

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 (магістрський) рівень
(рівень вищої освіти)

на тему Дослідження можливості підвищення ефективності електроспоживання бетонного виробництва ПрАТ «ФЕМ»

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1411
спеціальності 141 Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка
(код і назва спеціальності)

спеціалізації _____
(код і назва спеціалізації)

освітньої програми 141.00.11 Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка
(назва освітньої програми)

Березненко А.Л.
(ініціали та прізвище)

Керівник д.т.н., доц. Коваленко В.Л.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент Артемчук В.В.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя
2022

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерний навчально-науковий інститут _____
Кафедра Електричної інженерії та кіберфізичних систем _____
Рівень вищої освіти другий (магістрський) рівень _____
Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка _____
(код та назва)
Спеціалізація _____
(код та назва)
Освітня програма 141.00.11 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

д.т.н., доц.

В.Л. Коваленко

« 01 » грудня 2022 року

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

Березненко Артем Леонідович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи Дослідження можливості підвищення ефективності електроспоживання бетонного виробництва ПрАТ «ФЕМ»

керівник роботи Коваленко Віктор Леонідович, д.т.н., доцент

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

затверджені наказом ЗНУ від « 02 » червня 2022 року № 598 - с

2 Строк подання студентом роботи 01 грудня 2022 р.

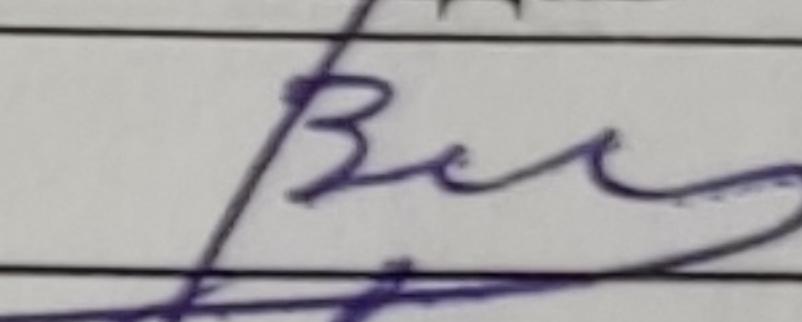
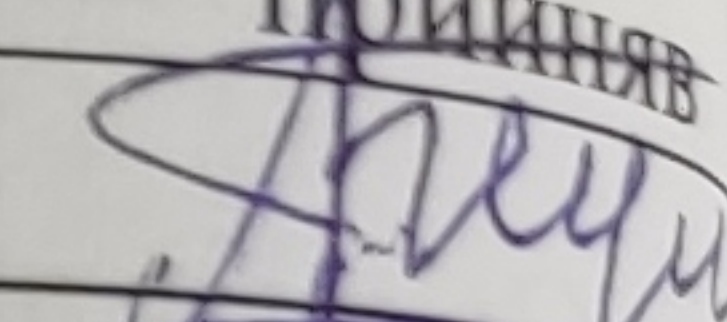
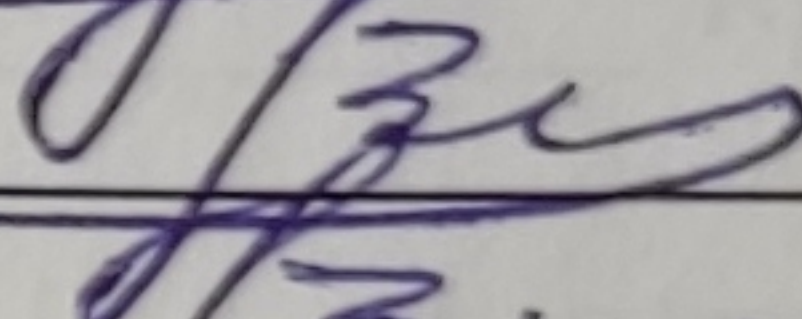
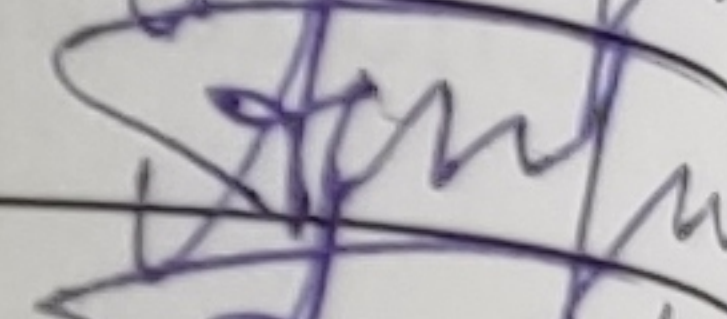
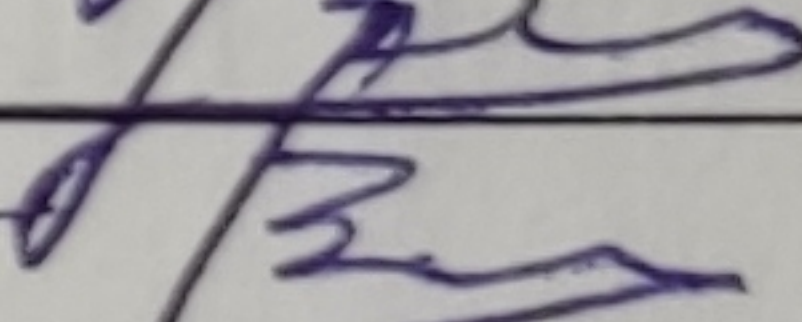
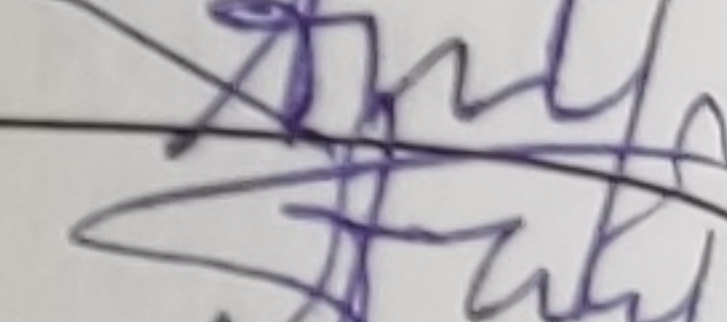
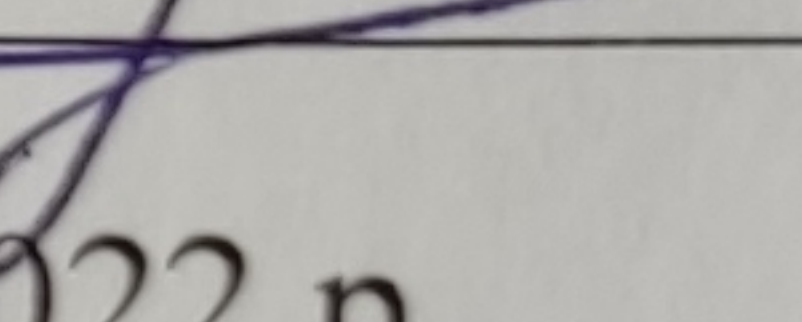
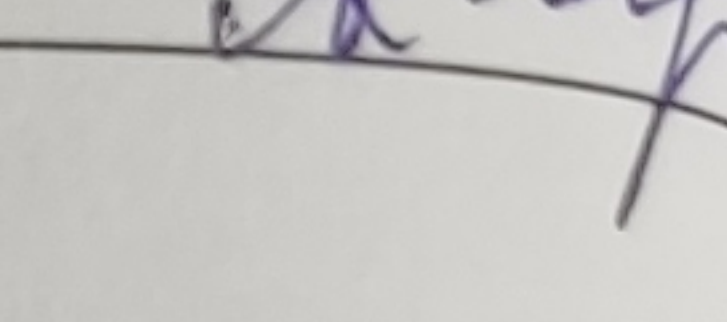
3 Вихідні дані до роботи: Мережі внутрішньозаводського електропостачання напругою 6 - 10 кВ; питомі витрати енергії на виробництво тротуарної плитки; загальне питоме електроенергоспоживання; перелік основного обладнання цеху

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1) Характеристика виробництва бетонних виробів 2) Моделі виявлення та зменшення втрат електроенергії на підстанції 3) Техніко-економічне обґрунтування заходів з підвищення ефективності роботи електричного обладнання цеху 4) Охорона праці та техногенна безпека.

5 Перелік графічного матеріалу 1) Характеристика енергоспоживання технологічного процесу вироблення бетонних виробів 2) План цеху з розміщенням обладнання 3) Структуру втрат електроенергії в мережах

4) Додаткові заходи з підвищення ефективності електроспоживання 5) Вибір методів вимірювання 6) Дані для прогнозування 6) Розрахунок параметрів прогнозування

