
	Фактори впливу							ВСЬОГО	0,98
	Обсяг очищення води	т.	22456	22692	23772	20904	23064		0,99
	Температура оточуючого повітря	°С	1,07	5,53	-1,71	-0,61	9,8		1,00
	Довжина світлового дня	год.	9,2	8,4	8,8	10,4	13,7		0,99

Таблиця 2.11 – Планування витрати електроенергії цеху сіркоочищення

Дільниця	Назва	Од. вим.	Базова норма	Факт грудня 2019 р.	Факт січня 2020 р.	Факт лютого 2021 р.	План березня		
							Значення	Ккор	
Цех	Силова електроенергія	тис.кВт·год /тис.м ³	0,0129	0,0122	0,0134	0,0130	0,0126		
	Електроенергія в абсолютному значенні	тис.кВт·год	536	510	577	522	509		
	Освітлення	тис.кВт·год	25	25,0	25,0	25,0	22		
	Вентиляція	тис.кВт·год	78	78,0	78,0	78,0	78		
	Зварювання	тис.кВт·год	5	5,0	5,0	5,0	5		
	Фактори впливу							ВСЬОГО	0,95
	Обсяг очищення коксового газу	тис. м ³	33261	33041	34951	31792	32194	1,00	
	Температура оточуючого повітря	°С	1,07	5,53	-1,71	-0,61	9,8	0,99	
	Кількість працюючих електрофільтрів	шт.	2,1	2,16	2	2	2	1,02	
	Відвантаження соди	т	209,8	150	329,3	150	150	0,94	
	Потужність підключеног підрядником обладнання	кВт	21,8	22,5	22	21,5	22	1,00	
	Довжина світлового дня	год.	9,2	8,4	8,8	10,4	13,7	0,99	

Таблиця 2.12 – Планування витрати електроенергії ЦСПП

Дільниця	Назва	Од. вим.	Базова норма	Факт грудня 2019 р.	Факт січня 2020 р.	Факт лютого 2021 р.	План березня	
							Значення	Ккор
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Дистиляція	Силова електроенергія	тис.кВт·год/т	0,0139	0,0141	0,0141	0,0134	0,0135	
	Електроенергія в абсолютному значенні	тис.кВт·год	145	149	149	137	140	
	Освітлення	тис.кВт·год	17,9	16,8	19,0	17,9	15,0	
	Вентиляція	тис.кВт·год	18,1	18	19,0	17,4	18,1	
	Зварювання	тис.кВт·год	2,3	3	2,0	1,9	2,3	

Продовження таблиці 2.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Фактори впливу						ВСЬОГО	1,02
	Переробка смоли камяновугільної	т	7675	7860	7750	7415	7778	1,009
	Температура оточуючого повітря	°С	1,07	5,53	-1,71	-0,61	9,8	1,004
	Довжина світлового дня	год.	9,2	8,4	8,8	10,4	13,7	0,999
	Нестандартний фактор: частотні перетворювачі							-7,4
Грануляція	Силова електроенергія	тис.кВт·год/т	0,0058	0,0058	0,0058	0,0058	0,0057	
	Електроенергія в абсолютному значенні	тис.кВт·год	16,7	18	14,81	17,48	16,40	
	Освітлення	тис.кВт·год	0,2	0,19	0,27	0,18	0,150	
	Вентиляція	тис.кВт·год	0,3	0,3	0,2	0,27	0,26	
	Зварювання	тис.кВт·год	0,1	0,2	0	0	2,00	
	Фактори впливу						ВСЬОГО	0,86
	Виробництво пеку	тис. м ³	2791	2968	2471	2935	2460	0,87
	Температура оточуючого повітря	°С	1,07	5,53	-1,71	-0,61	9,8	0,99
	Нестандартний фактор: будівництво грануляції							2
БХО	Силова електроенергія	тис.кВт·год/т	0,0054	0,0056	0,0055	0,0051	0,0053	
	Електроенергія в абсолютному значенні	тис.кВт·год	449	466	462	418	451	
	Освітлення	тис.кВт·год	6	5,9	5,8	5,8	5,5	
	Вентиляція	тис.кВт·год	2	2,0	2,0	2,0	2	
	Фактори впливу						ВСЬОГО	1,01
	Обсяг очищення води	тис. м ³	81944	82248	82584	81000	84000	0,999
	Температура оточуючого повітря	°С	1,07	5,53	-1,71	-0,61	9,8	1,01
ТККС	Силова електроенергія	тис.кВт·год /т	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	
УКД	Вентиляція	тис.кВт·год	93	92,62	92	95,8	93	

Таблиця 2.13 – Планування витрати електроенергії КТЦ

Дільниця	Назва	Од. вим.	Базова норма	Факт грудня 2019 р.	Факт січня 2020 р.	Факт лютого 2021 р.	План березня		
							Значення	Ккор	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Котельня	Силова електроенергія	тис.кВт·год/Гкал	0,0141	0,0147	0,0136	0,0140	0,0155		
	Електроенергія в абсолютному значенні	тис.кВт·год	745	753	782	701	553		
	Освітлення	тис.кВт·год	21,4	21,0	21,6	21,6	21,4		
	Вентиляція	тис.кВт·год	2	2,0	2,0	2,0	2		
	Зварювання	тис.кВт·год	2	1,0	3,4	2,0	2		
	Фактори впливу							ВСЬОГО	0,74
	Виробництво пари	Гкал	52963	51315	57559	50015	34070	0,69	
	Кількість працюючих котлів	шт.	2	2	2	2	1	0,82	
	Кількість працюючих дугтьових вентиляторів	шт.	1	1	1	1	0	1,22	
	Кількість працюючих живлячих насосів	шт.	1	1	1	1	1	1,00	
	Кількість регенерацій фільтрів ХВО	шт.	29,3	32	32	24	24	1,01	
	Кількість працюючих насосів ХВО	шт.	5	5	5	5	4	1,04	
	Довжина світлового дня	год.	9,2	8,4	8,8	10,4	13,7	1,01	
Турбінна	Силова електроенергія	кВт·год / кВт·год	0,0398	0,0416	0,0371	0,0407	0,0147		
	Електроенергія в абсолютному значенні	тис.кВт·год	296	312	308	270	40		
	Освітлення	тис.кВт·год	9	9,0	9,0	9	7,3		
	Вентиляція	тис.кВт·год	2	2,0	2,0	2	1,0		
	Фактори впливу							ВСЬОГО	####
	Виробництво електроенергії	кВт·год	7385	7234	8293	6630	2160	0,36	
	Кількість днів роботи ТГ-1	шт.	29,3	31	31	26	30	1,00	
	Кількість днів роботи ТГ-2	шт.	27,7	31	31	21	0	0	
	Кількість працюючих вентиляторів градирень	шт.	4,0	4	4	4	0	####	
	Довжина світлового дня	год.	9,2	8,4	8,8	10,4	13,7	1,3	

Продовження таблиці 2.13

1	2	3	4	5	6	7	8	
ХВО	Силова електроенергія	тис.кВт·год /Гкал	0,0008	0,0009	0,0008	0,0008	0,0009	
	Електроенергія в абсолютному значенні	тис.кВт·год	43	44	46	40	33	
	Освітлення	тис.кВт·год	2	2,0	2,0	2,0	2	
	Зварювання	тис.кВт·год	1	1,0	1,0	1,0	1	
	Фактори впливу						ВСЬОГО	0,77
	Виробництво пари	Гкал	52963	51315	57559	50015	34070	0,64
	Довжина світлового дня	год.	9,2	8,4	8,8	10,4	13,7	1,20
Компресорна	Силова електроенергія	тис.кВт·год /тис.м ³	0,118	0,114	0,120	0,119	0,119	
	Електроенергія в абсолютному значенні	тис.кВт·год	867	825	913	864	942	
	Освітлення	тис.кВт·год	2	2,0	2,0	2	2	
	Фактори впливу						ВСЬОГО	1,09
	Виробництво стиснутого повітря	тис.м ³	7364	7234	7622	7 236	7924	1,09
	Кількість працюючих компресорів	шт.	5,33	5	5	6	6	1,02
	Кількість технологічних переходів компресорів	шт.	3	3	3	3	4	1,00
Довжина світлового дня	год.	9,2	8,4	8,8	10,4	13,7	0,96	

Таблиця 2.14 – Планування витрати електроенергії ЖДЦ

Дільниця	Назва	Од. вим.	Базова норма	Факт грудня 2019 р.	Факт січня 2020 р.	Факт лютого 2021 р.	План березня	
							Значення	Ккор
Гараж розморожування	Силова електроенергія	тис.кВт·год/ваг.			0,130	0,143	1,1	
	Електроенергія в абсолютному значенні	тис.кВт·год	141,61	21	200	205	31	
	Фактори впливу						ВСЬОГО	0,57
	Розігрів вагонів з концентратом ЦОФ	од.	514	0	786	756	13	1,3
	Розігрів вагонів з концентратом ЦОФ України	од.	98	0	116	178	5	0,67
	Розігрів вагонів з портовим концентратом	од.	147	0	185	257	5	0,9
	Розігрів вагонів ПАТ "ЗАПОРІЖСТАЛЬ"	од.	231	0	450	243	5	0,84
	Температура оточуючого повітря	°С	1,07	5,53	-1,71	-0,61	9,8	0,86
Локомотивне депо	Силова електроенергія	тис.кВт·год	26,3	27	30	22	31	
	Електроенергія в абсолютному значенні	тис.кВт·год	42	42	45	40	43	
	Освітлення	тис.кВт·год	13	15,0	15,0	10,0	9,0	
	Вентиляція	тис.кВт·год	1	0,0	0,0	3,0	1,0	
	Зварювання	тис.кВт·год	2	0,0	0,0	5,0	1,7	
	Фактори впливу						ВСЬОГО	1,02
	Температура оточуючого повітря	°С	1,07	5,53	-1,71	-0,61	9,8	0,95
	Ремонт подвижного складу	шт.	4,33	4	5	4	4	0,96
Довжина світлового дня	год.	9,2	8,4	8,8	10,4	13,7	1,11	

Таблиця 2.15 – Планування витрати електроенергії енергоцеху

Дільниця	Назва	Од. вим.	Базова норма	Факт грудня 2019 р.	Факт січня 2020 р.	Факт лютого 2021 р.	План березня		
							Значення	Ккор	
Пароводопостачання	Силова електроенергія	тис.кВт·год	21	25	22	17	20		
	Електроенергія в абсолютному значенні	тис.кВт·год	26	30	25	22	24		
	Освітлення	тис.кВт·год	4,3	5,0	3,0	5,0	4,3		
	Фактори впливу							ВСЬОГО	0,95
	Кількість переданої питної води	м ³ /год.	15	12,8	15,7	15,77	14	1,04	
	Кількість перекачаних стічних вод	м ³ /год.	47,1	47,2	47,5	46,5	45	1,00	
	Довжина світлового дня	год.	9,2	8,4	8,8	10,4	13,7	1,01	
	Температура оточуючого повітря	°С	1,07	5,53	-1,71	-0,61	9,8	0,90	
НПВ	Силова електроенергія	тис.кВт·год	662	715	680	592	805		
	Електроенергія в абсолютному значенні	тис.кВт·год	699	750	715	632	838		
	Освітлення	тис.кВт·год	23	20,0	20,0	29	19		
	Вентиляція	тис.кВт·год	9	10,0	10,0	8	9		
	Зварювання	тис.кВт·год	4	5,0	5,0	3	4		
	Фактори впливу							ВСЬОГО	1,2
	Температура оточуючого повітря	°С	1,07	5,53	-1,71	-0,61	9,8	1,02	
	Довжина світлового дня	год.	9,2	8,4	8,8	10,4	13,7	0,95	
	Кількість перекачаної води КОГ	м ³	287	294	309	256	340	1,03	
	Кількість перекачаної води ПГХ	м ³	2022	2178	2060	1828	2230	1,08	
	Температура води ПГХ, що надходить	°С	35,0	35,7	34,3	34,9	38	1,15	
	Температура води КОГ, що надходить	°С	35,0	35,7	34,3	34,9	35	1,00	
	Глибина охолодження КОГ(Δ)	°С	9,1	9,8	8,3	9,1	10	1,04	
Глибина охолодження ПГХ(Δ)	°С	8,5	9,3	7,8	8,5	10	0,93		

Структуру ЦВ і КТЦ з позначенням сумарних обсягів споживання електричної енергії W_{Σ} та окремо на освітлення, вентиляцію, зварювальні роботи W_{OBC} відповідно вищенаведеної методики розрахунку із вказанням вагомих факторів впливу, а також їх ваги наведено у таблицях 2.16, 2.17.

Таблиця 2.16 – Споживання електроенергії ЦВ та вага факторів

Показник	Машзал	Конденсація	Сульфатне	Бензольне	СТУР	Переробка бензолу	Розділення бензолу	Аміачна колона
W_{Σ} , тис кВт·год	724	695	173	500	0,49	92	2,2	24,3
W_{OBC} , тис кВт·год	100	30	55	42	-	61	-	3,6
Основний фактор (ОФ)	Обсяг очищення коксового газу, тис. м ³				Обсяг переробки смоли	Обсяг переробки бензолу		Обсяг очищення води
Значення ОФ	32194				222	1189	1678	22456
Вага ОФ	0,245	0,986	1,059	0,362	0,698	0,18		0,115
Температура оточуючого повітря, °С	9,8							
Вага температури оточуючого повітря	-0,177	-0,304	-0,92	-0,092	не суттєва			
Довжина світлового дня, год.	13,7							
Вага довжини світлового дня	-0,029				не суттєва			

Таблиця 2.17 – Споживання електроенергії КТЦ та вага факторів

Показник	Котельна ділянка	Турбінна ділянка	ХВО	Компресорна ділянка
W_{Σ} , тис кВт·год	745	296	43	867
W_{OBC} , тис кВт·год	25,6	11	3	2
Основний фактор (ОФ)	Виробництво пари, Гкал	Виробництво електроенергії, тис. кВт·год	Виробництво пари, Гкал	Виробництво стиснутого повітря, тис. м ³
Значення ОФ	34070	2160	34070	7924
Вага ОФ	0,826	0,821	1,013	1,237
Другорядні фактори	Кількість працюючих котлів. Кількість працюючих дуттьових вентиляторів. Кількість працюючих живлячих насосів. Кількість регенерацій фільтрів ХВО. Кількість працюючих насосів ХВО. Довжина світлового дня.	Кількість днів роботи ТГ-1. Кількість днів роботи ТГ-2. Кількість працюючих вентиляторів градирень. Довжина світлового дня.	Довжина світлового дня.	Кількість працюючих компресорів. Кількість технологічних переходів компресорів. Довжина світлового дня.

З таблиць 2.16 та 2.17 можемо зробити наступний висновок: аналіз споживання енергоресурсів окремим підрозділом підприємства виконується за кожним фактором, однак не враховується вплив обсягів виробництва у

різних переділах поміж собою, а це є основним недоліком використовуваної методики.

Тому, з метою усунення вищевказаного недоліку, доцільно розробити моделі споживання електричної енергії усіма підрозділами підприємства.

3 ВПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ЗАХОДІВ НА ПРОМИСЛОВОМУ ОБ'ЄКТІ

3.1 Впровадження конденсаторної установки

Впровадження конденсаторної установки дозволяє знизити оплату за споживання реактивної потужності на (70...80) %. Однак є й інші, не такі очевидні, але дуже корисні ефекти від використання конденсаторної установки. Зменшується навантаження на силові трансформатори – відповідно збільшується їх термін служби.

Конденсаторну установку можна приєднувати до мережі через окремий апарат, що призначений для увімкнення та вимкнення тільки конденсаторів, або ж за допомогою загального апарату з силовим трансформатором, асинхронним електродвигуном чи іншим електричним приймачем. Вищезазначені схеми можливо застосовувати за будь якої напруги конденсаторної установки.

Конденсаторні батареї з напругою, яка вища ніж 10 кВ, складаються із однофазних конденсаторів завдяки їх паралельно-послідовному з'єднанню. Кількість послідовних рядів конденсаторів обирається таким чином, щоб при нормальному режимі роботи струмове навантаження на конденсатори не було вище, чим номінальне значення. Кількість конденсаторів у ряді повинна бути такою, щоб у випадку вимкнення одного з них із-за перегорання запобіжника, напруга на решті конденсаторів ряду не була вищою 110 % номінальної.

Конденсаторні батареї на напругу 10 кВ і нижчу складаються здебільшого з конденсаторів із номінальною напругою, яка дорівнює номінальній напрузі у мережі. При цьому можлива тривала робота одиничних конденсаторів із напругою, не більшою ніж 110 % від номінальної.