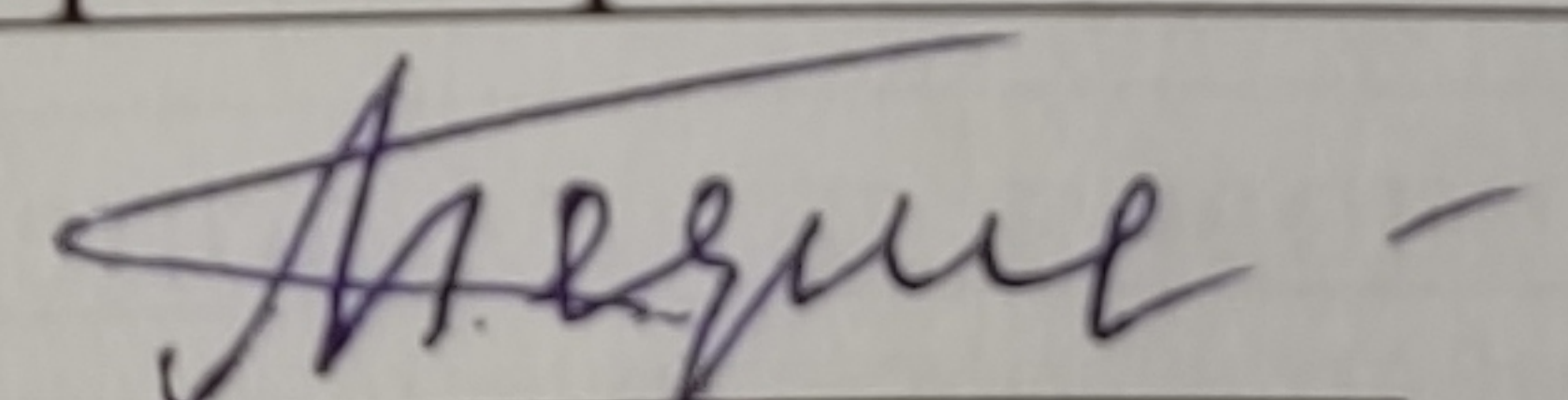
6 Консультанти розділів роботи

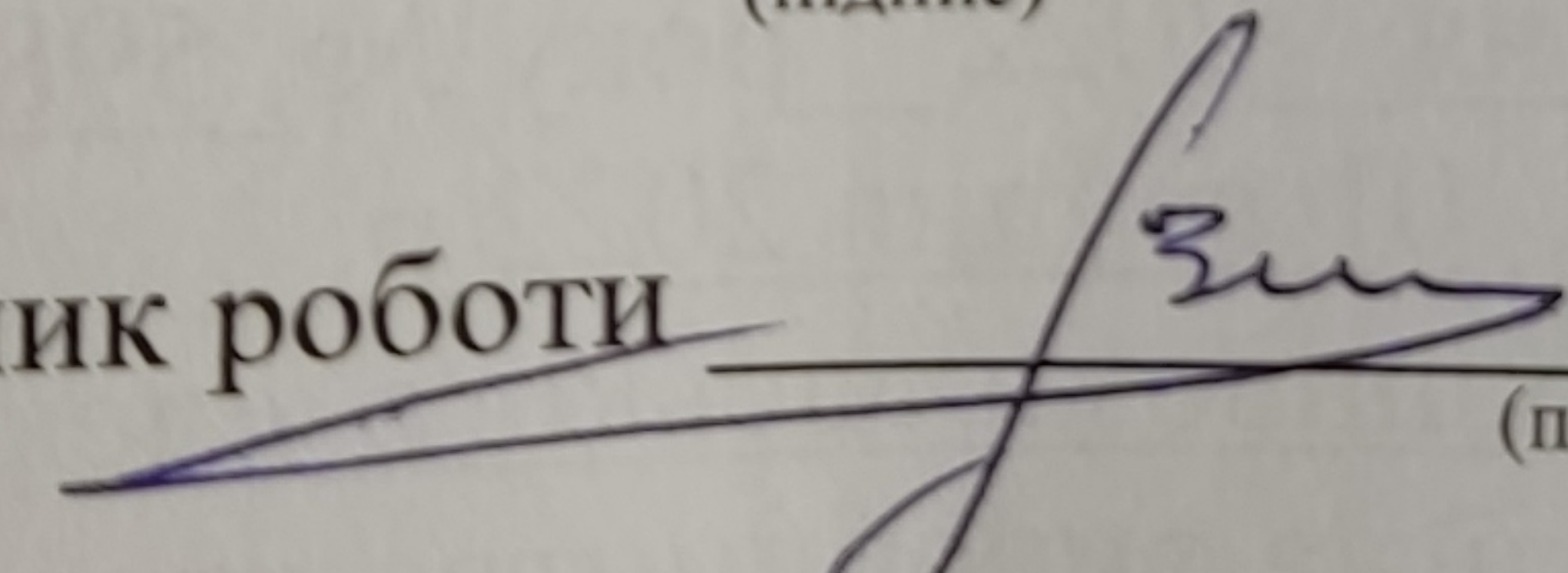
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Коваленко В. Л. д.т.н. доцент		
Розділ 2	Коваленко В. Л. д.т.н. доцент		
Розділ 3	Коваленко В. Л. д.т.н. доцент		
Розділ 4	Коваленко В. Л. д.т.н. доцент		

7 Дата видачі завдання 01.09.2022 р.

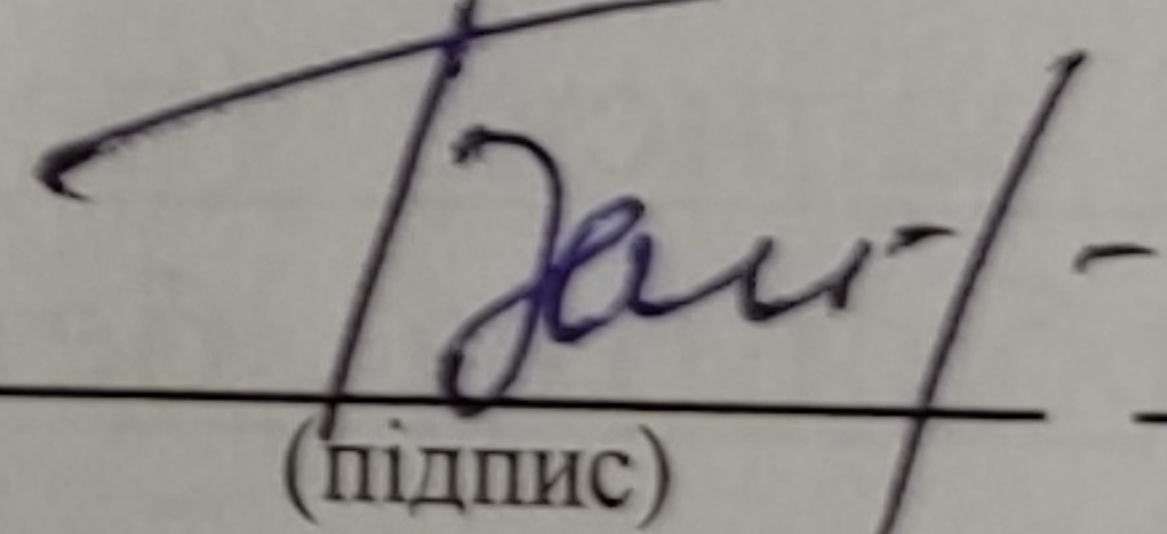
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1	Характеристика виробництва бетонних виробів	30.09.2022	
2	Моделі виявлення та зменшення втрат електроенергії на підстанції	30.10.2022	
3	Техніко-економічне обґрунтування заходів з підвищення ефективності роботи електричного обладнання цеху	19.11.2022	
4	Охорона праці та техногенна безпека	30.11.2022	

Студент  А.Л. Березненко
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи  В.Л. Коваленко
(підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер  С.В. Башлій
(підпис) (ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Березненко А.Л. Дослідження можливості підвищення ефективності електроспоживання бетонного виробництва ПрАТ «ФЕМ».

Кваліфікаційна випускна робота на здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, науковий керівник В.Л. Коваленко. Запорізький національний університет. Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні. Кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем, 2022.

Предметом досліджень є техніко-економічні методи (заходи) та підходи до аналізування, оцінювання та контролю обсягів споживання електричної енергії на промисловому підприємстві.

В роботі досліджено можливість підвищення ефективності споживання електроенергії обладнанням цеху та прогнозування її обсягів в залежності від об'ємів виготовленої продукції, оцінка достовірності прогнозу.

Ключові слова: ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ, ПІДСТАНЦІЯ, ЕЛЕКТРОДВИГУН, РЕГРЕСІЯ, АНАЛІЗ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ, РЕАКТИВНА ПОТУЖНІСТЬ

ABSTRACT

Bereznenko A.L. Study of the possibility of increasing the efficiency of electricity consumption of concrete production of PJSC "FEM".

Qualification final work for obtaining a master's degree in specialty 141 - Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics, supervisor V.L. Kovalenko. Zaporizhia National University. Engineering Educational and Scientific Institute named after Yu.M. Potebni, Department of Electrical Engineering and Energy Efficiency, 2022.

The subject of research is technical and economic methods (measures) and approaches to analysis, evaluation and control of the amount of electricity consumption at an industrial enterprise.

The paper examines the possibility of increasing the efficiency of electricity consumption by shop equipment and forecasting its volume depending on the volume of manufactured products, assessing the reliability of the forecast.

Keywords: ELECTRICAL EQUIPMENT, SUBSTATION, ELECTRIC MOTOR, REGRESSION, ENERGY CONSUMPTION ANALYSIS, REACTIVE POWER

ЗМІСТ

Вступ	7
1 Характеристика виробництва бетонних виробів.....	10
1.1 Технологія виготовлення вібропресованої тротуарної плитки....	10
1.2 Аналіз енергоспоживання цеху.....	13
1.3 Пропозиції щодо підвищення енергоефективності цеху з виробництва бетонних виробів	20
1.3.1 Варіанти теплоізоляції	20
1.3.2 Характеристика джерел енергії.....	23
1.3.3 Підвищення надійності енергопостачання.....	25
2 Моделі виявлення та зменшення втрат електроенергії на підстанції .	28
2.1 Проблема втрати електроенергії в мережах.....	28
2.2 Сутність системи виявлення та зменшення втрат на основі альтернативних рішень.....	32
2.3 Висновки до розділу 2	41
3 Техніко-економічне обґрунтування заходів з підвищення ефективності роботи електричного обладнання цеху.....	42
3.1 Пріоритетні завдання в цеху	42
3.2 Компенсація реактивної потужності	45
3.3 Прогнозування споживання електроенергії обладнанням цеху..	56
3.4 Висновки до розділу 3	69
4 Охорона праці та техногенна безпека	70
4.1 Характеристика стану охорони праці та техногенної безпеки ...	70
4.2 Висновки до розділу 4	73
Висновки	74
Перелік посилань	75

ВСТУП

Актуальність теми. Зростаюча складність і динамічність економічного середовища, зростаючий рівень конкуренції на ринку товарів, робіт і послуг вимагає, від керівництва значних зусиль зі створення ефективного механізму функціонування підприємства. В даний час, у зв'язку з постійним зростанням цін на енергоресурси, частка енергетичних витрат у собівартості продукції досягає на деяких підприємствах 40-60%. Виходячи з цього, змінюється і ставлення до енергетичних ресурсів. З дешевих ресурсів, які не потребують управління, вони переходять в категорію дорогих, що вимагають такого ж менеджменту, як і інші ресурси.

Успішність управління енергетичними ресурсами в чималому ступені визначається комплексністю та інтенсивністю застосування на підприємстві сучасних методів аналізу, прогнозування, планування і контролю за діяльністю підприємства в області енергоспоживання.

Аналіз стану управління енергоспоживанням в Україні показує необхідність створення конкретних механізмів реалізації концептуальних ідей та інструментів управління енергоспоживанням для українського підприємства, що враховують особливості української системи управління підприємствами, а також адаптацію цих ідей і інструментів в економічних умовах України.

В даний час в нашій країні відомі лише нечисленні приклади ефективного функціонування служб енергоменеджменту та внутрішнього енергоаудиту.

Енергоресурси становлять значну долю в собівартості продукції. Підвищення ефективності споживання електроенергії обладнанням цеху дозволяє знизити собівартість продукції, а отже і покращити економічні показники роботи заводу. В багатьох випадках заходи щодо покращення енергоефективності призводять до покращення якості виробництва, що в свою чергу позитивно впливає на імідж і прибутки підприємства.

В останні роки питання підвищення енергоефективності, реалізації політики енергозбереження в Україні придбали особливу актуальність і прямо зв'язані з енергобезпекою країни.

З кожним роком на Україні підвищуються тарифи на електроенергію, що призводить до збільшення собівартості продукції. Енергозбереження – шлях для енергоємних виробництв витримати жорстку конкуренцію на світовому ринку.