У трифазних батареях однофазні конденсатори з'єднують в трикутник чи зірку. Можливе також застосування послідовного чи паралельно-послідовного з'єднання однофазних конденсаторів у кожній фазі трифазної батареї.

При виборі вимикачів конденсаторних батарей необхідно враховувати наявність паралельно увімкнених (наприклад, на загальні шини) конденсаторних батарей. При необхідності треба використовувати пристрої, які забезпечують зниження стрибків струму у момент вмикання батарей.

Роз'єднувачі конденсаторних батарей обладнуються заземлювальними ножами з боку батареї, які блокуються з своїм роз'єднувачем. Роз'єднувач конденсаторних батарей повинен блокуватися із вимикачем батареї.

Конденсатори повинні бути обладнані розрядними пристроями.

Одиничні конденсатори для конденсаторних батарей рекомендують застосовувати із вбудованими розрядними резисторами. Допускається також встановлення конденсаторів без вбудованих розрядних резисторів, але у тому випадку, якщо на виводи одиничного конденсатора чи послідовного ряду конденсаторів постійно підключений розрядний пристрій. Розрядний пристрій можна не встановлювати на батареях до 1 кВ, у тому випадку, якщо вони приєднані до мережі через трансформатор і поміж батареєю та трансформатором відсутні комутаційні апарати.

У якості розрядного пристрою можуть застосовуватися:

- трансформатор напруги чи пристій із активно-індуктивним опором для конденсаторних установок понад 1 кВ;
- пристрій із активним або активно-індуктивним опором для конденсаторних установок до 1 кВ.

З метою досягнення найбільш економічних режимів роботи електричних мереж зі змінними графіками реактивного навантаження необхідно застосовувати автоматичне регулювання потужності конденсаторних установок завдяки увімкненню і вимкненню їх в цілому чи окремих їх частин.

Апарати та струмопровідні частини у колі конденсаторних батарей повинні допускати тривале проходження струму, який складає 130 % від номінального струму батареї.

Конденсаторні установки у цілому мають бути обладнані захистом від струмів короткого замикання, який діє на вимкнення без витримки часу. Захист має бути відрегульованим від струму увімкнення установки та стрибків струму при перенапругах.

Конденсаторна установка в цілому повинна бути обладнана захистом від підвищення напруги. Захист повинен вимкнути батарею у випадку підвищення значень діючої напруги понад допустимі. Вимкнення установки необхідно проводити з витримкою часу (3...5) хв. Повторне увімкнення конденсаторних установок можливе лише після зниження напруги у мережі до номінального значення, однак не раніше ніж через 5 хвилин після того, як її вимкнули. Захист можна не встановлювати у випадку, якщо батарея будла вибрана із врахуванням максимально можливого значення напруги кола, тобто так, що у випадку підвищення напруги до одиничного конденсатора не можливо буде тривале прикладення напруги понад 110 % номінальної.

Конденсаторна установка зображена на рис.3.1

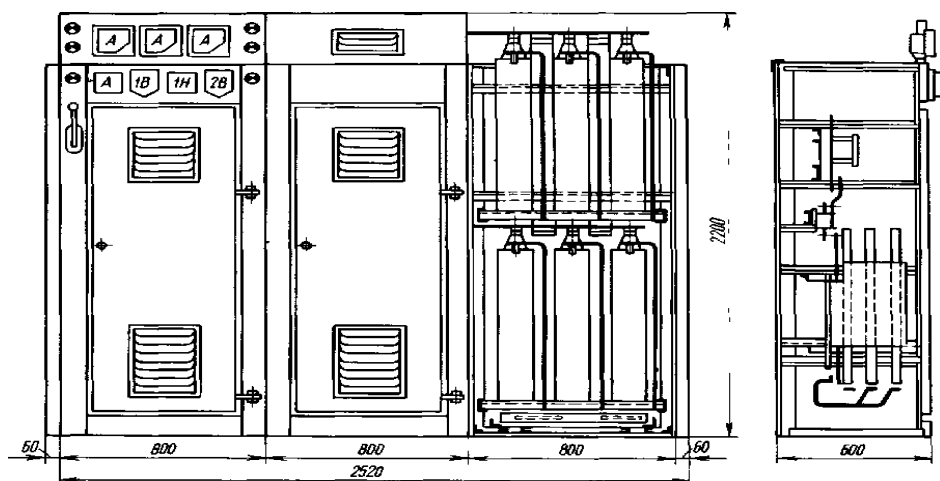


Рисунок 3.1 – Конденсаторна установка

У разі, коли можливе перевантаження конденсаторів струмами вищих гармонік, має бути передбачений релейний захист, який буде вимикати конденсаторну установку із витримкою часу за діючого значення струму для одиничних конденсаторів, що перевищує 130 % номінального.

Для конденсаторних батарей, які мають дві чи більше паралельних гілок, рекомендують застосовувати захист, що спрацює у випадку порушення рівності струмів гілок.

На батареях із паралельно-послідовним увімкненням конденсаторів кожен конденсатор, який вище 1,05 кВ, повинен бути захищений зовнішнім запобіжником, що повинен спрацювати в випадку пробою конденсатора. Конденсатори 1,05 кВ (та нижче) мають бути із вбудованими всередину корпусів плавкими запобіжниками по одному на кожен секцію, які повинні спрацювати у разі пробою секції.

На батареях, які були зібрані за схемою електричних з'єднань із декількома секціями, слід застосовувати захист кожної секції від струмів КЗ незалежно від захисту конденсаторної установки у цілому. Вищевказаний захист секції не є обов'язковим у разі, якщо кожен одиничний конденсатор буде захищеним окремим зовнішнім чи вбудованим запобіжником. Захист секції повинен забезпечити її надійне вимкнення за найменших та найбільших значень струму короткого замикання у даній точці мережі.

Схему електричних з'єднань конденсаторних батарей і запобіжник слід вибирати такими, щоб при пошкодженні ізоляції окремих конденсаторів, це не призводило до руйнування їх корпусу, підвищення напруги вище тривалодопустимої на конденсаторах, які залишилися у роботі, та вимкнення батареї в цілому.

З метою захисту конденсаторів понад 1 кВ потрібно використовувати запобіжники, які обмежують значення струму короткого замикання. Зовнішній запобіжник конденсатору має бути обладнаний покажчиком його перегорання.

Згідно із розрахунків компенсації реактивної потужності будемо обирати конденсаторну установку.

$$Q_{\text{неск}} = Q_{\text{см}} - Q_{\text{ку}}, \quad (3.1)$$

$$Q_{\text{неск}} = 2212 - 1350 = 862 \text{ кВАр},$$

$$\cos \varphi = \frac{Q_{\text{см}}}{P_{\text{см}}^2 \cdot Q_{\text{неск}}^2}, \quad (3.2)$$

$$\cos \varphi = \frac{3032}{\sqrt{3032^2 \cdot 862^2}} = 0,969.$$

Обираємо коефіцієнт втрат [1] :

$$\kappa_n = 0,06 \text{ кВт/ кВАР [1]},$$

$$\Delta P_{\text{ек}} = K_{\text{ек}} \cdot Q_{\text{ку}}, \quad (3.3)$$

$$\Delta P_{\text{ек}} = 0,06 \cdot 1350 = 81 \text{ кВт},$$

$$\Delta W_{\text{ек}} = \Delta P_{\text{ек}} \cdot T_{\text{раб}}, \quad (3.4)$$

$$\Delta W_{\text{ек}} = 81 \cdot 4000 = 324 \text{ тис кВт·год.}$$

У грошовому вигляді при тарифі 1кВт = 3,50 грн:

$$E = W_{\text{ек}} \cdot \text{тариф}, \quad (3.5)$$

$$E = 324 \cdot 3,50 = 1134 \text{ тис грн.},$$

$$T_{ок} = B_{кy} / E . \quad (3.6)$$

Вартість компенсуючого пристрою складає 1800 тис грн.

$$T_{ок} = 1800 / 1134 = 1,59 \text{ років.}$$

Згідно проведених розрахунків ми бачимо, що у разі встановлення компенсуючого пристрою річна економія складе 1134 грн за рік, а менш ніж за 2 роки – окупиться.

3.2 Оптимізація роботи відділення остаточного подрібнення вуглепідготовчого цеху

Ціль цієї методики це – розроблення рекомендацій з метою оптимізації роботи вуглепідготовчого цеху за остаточним подрібненням шихти з видачею пропозицій щодо встановлення відсіваючого обладнання перед остаточним подрібненням шихти.