Метою та завданням роботи є вдосконалення та подальший розвиток методів оцінювання та контролю ефективності споживання електроенергії обладнанням цеху на підприємстві з виробництва титанової продукції. Для досягнення зазначеної мети дослідження були вирішені наступні завдання:

- аналіз існуючих методів оцінювання та контролю обсягів споживання енергетичних ресурсів підприємством;
- аналіз статистичних методів і моделей прогнозування обсягів споживання електроенергії на підприємстві;
- аналіз моделей виявлення та зменшення втрат електроенергії на підстанції;
- застосування та можливості удосконалення існуючих методів прогнозування енергоспоживання;
- розробка технічного заходу для контролю ефективності енерговикористання та прогнозування енергоспоживання.

Предметом досліджень є техніко-економічні методи (заходи) та підходи до аналізування, оцінювання та контролю обсягів споживання електричної енергії на промисловому підприємстві.

Об'єктом досліджень є процес аналізування, оцінювання та контролю обсягів споживання електричної енергії на підприємстві.

Методи дослідження. В роботі використовувались теоретичні методи та емпіричні дослідження, які полягають в проведенні наукового аналізу існуючого стану енергооб'єктів цеху №2 ТОВ «Запорізький титано-магнієвий

комбінат»; моделювання залежності річного об'єму випущеної продукції цехом та споживаної електроенергії електрообладнанням.

Наукова новизна роботи полягає в наступному: із врахуванням загальних тенденцій зміни обсягів споживання енергетичних ресурсів розроблено метод регресійного аналізу, який дозволяє оцінити рівень досягнутої енергоефективності на підприємстві та отримати інформацію щодо прогнозування подальшого споживання електричної енергії на промисловому підприємстві в умовах цеху виробництва титанового шлаку і тетраклориду титану

Практична цінність роботи. Виведена регресійна залежність обсягів споживання електроенергії на підприємстві ТОВ «Запорізький титано-магнієвий комбінат» дозволяє оцінити рівень досягнутої енергоефективності на підприємстві та отримати інформацію щодо прогнозування подальшого споживання електричної енергії на промисловому підприємстві. Отримані результати дозволять удосконалити методику встановлення базового рівня енергоспоживання при впровадженні системи енергетичного менеджменту на промислових підприємствах згідно чинного стандарту ISO 50001.

Особистим внеском автора є виведена регресійна залежність між річним об'ємом випущеної продукції та споживаної електроенергії обладнанням в умовах цеху №2 ТОВ «Запорізький титано-магнієвий комбінат».

Структура дипломної роботи на тему «Аналіз можливості підвищення ефективності споживання електричної енергії обладнанням цеху №2 ТОВ «Запорізький титано-магнієвий комбінат» складається із вступу, 4 розділів, висновків та переліку використаних джерел. Загальний обсяг роботи складає 78 сторінок основного тексту, в тому числі 16 рисунків, 13 таблиць, 34 бібліографічних найменувань за переліком посилань.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ВИРОБНИЦТВА БЕТОННИХ ВИРОБІВ

1.1 Технологія виготовлення вібропресованої тротуарної плитки

Тротуарна плитка - технологічний матеріал, що дозволяє робити укладання доріжок і майданчиків будь-яких розмірів і конфігурацій. Укладання плитки по піщаній основі надає покриттю безліч переваг у порівнянні із суцільним асфальтобетонним покриттям:

- на поверхні такого покриття не утворюються калюжі, тому що вода вільно просочується через зазори між плитками;
- плиткове покриття не порушує природню потребу зелених насаджень у водо- і газообміні, що сприятливо позначається на екології навколишнього середовища;
- при необхідності провести ремонтні роботи (наприклад, прокладка підземних комунікацій) тротуарну плитку можна легко зняти, провести необхідні роботи й укласти знову;
- у літню пору нагрівання покриття із плитки значно менше, чим з темного асфальту; при цьому плиткове покриття не розм'якшується й не виділяє летучих продуктів.

Сам процес виробництва тротуарної плитки на вібропресі умовно можна розділити на три етапи:

1. Виготовлення бетону. У зв'язку з тим, що вібропресована тротуарна плитка виготовляється з бетону, для її виготовлення потрібен бетонозмішувач примусової дії. При цьому для виготовлення одношарової тротуарної плитки потрібний один бетонозмішувач, а для двошарової, відповідно, два. Коли бетон готовий, формувальна суміш подається в матрицю спеціального вібропреса.

2. Формування. Потрапляючи у вібропрес, формувальна суміш притискається матрицею до технологічного піддона, що знаходиться на вібромайданчику. Потім у матрицю опускається пуансон, і включаються

вібратори, якими оснащується вібромайданчик. У цей же час приводяться в дію й каретки пуансона. Ущільнення ж формувальної суміші відбувається під впливом віброімпульсів.

Як правило, час вібропресування формувальної суміші тротуарної плитки становить від 7 до 12 секунд. По закінченню вібропресування матриця й пуансон піднімаються нагору, а на вібромайданчику залишається технологічний піддон з готовою тротуарною плиткою. Піддони з щойно виготовленою плиткою складаються в стопки по 6-7 піддонів і передаються на ділянку сушіння. Як тільки готова плитка на піддоні виймається з пресу, її місце займає новий технологічний піддон.

3. Сушіння. Коли тротуарна плитка попадає на ділянку сушіння, вона зазнає процесу теплообробки. Тротуарна плитка вважається повністю готовою, коли міцність бетону, з якого виготовлені вироби, досягає не менше 1,5-2 МПа. У більшості випадків на це потрібно не більш п'яти-восьми годин. Після сушіння тротуарна плитка укладається в спеціальну тару й поставляється до місця впакування, а технологічний піддон, що звільнився, знову подається на формувальну ділянку.

Існує два способи сушіння бетонних виробів :

перший - тротуарна плитка може сушитися й у природних умовах (піддони з готовою продукцією перебувають на території цеху), недоліком такого сушіння є неможливість виробництва бетонних виробів у зимовий період через відсутність належної теплоізоляції цеху;

другий - тротуарна плитка може сушитися в спеціальній сушильній камері, в якій підтримується оптимальна температура висихання продукції (близько $+15^{\circ}\text{C}$) з можливістю випускати продукцію в зимовий період, недоліком такого способу є високе енергоспоживання.

Характеристика продукції отриманої методом вібропресування:

- бетон, що використовується при вібропресуванні, має низьке водоцементне співвідношення, що зменшує витрата цементу, та забезпечує високу міцність (М 200-М400) і морозостійкість (Мрз 200-300 циклів).

- вироби мають строгу геометричну форму та паралельність поверхонь, тому що всі виготовляються в одній формі (матриці)

- вібропресована плитка має шорстку поверхню.

Мінімальний набір устаткування для організації виробництва вібропресованої тротуарної плитки наступний: бетонозмішувач примусової дії; гідравлічний вібропрес; комплект технологічних піддонів; додаткове устаткування: скіповий підйомник, вібросито зображено на рисунках. 1.1-1.4.



Рисунок 1.1 - Бетонозмішувач примусової дії



Рисунок 1.2 - Гідравлічний вібропрес

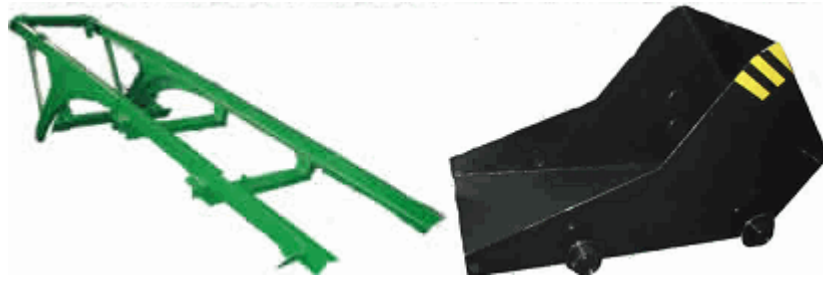


Рисунок 1.3 - Скіповий підйомник



Рисунок 1.4 – Вібросито

Описана вище технологія дозволяє виготовляти морозотривку й зносостійку тротуарну плитку, що повністю відповідає встановленим державним стандартам. Однак довговічність тротуарної плитки багато в чому залежить не тільки від технології її виготовлення, але й від застосовуваних матеріалів, які повинні бути якісними й екологічно чистими.

1.2 Аналіз енергоспоживання цеху

Підприємство було засноване в 1995 році. На теперішній час цех випускає різні види продукції: тротуарну плитку різних кольорів та розмірів, бруківку, поребрик, бордюр, ливньовки.

Дані основних споживачів електроенергії цеху з виробництва бетонних виробів ПрАТ «ФЕМ» наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічні дані споживачів цеху

Назва	Технічні характеристики:	Од. виміру	Значення	Призначення
1	2	3	4	5
Бетонозмішувач БМ - 0,1	Потужність	кВт	2,2	Призначена для перемішування фактурного шару (цементно-піщана суміш, вологістю 5-7%)
	Час перемішування	хв	2-3	
	Маса обсягу по завантаженню	л	100	
	Маса обсягу готового замісу	л	70	
	Розміри	мм	1100x1530	
	Маса	кг	280	
Бетонозмішувач БМ - 0,4	Потужність	кВт	5,5	Призначена для перемішування основного шару(важкий бетон).
	Час перемішування	хв	3-5	
	Маса обсягу по завантаженню	л	400	
	Маса обсягу готового замісу	л	350	
	Розмір	мм	1300x1630	
	Маса	кг	400	
Вібросито	Потужність	кВт	0,25	Призначене для просівання сипучих матеріалів
	Час просівання	хв	3-5	
	Маса обсягу по завантаженню	л/хв	20	
	Розміри	мм	800x1000x 900	
	Маса	кг		
	Керування		ручне	

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5
Гідравлічний вібропрес	Потужність	кВт	9	призначений для формування виробів
	Керування привод		Автоматич не гідравлічний	
	Цикл формування	сек	20-30	
	Розміри формувальної зони	мм	830x530x300	
	Розміри	мм	3100x1800x7100	
	Маса	кг	4550	
Скіповий підйомник	Потужність	кВт	4,5	призначений для підняття інертних матеріалів у бетонозмішувач
	Керування		автоматич не	
Шнековий вивантажувач	Потужність	кВт	3,0	призначений для перевантаження цементу з силоса до бетонозмішувача

Також на території підприємства розташована ділянка по підготовці інертних матеріалів (які отримують методом просівання відсіву) :

- щебеню фракції 0,6-2 мм;
- щебеню фракції 2-7 мм;
- щебеню фракції 7-15 мм;
- піску.

Параметри технологічного устаткування ділянки наведено в таблиці 1.2.

Таблиці 1.2 – Технічні дані обладнання ділянки підготовки інертних матеріалів

Назва	Технічні характеристики:			Призначення
Гуркіт	Потужність	кВт	6	Призначений для просівання відсіву
	Маса обсягу по завантаженню	т/год	10	
	Розміри	мм	3200x1100 x850	
	Маса	кг	5000	
Конвеєр (1-4)	Потужність загальна	кВт	16	Призначений для транспортування інертних
Насос водний	Потужність	кВт	3	Для перекачування води

Дані щодо споживання енергоносіїв по роках для цеху наведено в таблиці 1.3.