На рис.3.2 зображена схема розподілу навантажень.

Впровадження даної схеми дасть можливість збільшити часове навантаження на тракти шихтоподачі з 400 т/год до 500 т/год, таким чином зменшиться час роботи обладнання другої дільниці.

Для проведення розрахунку економії електричної енергії при переході на роботу із навантаженням 500 т/год дані з подачі шихти у вугільні вежі і витрата електричної енергії взято за серпень 2021 року.

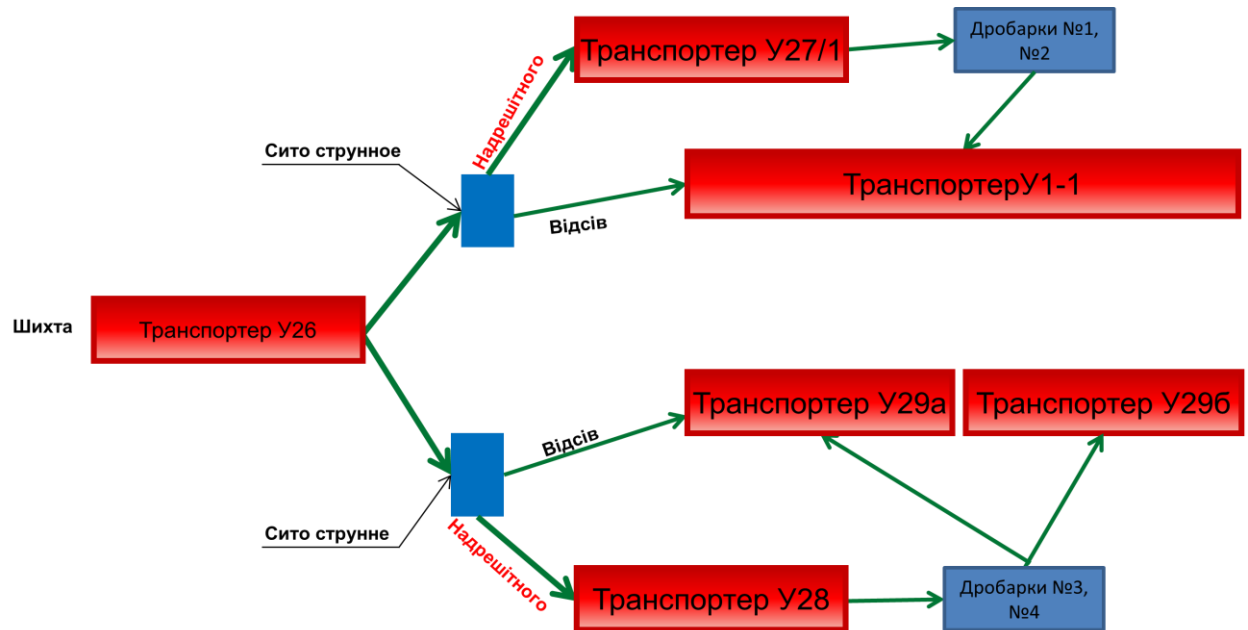


Рисунок 3.2 – Схема розподілу навантажень

Місячна переробка шихти склала:

- на вугільну вежу №1 - 61 088 тон (m_1);
- на вугільну вежу №2 - 78 935,26 тон (m_2).

Виходячи із навантаження 400 т / год ($m_{н1}$) маємо час роботи обладнання другої ділянки, год:

- вугільна вежа №1 :

$$t = m / m_n, \quad (3.7)$$

$$t_1 = 61\,088 / 400 = 152,72;$$

- вугільна вежа №2 :

$$t_2 = 78\,935,26 / 400 = 197,34 .$$

Виходячи з навантаження 500 т / год ($m_{н2}$) маємо час роботи обладнання другої ділянки, год:

- вугільна вежа №1:

$$t_1 = 61\,088/400 = 152,72;$$

- вугільна вежа №2:

$$t_2 = 61\,088/400 = 152,72 .$$

Споживання електричної енергії продовж години роботи обладнання другої ділянки (відповідно до путівника щодо втрат) складає, кВт · год:

- вугільна вежа №1:

$$w = P , \tag{3.8}$$

$$w_1 = P_1 = 517,9;$$

- вугільна вежа №2:

$$w_2 = P_2 = 545,6.$$

Економія електроенергії у випадку переходу на роботу з навантаженням 500 т / год тоді складе, кВт :

- вугільна вежа №1:

$$P = T \cdot w, \tag{3.9}$$

$$P_1 = 30,54 \cdot 517,9 = 15\,816,67;$$

- вугільна вежа №2:

$$P_2 = 39,47 \cdot 545,6 = 21\,534,83.$$

Сумарна економія електроенергії при переході на навантаження 500 т/год тоді складатиме, кВт:

$$P = P_1 + P_2, \quad (3.10)$$

$$P = 15\,816,67 + 21\,534,83 = 37\,351,5.$$

Виходячи із середньої ціни на електроенергію (C - 3,50 грн / кВт), отримуємо місячну економію, тис.грн :

$$E_{\text{міс}} = P \cdot \text{тариф}, \quad (3.11)$$

$$37\,351,5 \cdot 3,50 = 130,73.$$

Річна економія складатиме, тис.грн :

$$E_{\text{річ}} = E_{\text{міс}} \cdot 12, \quad (3.12)$$

$$E_{\text{річ}} = 130,73 \cdot 12 = 1568,76.$$

Отже, після використання даної методики річна економія складатиме 1568,76 тис.грн, при цьому не буде додаткових витрат після цієї методики.

3.3 Баланс виробництва пари та електричної енергії

Виробництво коксу це - енергоємний процес, одна тона сухого доменного коксу потребує близько 3,7 ГДж (0,89 Гкал) енергії. Однак коксовий газ (КГ) , який виробляється в батареях коксових печей, як побічний продукт, можна використовувати задля виробництва енергії.

Починаючи з 2000 року, заводом «Запоріжжкокс» вироблялася пара, завдяки використанню двох котлів, потужністю 75 т/год кожний. До 2000 року необхідна кількість пари постачалася з поряд розташованого металургійного підприємства «Запоріжсталь» у обмін на надлишковий коксовий газ, який не знаходив внутрішнього споживання на заводі «Запоріжжкокс». Надлишковий коксовий газ використовували на заводі «Запоріжсталь» у якості додаткового палива (у якості основного палива використовувався природний газ).

Наявність палива , тобто коксового газу, як попутного продукту від основного виробництва , а також розташування підприємства в межах міста обумовили необхідність реалізації проєкту щодо будівництва двох установок (котлів) зі знешкодження та утилізації тепла димових газів після коксових батарей (№1 та №2).

Впровадженням вищезазначених установок було забезпечено:

- вигоробництво до 190 т/год пари із енергетичними параметрами при додатковому спалюванні коксового газу, в результаті чого підприємство було забезпечено парою з технологічними параметрами;
- постачання підприємству (у повному обсязі) теплової енергії власного виробництва – 560 000 Гкал на рік;
- зниження вмісту N_{ox} в димових газах від коксової батареї на 40 % і CO на (90...100) % із забезпеченням міжнародних норм викидів;
- утилізацію тепла димових газів коксової батареї (до 6 Гкал/год) ;
- економію фінансових коштів.

Два котли на «Запоріжкокс» виробляють пару із тиском 35 кгс/см^2 і температурою приблизно $440 \text{ }^\circ\text{C}$. Вищенаведені параметри перевищують технологічні потреби. З метою зниження тиску і температури застосовують три редуційно–охолоджуючі установки (РОУ), які знижують температуру та зменшують тиск перегрітої пари за допомогою води, в результаті цього отримують пару з іншими параметрами: тиском $(5,0...5,5) \text{ кгс/см}^2$ та температурою $\sim 300 \text{ }^\circ\text{C}$.

Собівартість електричної енергії, що виробляється у котлотурбінному цеху, майже вдвічі нижче собівартості електричної енергії на звичайних теплоелектроцентралях, які використовують пар для забезпечення роботи турбогенераторів.

Досить низька собівартість електричної енергії, виробленої на ПрАТ «Запорожкокс», зумовлена використанням задля її вироблення теплової енергії (пари), яка виробляється завдяки установкам знешкодження і утилізації тепла димових газів від коксових батарей №№ 1,2.

Дані установки вперше у світі впроваджені на ПрАТ «Запоріжкокс» і виробляють теплову енергію завдяки супутній коксохімічній продукції – коксовому газу, собівартість якого у декілька разів нижче собівартості природного газу, а також допалюють димові гази від коксових батарей, утилізуючи при цьому тепло (приблизно 12 Гкал/год) та знижуючи при викидах у атмосферу в цих димових газах концентрацію твердих часток в $(2,5...5)$ разів; вміст NO_x на $(30...40) \%$; вміст CO на $(90...100) \%$, тобто забезпечуючи відповідність міжнародним нормам викидів.

На ПрАТ «Запоріжкокс» використовують технологію сухого тушіння коксу, яка у порівнянні з мокрим тушінням дає можливість вирішувати ряд актуальних задач:

- утилізування тепла розжареного коксу із здобуттям пари високих енергетичних параметрів для подальшого вироблення електричної енергії;
- поліпшення фізико-хімічних та міцнісних показників якості металургійного коксу і зменшення його витрат у доменних печах;

- поліпшення санітарних, екологічних характеристик виробництва і умов праці обслуговуючого персоналу;
- розширення сировинної бази коксування;
- зменшення корозійного зносу обладнання коксового цеху і витрат на проведення ремонтів сталевих та залізобетонних конструкцій.

У котельній УСТК встановлені два котли типу КСТК-35/40-100 з продуктивністю по 32,4 т/год пари та з параметрами $P = 4,0$ МПа; $t = 440$ °С. З врахуванням кількості загашеного коксу, загальна продуктивність котельної УСТК по парі складає 40,8 т/год, а річна економія палива - 24 тис. т.у.п.

Основна частина виробленої пари передається до машинного залу для вироблення електричної енергії, туди ж буде подаватися пара від існуючої котельної.

Споживання електроенергії об'єктами ПрАТ «Запоріжжкокс» в залежності від пори року і від режиму коксування складає максимальне годинне 18272 кВт·год, у тому числі споживачів 1-ої категорії (4000...6000) кВт·год:

- при тривалості коксування 20 год – (14800...14900) кВт·год.;
- при тривалості коксування 27 год – (14500...14600) кВт·год.;
- при тривалості коксування 40 год – 11500 кВт·год.;
- при тривалості коксування 55 год – 10100 кВт·год.

Річна потреба у електричній енергії - $122,95 \cdot 10^6$ кВт·год (на напрузі 6,3 кВ). Джерело паропостачання об'єктів ПрАТ «Запоріжжкокс» – установка знешкодження і утилізації тепла димових газів від КБ №2, яка обладнана котлами:

- типу РК 85-40/440-180КБ продуктивністю 85 т/год пари із параметрами $P = 40$ кгс/см², $t = 440$ °С;

- типу БКЗ-75-39 ГМА-2 продуктивністю 75 т/год пари із параметрами $P = 40$ кгс/см², $t = 440$ °С.

Встановлена паропроодуктивність – 160 т/год.

Навантаження котельної із відпуску пари :

- середньогодинна у зимовий період – 100 т/год;
- середньогодинна у літній період – 60 т/год;
- річна – $710 \cdot 10^3$ т.

Параметри пари, яка відпускається споживачу:

$$P = (8 \dots 8,5) \text{ кгс/см}^2, t = 300 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Відпуск здійснюється через РОУ.

Живлення котлів водою з температурою $t = 104 \text{ }^\circ\text{C}$ здійснюється від деаераційно –споживчої установки.

Повернення конденсату від технологічних споживачів пару відсутнє. Хімічно очищена вода надходить до деаераторів від водопідготовчої установки (ВПУ). Вихідна вода водо підготовчої установки це – технічна вода від насосної технічного водопостачання підприємства. Відведення виробничих стоків здійснюється у існуючу побутову каналізацію.

Паливо для котлів – коксовий газ ПрАТ «Запоріжжкокс» з $Q^p_n = 4000 \text{ ккал/нм}^3$.

Кількість газу, який споживає котельня незалежно від пори року і від режиму коксування:

- при тривалості коксування 20 год – $31,5 \cdot 10^3 - 36 \cdot 10^3 \text{ нм}^3/\text{год}$;
- при тривалості коксування 27 год – $25 \cdot 10^3 - 26 \cdot 10^3 \text{ нм}^3/\text{год}$;
- при тривалості коксування 40 год – $12 \cdot 10^3 \text{ нм}^3/\text{год}$;
- при тривалості коксування 55 год – $1,7 \cdot 10^3 \text{ нм}^3/\text{год}$;

Кількість коксового газу, якого необхідно для котельної впродовж року - $325,561 \cdot 10^6 \text{ нм}^3$.

Підвід свіжої пари до турбіни забезпечується від колектора котельної при $P = 40 \text{ кгс/см}^2$ та $t = 440 \text{ }^\circ\text{C}$, відведення промислової пари здійснюється з $P = 9 \text{ кгс/см}^2$ до паропроводу протитиску встановленої турбіни. Конденсат відводиться до деаераторів. У машинному залі встановлені два циркуляційні насоси системи оборотного водопостачання та проводиться охолодження

турбогенератора, продуктивність оборотного водопостачання - 2200 м³/рік. Організовано також підживлення системи оборотного водопостачання, відвід пари із нерегульованого відбору турбіни до деаераторів, встановлений підігрівач живильної води котлів, до якого відводиться пара з нерегульованого відбору турбіни (підігрів води (110...115)⁰С). Забезпечується відведення зливів від паропроводу і обладнання машинного залу до відповідної системи котельної, здійснюється відпуск електроенергії споживачам від генератора із напругою 6,3кВ.

Теплоносієм для систем опалення машинного залу є гаряча вода з параметрами (95...70) ⁰С, яка надходить із зовнішніх мереж. Нагрівальними приборами служать реєстри із гладких труб. Розрахункові витрати тепла на опалення складають - 0,12 Гкал/год.

На рисунках 3.3 та 3.4 приведено енергетичний баланс ПрАТ «Запоріжкокс» і схема зовнішніх мереж підприємства.