Так як цех випускає різний тип бетонних виробів, для полегшення обчислень кількості енергоносіїв, потрібних для випуску 1 м² продукції, за базову одиницю прийнято тротуарну плитку розміром 200x100x60мм.

Кількість використаних енергоносіїв впродовж року наведено в таблиці 1.4, а аналіз питомого споживання води та електроенергії для виробництва бетонних виробів наведено на рисунку 1.5.

Таблиця 1.3 – Споживання електроенергії і води для цеху бетонних виробів

Рік	Витрата електроенергії кВт·год	Витрата води м ³
2007	21320,8	3528
2018	38465,5	12167
2019	35504,9	10358
2010	28000	7269

Таблиця 1.4 – Кількість виготовленої продукції та енергоспоживання впродовж року

Місяць	Плитка, м ²	Електро- енергія, кВт·год	Вода, м ³	2018			2019		
				Плитка, м ²	Електро- енергія, кВт·год	Вода, м ³	Плитка, м ²	Електро- енергія, кВт·год	Вода, м ³
Січень	0	0	0	0	0	0	0	0	
Лютий	1378,45	1950	873,12	817	1216	1163,6			
Березень	2421	2230	1180,11	2942,1	2639	997,63			
Квітень	3257,4	2670	1070,44	3122,2	2680	829,58			
Травень	3988,2	3200	1029,2	2739,44	2420	806,08			
Червень	3624	2920	1052,89	3895,28	3320	964,16			
Липень	3956,4	3150	1102,02	3570,04	2980	853,08			
Серпень	3543,22	2880	1043,24	3699,15	3005	876,58			
Вересень	4094	3280	1009,02	3635,73	2985	867,32			
Жовтень	3998,88	3260	1130,1	4131,5	3420	943,51			
Листопад	3700,395	3863	1022,18	3497,95	2970	986,24			
Грудень	2503,5	3450	1254,69	2254,5	2300	1070,3			

За результатами таблиці 1.4 обчислимо питомі витрати електроенергії та води на виробництво бетонних виробів. Результати представимо у вигляді таблиці 1.5 та на рисунку 1.5.

Таблиця 1.5 – Питомі витрати електроенергії та води

Місяць	Питомі витрати електроенергії на виробництво плитки, 2018р., кВт·год/м ²	Питомі витрати електроенергії на виробництво плитки, 2018р., м ³ /м ²	Питомі витрати води на виробництво плитки, 2019р., кВт·год/м ²	Питомі витрати води на виробництво плитки, 2019р., м ³ /м ²
	2018		2019	
Січень				
Лютий	1,414632	1,488372	0,633407	1,424174
Березень	0,921107	0,896978	0,487447	0,339088
Квітень	0,819672	0,858369	0,328618	0,265704
Травень	0,802367	0,883392	0,258061	0,29425
Червень	0,80574	0,852314	0,290533	0,24752
Липень	0,796178	0,834725	0,278541	0,238955
Серпень	0,81282	0,812349	0,294433	0,236968
Вересень	0,801172	0,821018	0,246463	0,238555
Жовтень	0,815228	0,827787	0,282604	0,22837
Листопад	1,043943	0,849069	0,276235	0,281948
Грудень	1,378071	1,020182	0,501174	0,474722
середнє значення	0,900935	0,872616	0,322689	0,301939
середнє значення за теплий період	0,807597	0,841422	0,28275	0,250046

Як видно з таблиць 1.4-1.5, виробництво бетонних виробів у холодну пору року не тільки зменшується, а й ще супроводжується більшими витратами електроенергії. З аналізу питомих витрат видно, що питомі витрати електроенергії в холодну пору року збільшуються, а питомі витрати води трохи зменшуються. В той же час взимку обсяги виробництва зменшуються в декілька разів, а в січні виробництво зовсім зупиняється.

На рисунку 1.5 зображено питомі витрати електроенергії та води на виробництво бетонних виробів.

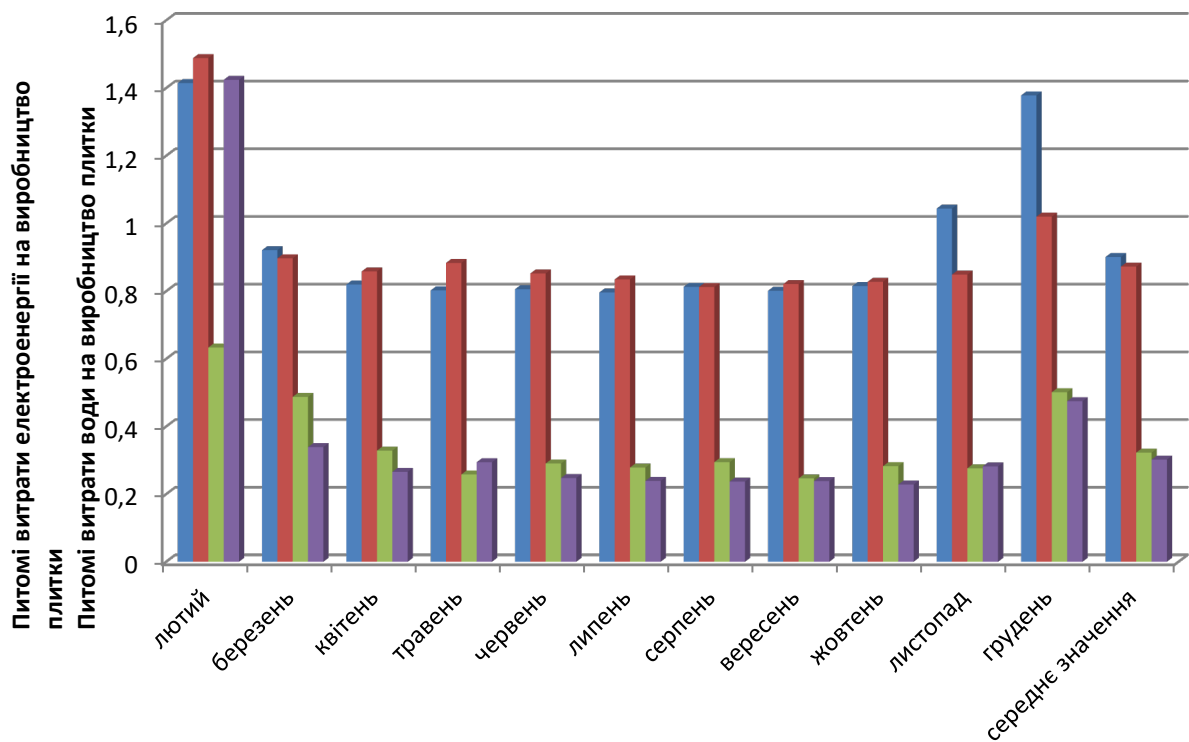


Рисунок 1.5 – Питомі витрати води та електроенергії для виробництва бетонних виробів

Тому шляхом впровадження енергозберігаючих заходів у даному дипломному проекті пропонується не тільки зменшити витрати електроенергії на виготовлення та сушіння бетонних виробів у холодну пору року, а ще й забезпечити можливість беззупинного виробництва.

1.3 Пропозиції щодо підвищення енергоефективності цеху з виробництва бетонних виробів

Провівши аналіз енергоспоживання цеху можна виділити два наступних способи підвищення його енергоефективності:

1) Теплоізоляція огорожувальної конструкції:

- переваги такого методу в тому, що виробництво продукції можна буде організувати впродовж усього року;

- недоліком є високі витрати на проведення даного заходу, а також вимоги до температурних показників навколишнього середовища (для нормального процесу сушіння продукції необхідна температура навколишнього середовища близько 20°C)

2) Будівництво усередині цеху сушильної камери для продукції.

- перевагами такого методу є менші витрати, регулювання в камері оптимальних температур для сушіння виробів, а також можливість установки усередині камери теплового джерела, що призведе до додаткового зменшення часу сушіння виробів;

- недоліком є неможливість технологічного процесу коли температура усередині цеху буде менше 5°C.

1.3.1 Варіанти теплоізоляції

Найпростіший та найвірніший спосіб утеплити будівлю - грамотна теплоізоляція стін. При утепленні будинку з зовнішнього боку використовуються різні теплоізоляційні матеріали. Всі вони повинні бути добре захищені від несприятливого впливу дощу, снігу, інсоляції та інших атмосферних впливів.

При утепленні стін, що мають продовгуваті стики, теплоізоляція повинна бути встановлена таким чином, щоб існуючий шов двох елементів стіни не збігався із стиками плит утеплювача. Порівняльна характеристика різних матеріалів по теплозахисту приведена на рисунку 1.6



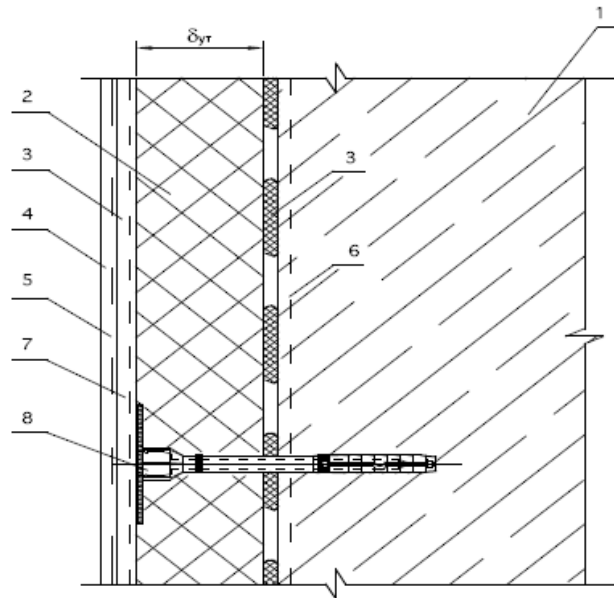
Рисунок 1.6 – Порівняння по теплозахисту різних матеріалів

Теплоізоляцію будівель можна проводити декількома способами:

- метод «скріпленої теплоізоляції». Суть системи скріпленої теплоізоляції полягає в закріпленні на поверхні стіни шару утеплювача – використовуються плити як органічні (пінополістирол), так і мінеральні (базальтові). Важливою особливістю такої системи теплоізоляції є закріплення плит комбінованим способом – це клей плюс спеціальні дюбелі. Плити закріплюються таким чином, що між ними практично відсутні стики, за рахунок чого створюється суцільна й рівномірна теплоізоляційна оболонка без «містків холоду». Конструктивна схема наведена на рисунку 1.7.