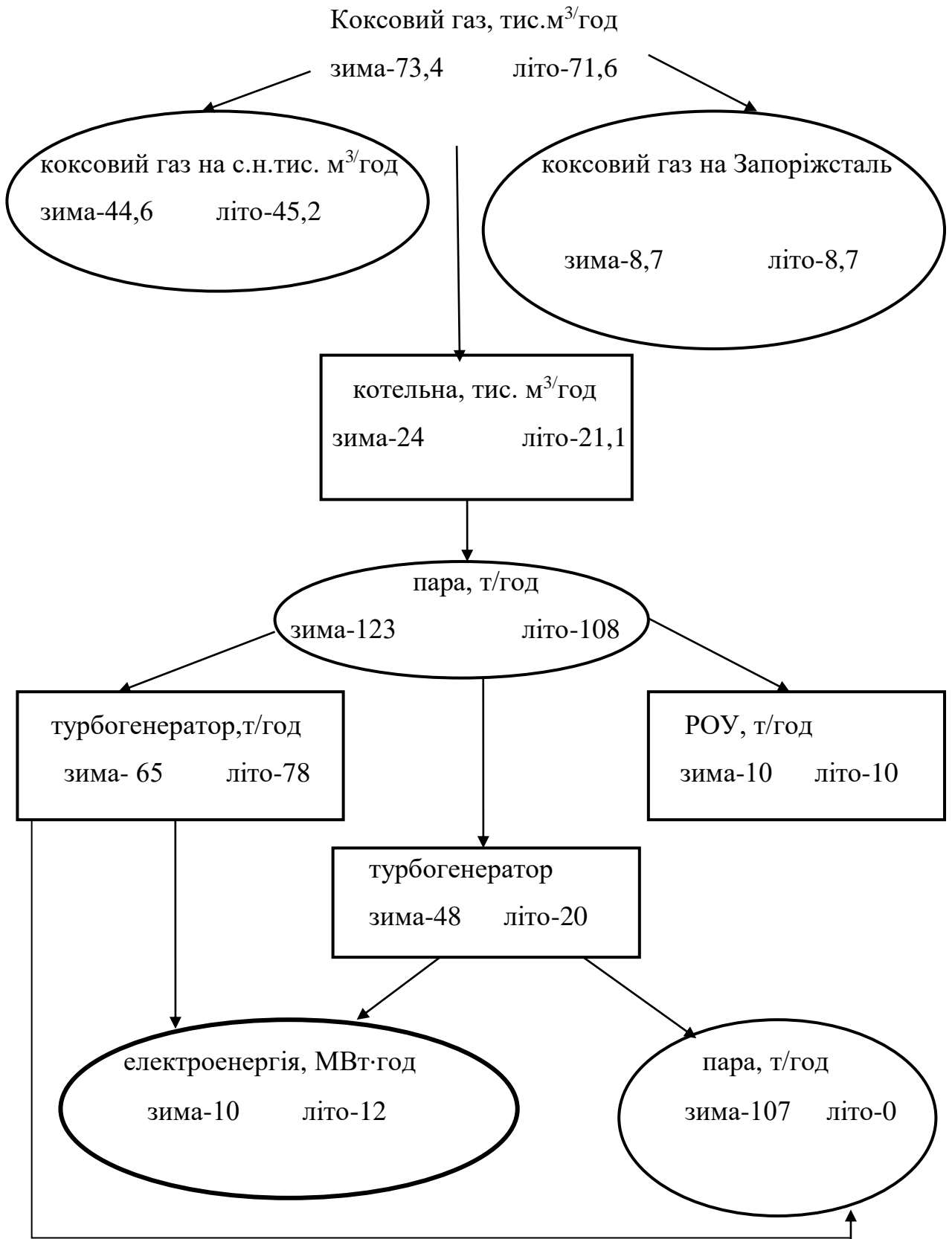


Рисунок 3.3 – Енергетичний баланс на ПрАТ «Запоріжжкокс»

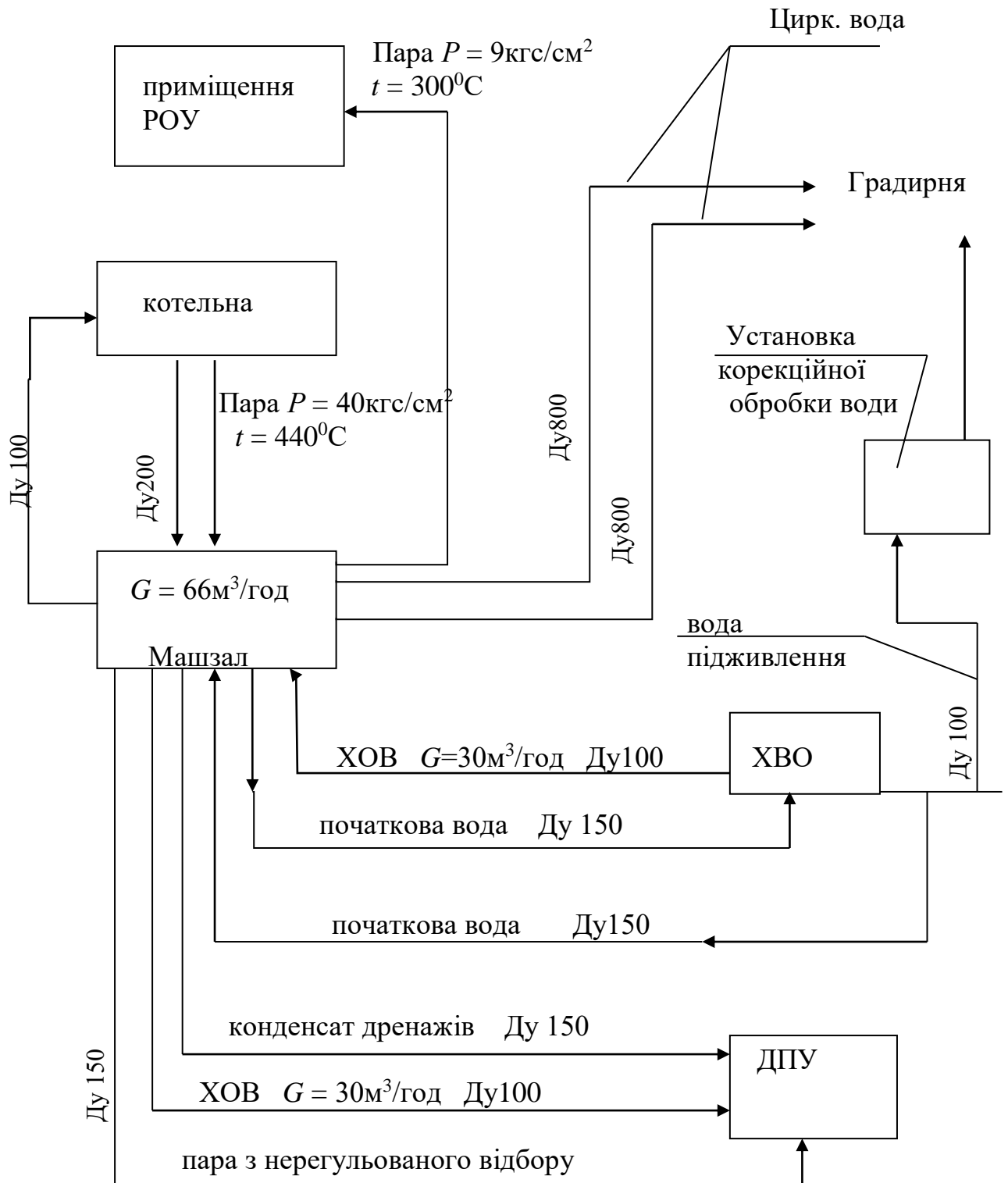


Рисунок 3.4 – Схема зовнішніх мереж

4 ВДОСКОНАЛЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Розглянемо, як зміниться регресійна модель споживання електроенергії, враховуючи положення, що будь-яку неперервну досліджувану функцію $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$, яка має всі похідні у заданій точці із координатами $x_{01}, x_{02}, \dots, x_{0n}$ можна розкласти в ряд Тейлора:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n + \beta_{21} x_1 x_2 + \dots \\ \dots + \beta_{(n-1)} x_{(n-1)} x_n + \beta_{11} x_1^2 + \beta_{22} x_2^2 + \dots + \beta_{nn} x_n^2, \quad (4.1)$$

де β_0 – значення функції відгуку на початку координат $x_{01}, x_{02}, \dots, x_{0n}$.

$$\beta_i = \frac{dy}{dx_i}; \quad \beta_{ij} = \frac{d^2 y}{dx_i dx_j}; \quad \beta_{ii} = \frac{1}{2} \frac{d^2 y}{dx_i^2}. \quad (4.2)$$

На практиці за результатами експерименту цей поліном замінимо рівнянням регресії:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i z_i + \sum_{i,j=1}^n b_{ij} z_i z_j + \sum_{i,j=1}^n b_{ij} z_i^2, \quad (4.3)$$

де b_0, b_i, b_{ij} – коефіцієнти регресії;

z_i – закодована змінна, яка введена для спрощення обчислень і є відповідною величиною, а саме:

$$z_i = \frac{x_i - x_{0i}}{0,5\Delta x_i}; \quad \Delta x_i = x_{i\max} - x_{i\min}; \quad x_{0i} = \frac{x_{i\max} + x_{i\min}}{2}. \quad (4.4)$$

Максимальному значенню $x_{i\max}$ відповідає $z_i = +1$, а мініимальному $x_{i\min}$ відповідає $z_i = -1$.

Коефіцієнти регресії лінійного полінома зумовлюються наступними виразами:

$$b_0 = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m y_j; \quad b_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m z_{ji} y_j; \quad b_{is} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m z_{jr} z_{js} y_j. \quad (4.5)$$

За даними результатів спостережень відділу головного енергетика знаходимо рівняння регресії та проведемо його оцінку в програмному пакеті Datafit. Результати наведено у табл. 4.1- 4.4.

Таблиця 4.1 – Значення функції

№	Значення функції	Розрахункове значення функції	Відхилення	Похибка, %
1	2	3	4	5
1	77350	77347,31	0,002688	0,006089
2	78230	78223,69	0,006313	0,014288
3	83490	83493,44	-0,00344	-0,00796
4	74470	74474,81	-0,00481	-0,01113
5	74560	74564,69	-0,00469	-0,01091
6	79620	79624,06	-0,00406	-0,00945
7	78400	78397,81	0,002188	0,005205
8	81380	81374,19	0,005813	0,013817
9	77110	77105,19	0,004813	0,010902
10	75820	75815,56	0,004438	0,010044
11	74630	74634,31	-0,00431	-0,00998
12	74910	74915,69	-0,00569	-0,01316
13	77730	77733,56	-0,00356	-0,00829
14	78260	78265,94	-0,00594	-0,01381
15	79250	79243,69	0,006313	0,015017
16	77440	77436,06	0,003938	0,009359
13	76830	76833,56	-0,00356	-0,00829

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5
14	81260	81265,94	-0,00594	-0,01381
15	82340	82333,69	0,006313	0,015017
16	80220	80216,06	0,003938	0,009359
17	82340	82333,69	0,006313	0,015017
18	80220	80216,06	0,003938	0,009359

Таблиця 4.2 – Характеристика отриманого рівняння

Показник	Значення
Сума залишків	7,887E-13
Середні залишки	4,929E-14
Залишкова сума квадратів (абсолютна)	0,000356
Залишкова сума квадратів (відносна)	0,000356
Стандартна помилка розрахункова	0,00569
Коефіцієнт множинної кореляції R^2	0,959
Частка дисперсії, що пояснюється	92,1%
Статистика Дарбін-Уотсона	1,1459

Така характеристика отриманого лінійного рівняння свідчить про високу кореляцію розрахункових даних та даних, що спостерігалися.

Таблиця 4.3 – Коефіцієнти регресії

Коефіцієнт	Величина	Похибка	Критерій t
b_1	-3,54E-03	2,85E-04	-12,43321517
b_2	-2,34E-02	7,11E-05	-329,2825007
b_3	-0,29315625	7,11E-04	-412,1413127
b_4	5,75E-05	5,69E-05	1,010473318
b_0	76512	1,79E-02	2647,396561

Таблиця 4.4 – Характеристика довірчих інтервалів

68 % довірчий інтервал				
Коефіцієнт	Величина	Інтервал, % (+/-)	Нижня межа	Верхня межа
1	2	3	4	5
b_1	-3,54E-03	2,96E-04	-3,83E-03	-3,24E-03
b_2	-2,34E-02	7,41E-05	-0,023495957	-2,33E-02
b_3	-0,29315625	7,41E-04	-0,293897069	-0,292415431
b_4	5,75E-05	5,93E-05	-1,77E-06	1,17E-04

Продовження таблиці 4.4

1	2	3	4	5
b_0	76512	1,86E-02	76512,321626	76512,358873
90 % довірчий інтервал				
b_1	-3,54E-03	5,11E-04	-4,05E-03	-3,03E-03
b_2	-2,34E-02	1,28E-04	-2,35E-02	-2,33E-02
b_3	-0,29315625	1,28E-03	-0,294433674	-0,291878826
b_4	5,75E-05	1,02E-04	-4,47E-05	1,60E-04
b_0	76512	3,21E-02	76512,308136	76512,372363
95 % довірчий інтервал				
b_1	-3,54E-03	6,26E-04	-4,16E-03	-2,91E-03
b_2	-2,34E-02	1,57E-04	-2,36E-02	-2,33E-02
b_3	-0,29315625	1,57E-03	-0,294721822	-0,291590678
b_4	5,75E-05	1,25E-04	-6,77E-05	1,83E-04
b_0	76512	3,94E-02	76512,300892	76512,379607
99 % довірчий інтервал				
b_1	-3,54E-03	8,84E-04	-4,42E-03	-2,65E-03
b_2	-2,34E-02	2,21E-04	-2,36E-02	-2,32E-02
b_3	-0,29315625	2,21E-03	-0,295365407	-0,290947093
b_4	5,75E-05	1,77E-04	-1,19E-04	2,34E-04
b_0	76512	5,55E-02	76512,284712	76512,395787

Враховуючи отриману оцінку, дану регресійну модель можна вважати адекватною. Коефіцієнт кореляції змінився з 0,937 до 0,959.

Коефіцієнт детермінації:

$$d = r^2 = \left(\frac{\sum (x_i - x_0)(y_i - y_0)}{(n-1) \cdot S_x \cdot S_y} \right)^2 = 0,921.$$

Результати розрахунку у вигляді довірчих інтервалів представлено на рисунку 4.1 та в таблиці 4.5.

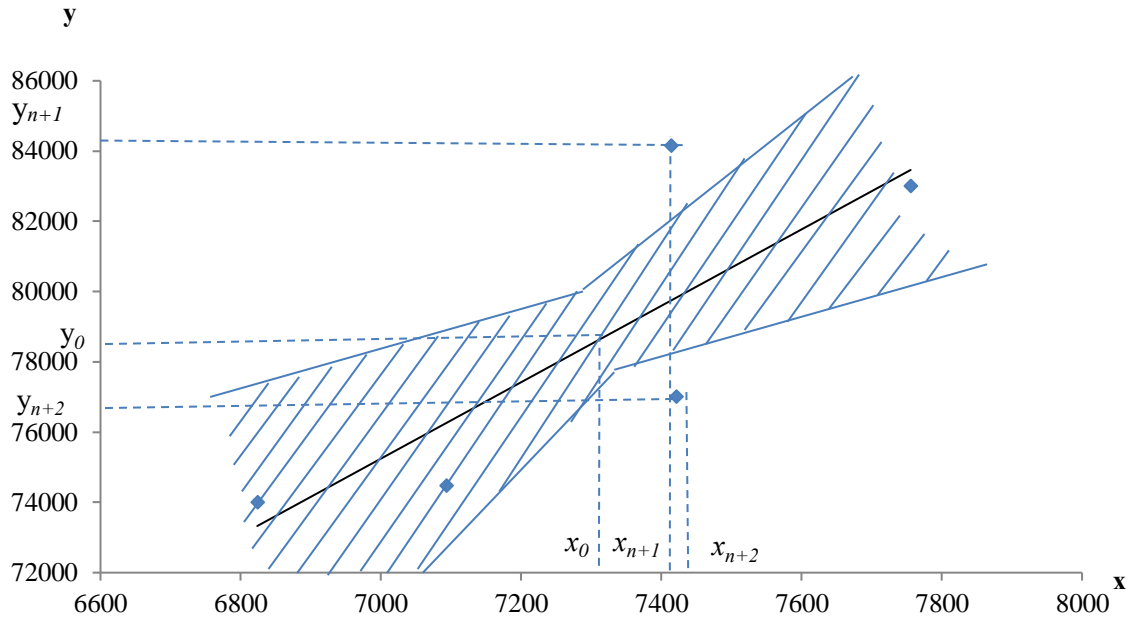


Рисунок 4.1 – Довірчі інтервали регресійного рівняння споживання електроенергії

Таблиця 4.5 – Порівняння оцінки стану енерговикористання

Оцінка стану енерговикористання	Існуючий підхід	Запропонований підхід
Ефективний	134	6
Задовільний	-	156
Неефективний	66	38

Порівняно зі значенням коефіцієнта детермінації, який був отриманий за існуючою моделлю споживання електричної енергії $d = 0,879$, частка дисперсії споживання електричної енергії, що зумовлена зміною некерованих параметрів збільшилась, а частка дисперсії, зумовлена керованими параметрами, зменшилась.

Побудована за одержаною оцінкою ефективного стану споживання електричної енергії лінія регресії зображена на рисунку 4.2.

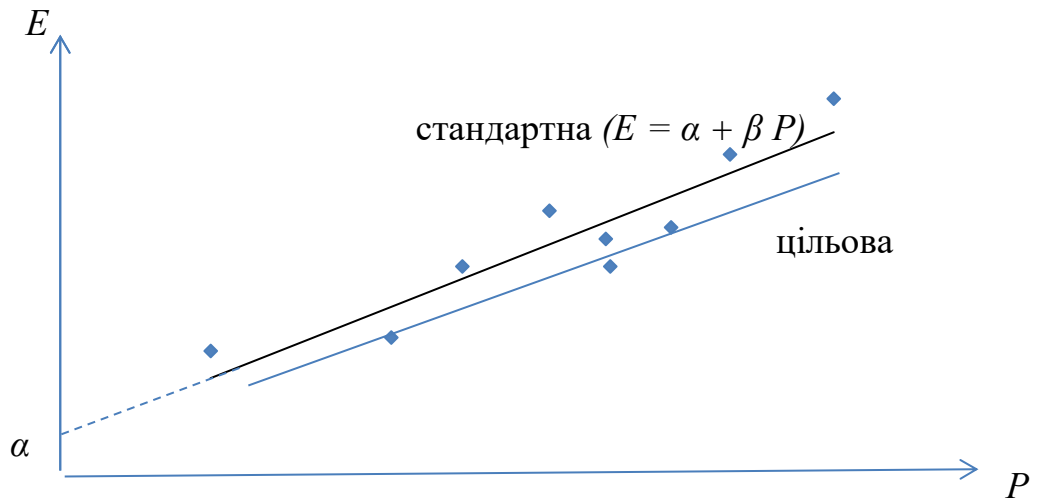


Рисунок 4.2 – Побудова цільової лінії регресії

На рисунку 4.3 відображено результат оптимізації керованих параметрів за результатами проведеної оцінки ефективності споживання електричної енергії.