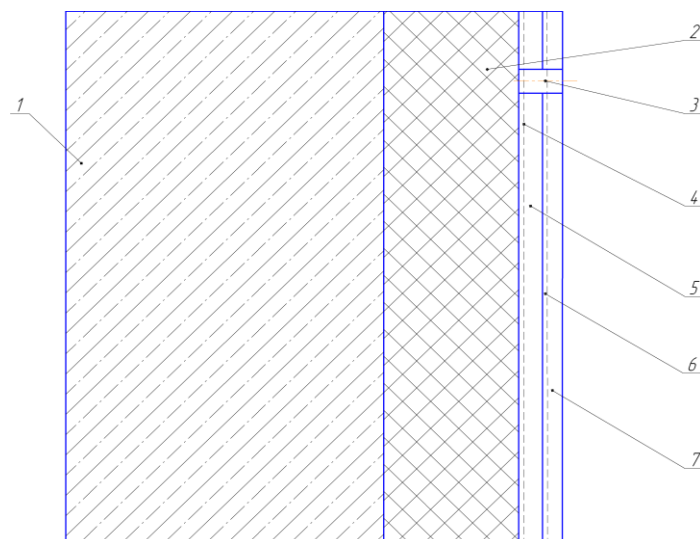
- застосування піноізола. Піноізол пористий полімерний матеріал білого кольору, застосовуваний для теплової й звукової ізоляції. Це рідкий пінопласт, який виробляється на спеціальній установці прямо на будівельному майданчику й накачується в пустотілі конструкції або заливається в підготовлену опалубку. Він має високі теплоізоляційні властивості (коефіцієнт теплопровідності від 0,035 – 0,047 Вт/м²). З низької щільності (5-35 кг/м³). Великою опірністю вогню,

стійкість до дії мікроорганізмів, доступністю, дешевиною. Плита піноізола товщиною 50 мм с твердим зовнішнім облицюванням по теплопровідності відповідає 900-1000 мм цегляної кладки. Конструктивна схема наведена на рисунку 1.8.



1 – несуча стіна; 2 – плита теплоізоляційна з пінополістиролу; 3 – клейовий состав для приклейки плит теплоізоляції; 4 – штукатурка; 5,6 – ґрунтовка; 7 – армуюча склосітка (ґніздо 5x5, 160 г/м²); 8 – дюбель

Рисунок 1.7 – Конструктивна схема застосування пінополістиролу



1 – несуча стіна; 2 – плита теплоізоляційна з піноізолу; 3 – отвір для закачки піноізолу; 4 – ґрунтовка; 5 – лист гіпсокартону; 6 – армуюча склосітка (ґніздо 5x5, 160 г/м²), 7 – штукатурка

Рисунок 1.8 – Конструктивна схема застосування піноізола

Технічні характеристики пінополістірола та піноізола наведені в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Технічні дані пінополістірола та піноізола

Показник	Одиниця виміру	Значення	
		Пінополістірол	Піноізол
1	2	3	4
Щільність	кг/м ³	25-35	10-35
Теплопровідність	(Вт/м) · °С	0,033	0,036-0,038
Межа міцності при стиску (при 10-процентній лінійній деформації)	кг/см ²	0,16	0,07-0,5
при вигині	кг/см ²	0,25	0,10-0,25
Лінійна усадка (при технології «рідкий пінопласт»)	%	-	3
Вологість (по масі)	%	1,5-3,5	5,0-14,5
Паропроникність	г/(м ²)	-	0,21–0,24
Діапазон робочих температур	С°	-	від -50 до +120
Тривалість самостійного горіння	сек	0	0
Строк експлуатації	років	не менше 25	не менше 50

1.3.2 Характеристика джерел енергії

Джерелом теплоенергії для даного об'єкта буде служити електрокотел, тип і потужність якого будуть обрані й розраховані в наступних розділах.

Електрокотел - досить простий пристрій. Основними його елементами є теплообмінник, що складається з ємності з укріпленими в ньому електронагрівниками (тенами), а також блоку керування й регулювання. Електрокотел конструктивно набагато простіше, чим рідкопаливний. Він не має потреби в постійному обслуговуванні й чищенню, обов'язкових для рідкопаливного котла. Використання електрокотлів знімає ряд проблем, пов'язаних з капітальними витратами при використанні газових, твердопаливних і рідинних котлів, що припускають прокладку комунікацій, будівництво сховищ, під'їзних колій, окремих приміщень із приточно-витяжною вентиляцією, узгодження документації і т.д.

Також до основних переваг електричного опалення відносяться краща керованість і високий ступінь автоматизації процесу виробництва теплоти; відсутність продуктів згоряння й забруднення атмосфери, висока транспортабельність електроенергії, що дозволяє відмовитися від будівництва теплових мереж і внутрішньобудинкових трубопроводів систем опалення; простота й швидкість монтажу електропроводки до опалювальних приладів; простота транспортування легких опалювальних приладів; дуже високий КПД (до 100%).

При використанні електрики для опалення приміщень головне завдання для споживача - здешевлення експлуатаційних витрат при збереженні комфортних умов у приміщенні. Цього можна досягти двома законними способами: використання багатотарифних лічильників (споживання більш дешевої "нічної" електроенергії) і застосування програматорів, які дозволяють заощадити до 30% електроенергії в результаті підтримування оптимальної температури в приміщенні.

1.3.3 Підвищення надійності енергопостачання

Ще однією пропозицією по підвищенню енергоефективності цеху є установка автономного джерела живлення – дизельгенератора.

Дизель-генератор (дизельна електростанція) – джерело електропостачання, що представляє собою установку, яка перетворить механічну енергію обертання дизельного двигуна внутрішнього згорання в електричну енергію, вироблювану генератором змінного струму (альтернатором). Зовнішній вигляд дизель-генераторної установки зображено на рисунку 1.8.

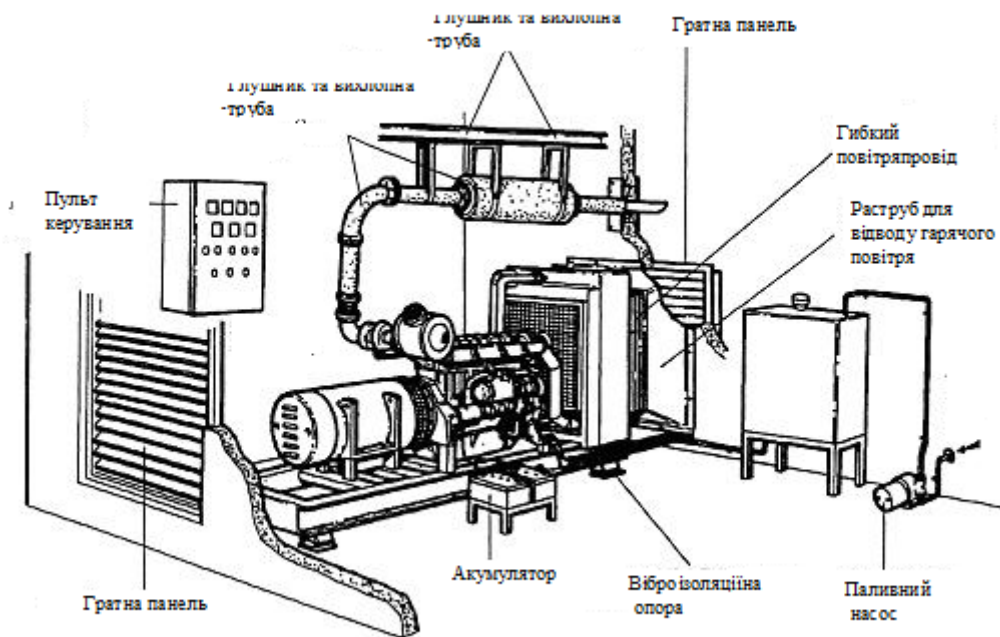


Рисунок 1.8 – Схема-рисунок дизель-генераторної установки

Вибір даного енергозберігаючого заходу обумовлений відключеннями електроенергії:

- плановими, для ремонту та технічного огляду електромереж енергопостачальною компанією (2 рази на місяць по 6 годин);
- неплановими, аварійні ситуації (2-4 рази на місяць по 8 годин).

Відключення електроенергії призводить до зупинки технологічного процесу і як наслідок недовипуск продукції, а це в свою чергу призводить до

матеріальних збитків. Величина матеріальних збитків по роках вказана в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Величина матеріальних збитків від відключень електроенергії.

Рік	Кількість відключень	Кількість недовипущеної плитки, м ²	Дохід з одного м ² , грн./м ²	Збитки, грн.
2018	21	3290,896656	14,80	48705,27
2019	24	3581,72826	17,05	61068,46

Принцип роботи.

Енергія розширення газів, що утворюються при згорянні запаленого від стиску палива, у дизельному двигуні внутрішнього згорання перетворюється за допомогою кривошипно-шатунного механізму в механічну енергію обертання коленвала. Ротор електрогенератора, що приводиться в рух від двигуна, , обертаючись, збуджує електромагнітне поле, що створює індукційний змінний струм в обмотці генератора, який подається на вихід – споживачеві.

Основні компоненти

До основних складових дизельної електростанції відносяться:

- дизельний двигун з підсистемами його життєзабезпечення(подача палива, повітря, охолодження);
- синхронний або асинхронний генератор змінного струму (альтернатор);
- система автоматичного керування, моніторинга та контролю дизель генератора;
- рама (тент-каркас, кожух, контейнер) на котру кріпиться усе обладнання, і яке може виконувати додаткові функції (захист від навколишнього середовища, шумопогашення і т. і.).

Двигуни, що застосовуються у дизель-генераторах.

У порівнянні, наприклад, з бензиновими генераторами, використання дизельних двигунів у складі дизель генераторів має ряд переваг: менша вартість

і витрата палива (тобто більш висока продуктивність), більший ресурс, відносно більш висока пожежобезпека. Ці фактори особливо важливі у випадку довгочасного застосування дизельної електростанції в якості основного автономного джерела електропостачання, а також при частому й тривалому підключенні її в якості резервного джерела. Генератори змінного струму, називають також альтернаторами, призначені для перетворення за допомогою електромагнітної індукції механічної енергії обертання в електричну. Розрізняють синхронні й асинхронні генератори. Дизель генератори можуть бути однофазні або трифазні. Вибір однофазної або трифазної установки залежить від фазності споживачів і рівномірності розподілу навантаження між ними. У трифазних дизель генераторах перекіс навантаження між фазами звичайно не повинен перевищувати 25 %.

Застосування дизель-генераторів.

Дизель генератори (дизельні електростанції) широко використовуються в якості автономних джерел основного або резервного електропостачання. Основним джерелом дизель генератор є у випадку повної відсутності централізованої мережі енергопостачання, а резервним – у випадках наявності централізованої мережі, що функціонує зі збоями в роботі . І в тому й в іншому випадках головне завдання дизельних електростанцій – забезпечити безперебійну подачу електроенергії споживачеві.