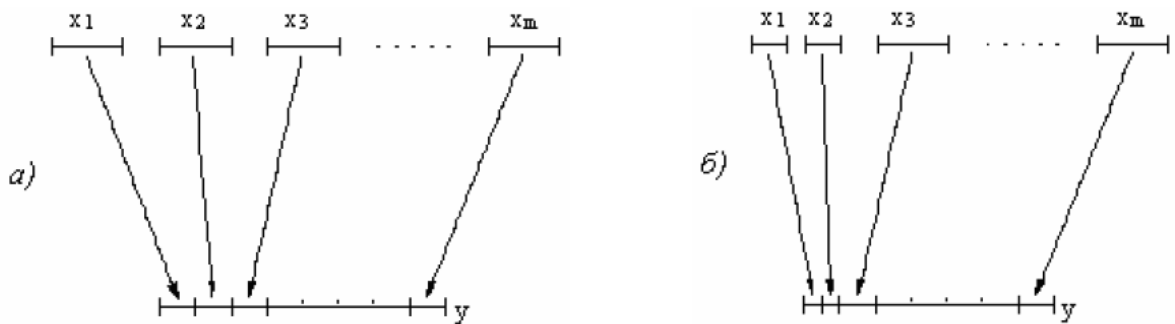


Рисунок 4.3 – Оптимізація керованих параметрів

Згідно отриманих результатів система енергоменеджменту працює ефективно і точність контролю ефективності споживання покращилась.

ВИСНОВКИ

Енергозберігаючий шлях у економіці припустимий тільки у реалізації формування та застосування програм та заходів щодо енергозбереження на підприємствах та виробництвах. Отже необхідно встановити на промислових підприємствах максимально раціональне застосування та використання енергоресурсів.

Поняття енергоефективність трактується як можливість отримувати більший ефект при менших витратах енергії, а відтак і менших фінансових витратах на забезпечення організації паливно-енергетичними ресурсами.

Досягти підвищення ефективності споживання енергоресурсів можливо за рахунок впливу на обладнання (оптимізація режиму експлуатації, ремонти, модернізації, заміни) і на персонал. Метою управління може бути мінімізація питомого споживання енергії чи сумарних витрат, що містять у собі як капітальні витрати на енергозберігаючі заходи, так і експлуатаційні витрати, які пов'язані з оплатою за енергоносії.

Запропоновано впровадження конденсаторної установки, що дозволить знизити оплату за споживання реактивної потужності та зменшити навантаження на силові трансформатори, відповідно, збільшиться їх термін служби.

Проведений аналіз математичних моделей споживання електричної енергії цехів підприємства показав, що фактори, які впливають на споживання електроенергії, є некерованими, тобто за рахунок їх зміни можливе зниження обсягу споживання електроенергії, але не підвищення її ефективності.

Існуюча математична модель споживання електроенергії вдосконалена за рахунок включення енергетичного балансу утилізації коксового і димових газів, що дозволило одержати регресійну модель споживання електроенергії задля оцінки зв'язку між значеннями

енерговитрат і параметрами, що їх визначають (обсяг виробництва коксу, коксового газу, виробництво пари, електричної енергії). Коефіцієнт кореляції змінився з 0,937 до 0,959.

Запропоновані та обґрунтовані принципи контролю енергоефективності шляхом побудови довірчих інтервалів, всередині яких із високою довірчою ймовірністю знаходитиметься дійсна (точна) регресійна залежність. Оцінку заходів з оптимізації керованих змінних запропоновано робити за допомогою коефіцієнту детермінації d , який буде показувати ту частку дисперсії енерговитрат, яка обумовлена зміною некерованих параметрів. Оцінка моделі споживання електроенергії за допомогою коефіцієнта детермінації змінилась з 0,879 до 0,921.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ДСТУ EN 50160:2014 (EN 50160:2010, IDT) Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загальної призначеності. Київ : Мінекономрозвитку України, 2014. 32 с
2. Електропостачання промислових підприємств: підручник для студентів електромеханічних спеціальностей / В.І. Мілих, Т.П. Павленко. – Харків : ФОП Панов А. М., 2016. – 272 с
3. Бабюк С. М. Підвищення енергоефективності підприємств за рахунок контролю характеристик режимів електропостачання / С. М. Бабюк, М. Д. Приймак, Р. В. Паськів // Збірник тез доповідей VI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 16-17 листопада 2017 року. — Т. : ТНТУ, 2017. — Том 3 С. 90–91. — (Електротехніка та енергозбереження).
4. Цал-Цалко Ю.С. Витрати підприємства: Навч. посібник. – Житомир: ЖІТІ, 2002.– 647 с.
5. Енергозбереження промислових підприємств: методологія формування, механізм управління : монографія / В. В. Джеджула. – Вінниця : ВНТУ, 2014. – 346 с.
6. Толбатов В. А. Організація систем енергозбереження на промислових підприємствах : навч. пос. / В. А. Толбатов, І. Л. Лебединський, А. В. Толбатов – Суми : Вид-во СумДУ, 2009. – 195 с
7. Колесник В.Н., Коксохимическая промышленность. Эксплуатационные документы [Текст] : ГОСТ 2.110-2006. – Введ. 2006-04-14. – Донецк, 2006 – 2014 с.
8. . Войтенко С.Н. Технология коксохимического производства [Текст] : учеб. пособие / С.Н. Войтенко, А. М. Рожков. – З. : Статус, 2007. – 324 с.
9. Энергетический менеджмент [Текст] / А.В. Праховник, А.И. Соловей, В.В. Прохоренко и др. – К.: ІЕЕ НТУУ „КПІ”, 2001. – 472 с.

10. Разумний, Ю.Т. Енергозбереження [Текст]: навч. посібник / Ю.Т. Разумний, В.Т. Заїка, Ю.В. Степаненко. – Д.: Національний гірничий університет, 2005. – 166 с.
11. Праховник, А.В. Контроль і нормалізація енергоспоживання [Текст]/А.В. Праховник, Г.Р. Трапп // Управління енерговикористанням: зб. доп. – К.: Изд-во Альянс за збереження енергії, 2001. – С. 387 – 397.
12. Качан, Ю. Г. Основы энергосбережения [Текст]/ Для студ. ЗГИА спец. 7.000008 "ЭМ": Конспект лекций / Ю. Г. Качан. – ЗГИА. - Запорожье: ЗГИА, 2005. - 183 с.: ил.
13. Самойлов, М. В. Основы энергосбережения [Текст] / Учеб. пособие для вузов / М.В.Самойлов, В.В.Паневчик, А.Н. Ковалев - 3-е изд., стереотип. - Мн.: БГЭУ, 2004. - 198 с.
14. Системи енергоменеджменту та їх математичне забезпечення: навч. посібник / Г.Г. Півняк, С.У. Випанасенко, О.І. Хованська та ін. – Д.: Національний гірничий університет, 2013. – 214 с.
15. Калининчик, В.П. Энергетический менеджмент. Графические методы обработки информации [Текст]: учеб. пособие / В.П. Калининчик, В.П. Розен, А.И. Соловей. – К.: Кондор, 2007. – 104 с.
16. Вильямс Орвис. EXCEL для ученых, инженеров и студентов [Текст]: пер. с англ. / Орвис Вильямс. – К.: Юниор, 1999. – 528 с.
17. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів [Текст]. К.:вид. «Основа», 1998.- 380 с.
18. Ковалко, М.П., Енергозбереження – пріоритетний напрямок державної політики України [Текст] / М. П. Ковалко, С. П. Двнисяк // Відповід. ред. А.К. Шидловський. – Київ : УЕЗ, 1998. – 506 с.
19. Макаренко С.М. Підвищення конкурентоспроможності підприємства шляхом організації перманентних інноваційних процесів // Економічний простір, 2008, №19. – С. 296.