2 МОДЕЛІ ВИЯВЛЕННЯ ТА ЗМЕНШЕННЯ ВТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА ПІДСТАНЦІЇ

2.1 Проблема втрати електроенергії в мережах

Передача електроенергії від електростанції до споживачів – одне з найважливіших завдань енергетики. Електроенергія передається переважно по повітрю, лініями електропередач змінного струму, незважаючи до тенденцій все більшого використання кабельних ліній і ліній постійного струму. Необхідність передачі електроенергії на відстань обумовлена тим, що електроенергія виробляється великими електростанціями з потужними агрегатами, натомість споживається порівняно малопотужними електроприймачами, розташованими на значній території.

Тенденція до концентрації потужностей пояснюється тим, що з їх зростанням знижуються відносні витрати на спорудження електростанцій і зменшується вартість електроенергії, що виробляється. Розміщення потужних електростанцій відбувається з урахуванням низки чинників, таких, як наявність енергоресурсів, їхній вигляд, запаси і можливості транспортування, природні умови, можливість роботи у складі єдиної енергосистеми. Часто такі електростанції опиняються істотно віддаленими від основних центрів вжитку електроенергії. Від ефективності передачі на відстань залежить робота єдиних електроенергетичних систем, що охоплюють великі території [7].

Витрати енергопостачальних компаній складаються з вартості купованої енергії, витрат операційної діяльності і фінансових витрат. До витрат операційної діяльності зараховують виробничу собівартість електричної енергії (собівартість її передавання та постачання), технологічні втрати електроенергії, адміністративні витрати та інші операційні витрати, які не пов'язані безпосередньо з виробництвом електричної енергії, її передаванням та постачанням. Виробнича собівартість передавання і постачання електричної енергії, складаються з прямих матеріальних витрат

(витрат на паливо, воду, енергію, допоміжні матеріали, запасні частини), заробітної плати, відрахувань на соціальні заходи, амортизації основних засобів, втрат електричної енергії тощо (рисунок 2.1) [8]. Оскільки складова вартості технологічних витрат має порівняно велику питому вагу, вони виділені в окрему статтю витрат.

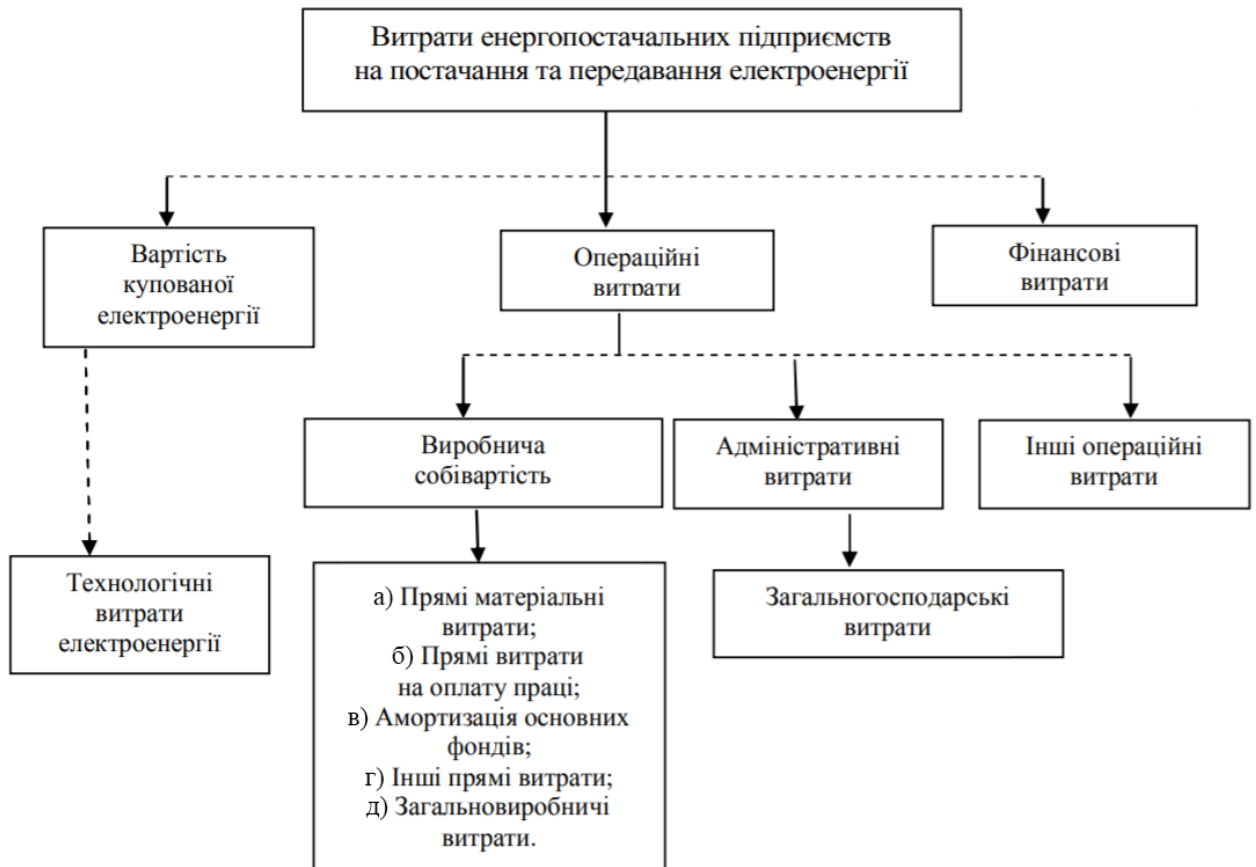


Рисунок 2.1 - Склад витрат діяльності електроенергетичних компаній

Під час передачі електричної енергії в кожному елементі електричної мережі виникають втрати. Економіка визначає втрати як частину електроенергії, на яку її зареєстрований корисний відпуск споживачам виявився меншим від електроенергії, виробленої на своїх електростанціях і закупленої в інших її виробників.

Для вивчення складових втрат у різних елементах мережі та оцінки необхідності проведення того чи іншого заходу, спрямованого на зниження втрат, виконується аналіз структури втрат електроенергії.

Втрати електроенергії в електричних мережах стали одним з важливих показників економічності роботи енергопостачальних компаній, характерним показником технічного стану електромереж, метрологічної відповідності розрахункових засобів вимірювальної техніки, ефективності функціонування енергетичного нагляду та збутової діяльності в електроенергетичній галузі [9].

Під час аналізу втрат електроенергії прийнято класифікувати їх за такими двома критеріями, як клас напруги електричної мережі та причини їхнього виникнення.

За першим критерієм розрізняють:

- а) втрати електроенергії в магістральних мережах 750-220 кВ;
- б) втрати електроенергії в замкнених мережах 110-150 кВ;
- в) втрати електроенергії в розімкнених мережах 150-35 кВ;
- г) втрати електроенергії в розподільних мережах 10(6) кВ;
- д) втрати електроенергії в мережах 0,38 кВ.

За критерієм причин виникнення втрати електроенергії поділяються на технологічні та комерційні втрати.

Технологічні втрати електроенергії в електричних мережах – це кількість електроенергії, яка дорівнює сумі втрат електроенергії в елементах електричних мереж, що виникають у них під час передачі електроенергії, витрат електроенергії на власні потреби підстанцій і розподільчих пунктів, витрати електроенергії на плавлення ожеледі та втрати, що виникають як результат недосконалості обліку електроенергії технічними засобами [8]. Отже, технологічні втрати електроенергії складаються з технічних, витрат на власні потреби та втрат, зумовлених недообліком електроенергії.

Поділ втрат на складові можна проводити за різними критеріями: характером втрат (постійні, змінні), класами напруги, групами елементів, виробничим підрозділами тощо. Враховуючи фізичну природу і специфіку методів визначення кількісних значень фактичних втрат, вони можуть бути розділені на чотири складові:

а) технічні втрати електроенергії, зумовлені фізичними процесами в проводах і електрообладнанні, що відбуваються під час передачі електроенергії по електричних мережах;

б) витрата електроенергії на власні потреби підстанцій, необхідні для забезпечення роботи технологічного обладнання підстанцій та життєдіяльності обслуговуючого персоналу, яка визначається за показами лічильників, встановлених на трансформаторах власних потреб підстанцій;

в) втрати електроенергії, зумовлені інструментальними похибками їхнього вимірювання (інструментальні втрати);

г) комерційні втрати, зумовлені розкраданнями електроенергії, невідповідністю показань лічильників оплаті за електроенергію побутовими споживачами та іншими причинами в сфері організації контролю за споживанням енергії [9].

На рисунку 2.2 представлено структуру втрат електроенергії в мережах.



Рисунок 2.2 - Структура втрат електроенергії в мережах

Найперспективнішим рішенням проблеми зниження комерційних втрат електроенергії є розроблення, створення і широке застосування

автоматизованих систем контролю і комерційного обліку електроенергії, щільна інтеграція цих систем з програмним і технічним забезпеченням автоматизованих систем диспетчерського керування з використанням надійних каналів зв'язку і передавання інформації.

Вирішення проблеми зменшення втрат електроенергії складається з шести етапів: збирання необхідної інформації; розрахунок втрат як показника роботи енергопостачальної компанії та перевірка достовірності цих розрахунків; виявлення місць з підвищеним значенням втрат електроенергії; вибір ефективних заходів щодо їх зниження та проведення ретроспективного аналізу роботи енергосистем щодо ефективності впроваджуваних ними заходів; прогнозування втрат в енергосистемі [10].

2.2 Сутність системи виявлення та зменшення втрат на основі альтернативних рішень

На сьогоднішній день склалися несприятливі умови, які загрожують надійному та сталому функціонуванню системи електрозабезпечення. Застарілі, не модернізовані електричні мережі всіх класів напруги, призводять до втрат електроенергії при передаванні. Зростання кількості об'єктів, які відпрацювали свій технічний ресурс, призводить до погіршення показників надійності мереж підприємства. На основі цього можна запропонувати сформуванню системи рішень, які дали б змогу вирішити проблеми, що склалися у енергопостачальних підприємств.

На рисунку 2.3 зображено альтернативні рішення зі зменшення втрат на підстанції цеху.

Втрати електроенергії в мережах є складовою операційних витрат підприємства, тому прийняття рішень щодо їх зменшення має принциповий характер. Кожен вид рішень має свою особливість та важливість прийняття. Рішення пов'язані зі зниженням втрат, удосконалення технічного обслуговування електричних мереж, передбачено зниження витрат

електроенергії на власні потреби підстанцій, скорочення тривалості технічного обслуговування і ремонту основного устаткування електричних мереж і електростанцій, а також виконання робіт під напругою [11].

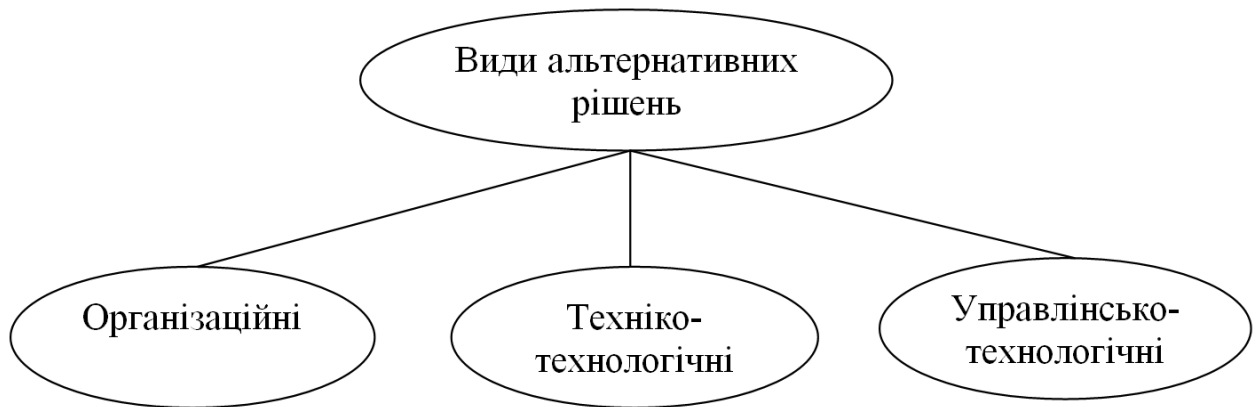


Рисунок 2.3 - Види альтернативних рішень щодо зменшення втрат електроенергії на підстанції

Оцінку можливостей щодо зменшення фактичних втрат електроенергії на власні потреби необхідно проводити для кожної підстанції окремо, враховуючи при цьому специфіку енергетичного об'єкту, плани його реконструкції, технічного переоснащення та заходи, передбачені планами ремонтно-технічного обслуговування [12].

До основних заходів, направлених на зменшення споживання електроенергії власних потреб можна віднести:

- а) використання для освітлення енергозберігаючих ламп;
- б) заміна застарілих енергозатратних систем електричного опалення на сучасні та впровадження пристроїв регулювання температури окремо для кожного приміщення, комірок, шаф зовнішнього розташування;
- в) оптимізація схем власних та господарських потреб, в першу чергу підстанцій, а також постійний контроль за обігрівом та охолодженням силового обладнання;
- г) виведення з роботи компресорного господарства після заміни повітряних вимикачів;

д) відключення в холодний резерв незадіяного обладнання зв'язку та телемеханіки;

е) дієвий контроль за використанням електроенергії на господарські потреби.

Робота електроенергетичної галузі висуває підвищені вимоги до систем обліку електроенергії: рівня їх автоматизації, точності, надійності. Основна мета удосконалення системи обліку – створення можливості отримання достовірного балансу виробництва, передачі, розподілення та споживання електричної потужності та енергії як на окремому споживачу електроенергії, так і в державі в цілому [11].

Усі рішення мають бути взаємопов'язаними між собою, тобто практично завжди необхідним є загальносистемний підхід до вибору цих рішень. Як наслідок, в роботі пропонується створити систему альтернативних рішень, щоб досягти бажаного результату. Як і кожна система, так і система альтернативних рішень повинна базуватись на своїх властивостях, які об'єднують ці рішення в цілісну систему (рисунок 2.4).

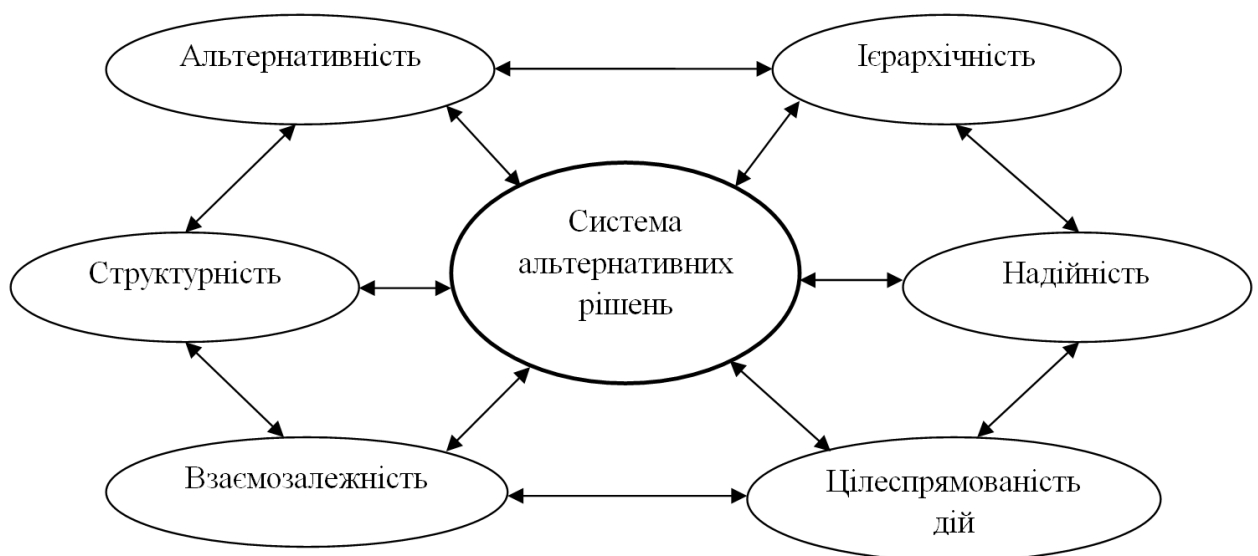


Рисунок 2.4 - Принципи побудови системи альтернативних рішень

Отже, щоб прийняти рішення щодо зменшення втрат електроенергії на енергопостачальних підприємствах, нами запропоновано використати

систему альтернативних рішень. В свою чергу ця система базується на принципах, які забезпечують її ефективне функціонування.

Структурність – кожне рішення має свою структуру, яке характеризує організованість системи альтернативних рішень на енергопостачальних підприємствах. Структурність зв'язків даної системи є відносно незалежною, тобто рішення можуть прийматися як цілісно, так і поодиноці [11].

Надійність – при виявленні порушення одного компонента функціонування системи альтернативних рішень, негайна заміна на інше рішення зі збереженням кінцевого бажаного результату проекту.

Взаємозалежність – рішення пов'язані між собою, а також із зовнішнім середовищем, що дасть можливість більш точно оцінити ситуацію та обрати правильне альтернативне рішення.

Ієрархічність – в системі альтернативних рішень на енергопостачальних підприємствах ставиться план першочергового прийняття рішень та наступних з меншою вагомістю.

Цілеспрямованість дій – діяльність системи альтернативних рішень на енергопостачальних підприємствах підпорядкована одній цілі – зменшення втрат електроенергії.

Альтернативність – кожен елемент системи може розглядатися, як окрема система рішень для виконання поставлених цілей.

Найбільший вплив на вибір рішення, забезпечують критерії, які дають можливість оцінити перспективність даного вибору, та поставлені обмеження при яких буде формуватися економіко-математична модель для зменшення втрат електроенергії. Дана система базується на альтернативних рішеннях щодо зменшення втрат електроенергії при транспортуванні. Робота щодо зниження технологічних втрат електроенергії повинна носити плановий характер і відповідати вимогам порядку формування інвестиційних програм ліцензіатів з передачі та постачання електричної енергії [11].

Розробляючи плани заходів щодо зниження втрат електроенергії при її передаванні використовують різні методи:

а) нормативний метод планування, який використовує системи норм та нормативів технологічних втрат електроенергії;

б) балансовий метод планування, який полягає у складанні балансів електроенергії за суб'єктами енергетики в цілому, їх структурними підрозділами та енергетичними об'єктами;

в) метод планування технологічних втрат електроенергії за техніко-економічними показниками, який враховує впровадження нової техніки та технологій, нове будівництво, реконструкцію та технічне переоснащення електричних мереж і супутній економічний ефект [11].

Розробляючи плани зниження технологічних втрат електроенергії потрібно керуватися особливостями представленими у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Особливості розробки планів зниження технологічних втрат електроенергії

Особливості	Зміст особливостей
Неперервність планування	Розробляються короткострокові (на термін до року) та довгострокові (на термін понад один рік) плани заходів щодо зниження технологічних втрат електроенергії
Спрямованість дій	Доцільне використання всіх ресурсів та підвищення ефективності виробництва
Інноваційність	Планування здійснюється на інноваційній основі
Пріоритетність реалізації заходів	Вибір та виконання в першу чергу заходів, які є найбільш ефективними
Взаємна ув'язка і координація суб'єктів електроенергетики	В плануванні мають бути задіяні всі структурні підрозділи суб'єкта електроенергетики для забезпечення збалансованої роботи

Для вибору заходів, особливо пов'язаних зі зміною схеми електричної мережі, потрібно застосовувати методи характерних режимів, характерної доби, головних компонентів, гармонік, що домінують тощо, у яких втрати електроенергії розраховуються за навантаженнями вузлів поза залежністю від перетікань у відгалуженнях. Якщо існують важко передбачувані, а тим

більше реверсні перетікання потужності, потрібно під час вибору заходів визначати характерні для даної електричної мережі втрати електроенергії і за можливості вже за ними вибирати заходи щодо їхнього зниження [13].

Розрахунки технологічних втрат електроенергії на підприємствах виконують за різними даними, такими як, ретроспективні дані, оперативні дані, які отримують за допомогою телевимірювань, та за даними прогнозованими на перспективу – рік і більше.

Ретроспективні розрахунки на підприємствах виконують для визначення структури технологічних втрат електроенергії за групами елементів електричної мережі та визначення втрат електроенергії, виявлення елементів (груп елементів) з підвищеними технологічними втратами електроенергії і розроблення заходів щодо їх зниження. Також ці розрахунки використовують для визначення фактичної ефективності впроваджених заходів щодо зниження технологічних втрат електроенергії, складання балансів електроенергії за суб'єктами енергетики в цілому, їх структурними підрозділами і енергетичними об'єктами та для розроблення заходів щодо зведення небалансів до допустимих значень та визначення техніко-економічних показників суб'єктів енергетики [13].

Оперативні розрахунки дають змогу контролювати поточні значення технологічних втрат електроенергії та їх зміни в часі і оперативно коригувати режими, також схеми електричних мереж з метою мінімізації технологічних втрат електроенергії. Перспективні розрахунки виконують функцію визначення очікуваних технологічних витрат електроенергії на наступний і подальші роки та розрахунку очікуваної ефективності планованих заходів щодо зниження технологічних втрат.

Рівень втрат енергії залежить від різних факторів. З однієї сторони, це особливості устаткування, що експлуатується, з іншої – це особливості процесу передавання електроенергії. Звідси впливає можливість складання поетапної послідовності до визначення втрат електричної енергії на підприємствах.

У разі оцінювання ефективності втрат на реалізацію заходів щодо зниження втрат електроенергії розглядають заходи двох видів:

а) заходи, експлуатаційні витрати, техніко-економічні показники діяльності підприємства та капітальні вкладення в які змінюються за роками розрахункового періоду;

б) заходи з одноразовими витратами, а експлуатаційні витрати і техніко-економічні показники діяльності підприємства, є стабільними протягом терміну окупності, який не перевищує одного року [14].

Методи реалізації системи альтернативних рішень щодо зниження втрат представлені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Методи реалізації системи альтернативних рішень щодо зниження втрат електроенергії на підстанції

Вид методу	Зміст методу	Економічний ефект методу
1	2	3
Оптимізація місць розмикання ліній напругою 6-35 кВ із двостороннім живленням	Оптимізацію місць розмикання ліній 6-35 кВ здійснюють на основі перебирання точок можливого розмикання електричної мережі з оцінюванням зміни втрат електроенергії як в електричній мережі 6-35 кВ, яка розмикається, так і в живильних електричних мережах 110-220 кВ, що відбувається внаслідок перенесення навантаження з однієї вузлової ПС на іншу. Захід є одним з найбільш ефективних організаційних заходів зниження технологічних втрат електроенергії в електричних мережах	Зменшення технологічних втрат
Вимкнення трансформаторів у режимах малих навантажень на підстанціях із двома і більше трансформаторами	Захід виконують у разі, якщо зменшення втрат неробочого ходу перевищує збільшення навантажувальних втрат, що відбувається при цьому	Збільшення терміну використання устаткування

Продовження таблиці 2.2

1	2	3
Оптимізація ведення режимів роботи основної електричної мережі за напругою	Ведення оптимальних режимів диспетчер може здійснювати відповідно до графіка регулювання, складеного на підставі попередньо проведених прогнозних розрахунків (керування в режимі offline) або в темпі процесу (online) на основі даних, що надходять від системи телевимірювання. Ведення оптимальних режимів у темпі процесу є набагато ефективнішим, тому що використовуються фактичні, а не прогнозні дані про режим	Скорочення затрат часу
Переведення генератора електростанції у режим синхронного компенсатора	Доцільність такого переведення визначають на основі порівняння зниження втрат електроенергії в електричній мережі за рахунок використання цього джерела і витрат електроенергії на його роботу	Відносне зменшення втрат
Оптимізація розподілу навантаження між підстанціями основної електромережі напругою 110 кВ і вище	Зазвичай здійснюють на основі варіантних розрахунків, за сезонних змін навантаження його виконують не менш двох разів на рік	Фактичне зменшення втрат
Рекомендації з вирівнювання добових графіків навантаження споживачів електроенергії	Даний захід пов'язано зі зменшенням складової втрат електроенергії, що залежить від форми графіків навантажень	Економічність розроблення графіків навантажень

Під час розрахунку ефективності заходів зі зниження втрат, так само як і інших заходів щодо регулювання та економії електроенергії на підприємствах, необхідно враховувати системний ефект при зниженні втрат у електричних мережах суб'єкта енергетики. Так, наприклад, під час аналізу питання про оптимальну кількість трансформаторів у різних режимах роботи

підприємства необхідно враховувати зміну втрат не тільки в цих трансформаторах, але й в електричних мережах суб'єкта енергетики з урахуванням того, що увімкнення-вимкнення трансформатора призводить до зміни як активних, так і реактивних втрат. У разі оптимізації кількості трансформаторів необхідно розраховувати зниження втрат як активної, так і реактивної потужностей і потім визначати результуючий ефект з урахуванням зміни втрат в електричних мережах суб'єкта енергетики. Вибір заходів є ітераційним процесом, при цьому впровадження одних заходів впливає на інші. Цей процес закінчується тоді, коли послідовний вибір даних заходів сприятиме тому, що зміна втрат електроенергії буде дорівнювати нулю. Тому завжди має переважати загальносистемний, комплексний підхід до вибору заходів. Для обліку впливу зміни навантаження чи втрат в електричних мережах споживачів на втрати в електричних мережах суб'єкта енергетики рекомендовано використовувати узагальнені коефіцієнти приросту втрат активної потужності в електричних мережах суб'єкта енергетики в разі зміни активного і реактивного навантажень в електричних мережах споживачів [14].

Коефіцієнт втрат активної потужності K_n , в разі зміни активного навантаження в електричних мережах споживачів – це відношення зміни втрат в електричних мережах суб'єкта енергетики до зміни активного навантаження в електричних мережах споживачів. Наприклад, $K_n = 0,1$ означає, що в разі зменшення навантаження в електричній мережі споживача на 1 кВт втрати в електричних мережах суб'єкта енергетики зменшуються на 0,1 кВт. Коефіцієнт приросту втрат активної потужності до зміни реактивного навантаження називається економічним еквівалентом реактивної потужності K_p . Він характеризує зміни втрат активної потужності в електричних мережах суб'єкта енергетики в разі зміни реактивного навантаження в електричних мережах споживачів. Якщо $K_p = 0,05$, то це означає, що в разі збільшення реактивного навантаження в електричній

мережі підприємства на 100 квар втрати в електричних мережах суб'єкта енергетики збільшуються на 5 кВт.

У разі збільшення потужності конденсаторної батареї на 100 квар – втрати потужності в електричних мережах суб'єкта енергетики зменшуються на 5 кВт. Якщо зміни перетікань реактивної потужності, викликані зміною реактивного навантаження електричної мережі підприємства, спрямовано протилежно до похідного перетікання реактивної потужності, величина K_p приймає негативні значення. У цьому разі збільшення реактивного навантаження призведе до зменшення втрат в електричних мережах [14].

Енергопостачальні підприємства плануючи свою діяльність ставлять перед собою цілі, досягнення яких можливе внаслідок дій, які будуть виконуватися в певній послідовності. Найбільш складним етапом є прийняття правильного рішення, яке дасть найкращий результат. Рішення лише тоді принесе користь, коли буде націлене на ефективне використання ресурсів енергетичного підприємства і може бути ним реалізоване [11].

2.3 Висновки до розділу 2

Сформувавши систему альтернативних рішень для зменшення втрат електроенергії на енергопостачальних підприємствах, ми маємо можливість вирішити поставлені перед підприємством ПрАТ «ФЕМ» проблеми пов'язані із втратами електроенергії при її передаванні. Кожен етап прийняття рішення щодо уникнення втрат електроенергії при транспортуванні вимагає глибокого декомпонування та аналізування, оскільки це є комплексним процесом. Створивши порядок прийняття рішень щодо зменшення втрат електроенергії, можна сказати, як саме приймаються рішення та хто і що на них впливає. Ціль ухвалення рішення – зробити кращий вибір з декількох наявних можливостей, щоб домогтися визначеного результату.

3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАХОДІВ З ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ЕЛЕКТРИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ЦЕХУ

3.1 Пріоритетні завдання в цеху

Для забезпечення раціонального і економного використання енергії у виробництві цеху ПрАТ «ФЕМ» розробляються плани організаційно-технічних заходів по середньому зниженню питомих норм витрат електроенергії.

Передбачаються заходи щодо зниження витрат електроенергії за рахунок вдосконалення технологічних процесів виробництва, впровадження нової техніки, підвищення продуктивності діючого устаткування, вдосконалення способів виробництва і прийомів роботи, автоматизації [15].

При обстеженні шляхом ознайомлення з документацією, звітами, даними випробувань і вимірів, шляхом огляду технологічних і електричних установок перевіряються: планові і фактичні енергобаланси об'єкта; стан нормування витрат електроенергії; облік електроенергії; розробка планів організаційно-технічних заходів щодо економії електроенергії та їх виконання; робота по компенсації реактивної потужності; стан організаційно-масової роботи, спрямованої на економію електроенергії; виконання встановлених планів споживання електроенергії; робота з регулювання навантаження об'єкта в години максимуму енергосистеми [16].

Втрати електроенергії, усунення яких можливо і економічно доцільно, можна розділити на:

а) втрати, викликані незадовільною експлуатацією обладнання та інженерних мереж;

б) втрати, викликані конструктивними недоліками обладнання, неправильним вибором технологічного режиму роботи, відставанням розвитку інженерних мереж тощо.

До втрат, викликаних незадовільною експлуатацією обладнання та інженерних мереж, відносяться:

а) нераціональне використання освітлювальних установок;

б) неповне завантаження технологічного обладнання, непланові простої, несправність обладнання; технологічні порушення, що спричиняють неробочий хід і нераціональне використання агрегатів; відсутність технологічних карт, що визначають оптимальний режим роботи обладнання; погана організація робочих місць;

в) наднормативні втрати електроенергії в електрообладнанні і мережах: наявність електродвигунів завищеною потужності; холостий хід зварювальних трансформаторів, технологічного обладнання; відсутність або недостатня компенсація реактивної потужності; робота мережевих трансформаторів у вихідні дні та години нічних провалів навантаження [15].

При аналізі планового і фактичного енергобалансу визначається електроспоживання в цілому по об'єкту (в тому числі на технологічні, технічні та допоміжні споживачі) [16].

При розробці плану організаційно-технічних заходів з економії енергоресурсів, заходи з усунення та скорочення втрат енергоресурсів повинні бути поділені на:

а) організаційні заходи, що здійснюються без додаткових витрат;

б) заходи поточного порядку, які здійснюються за рахунок коштів підприємства або кредитів банку;

в) заходи реконструкційного порядку.

Складання, розробка і здійснення планів організаційно-технічних заходів щодо економії електроенергії мають велике організуюче значення, є необхідними формами планомірного і ефективного використання непродуктивних витрат і резервів економії на кожному виробництві.

План організаційно-технічних заходів повинен включати заходи з раціонального електроспоживання; впровадження більш досконалих технологічних процесів і обладнання, що вимагають менших питомих енерговитрат; боротьбу з втратами електроенергії в усіх ланках електроспоживання підприємства [15].

Контроль за роботою по компенсації реактивної потужності має на меті забезпечити точне виконання заданого енергосистемою режиму роботи об'єкта. Забезпечує зниження втрат електроенергії в розподільних мережах об'єкта і енергосистеми. При цьому забезпечуються оптимальні рівні напруги у споживачів, що в свою чергу підтримує оптимальний режим роботи технологічного обладнання, знижує питомі витрати енергії на продукцію, що випускається. Таким чином, компенсація реактивної потужності є одним із ефективних заходів економії електроенергії.

Зниження навантаження об'єкта в години максимуму енергосистеми забезпечує отримання значного економічного ефекту як на самому об'єкті, так і в енергосистемі за рахунок зниження втрат електроенергії в мережах, зниження основної плати за електроенергію, створення сприятливого режиму роботи енергосистеми в найбільш напружений період доби [16].

По кожному заходу, що включається в план, необхідно виробляти визначення його економічної ефективності. Для аналізу результатів використання електроенергії за звітний період і встановлених підприємству питомих норм витрат електроенергії важливе значення має правильне складання звітів про виконання організаційно-технічних заходів.

Більш точне визначення фактично отриманої економії енергії може бути підраховано обліковими приладами. У тому випадку, коли установка або цех або окремий агрегат не має самостійного обліку, отримана економія визначається за розрахунком виходячи з термінів впровадження заходів і фактично виконаного обсягу робіт [15].

Для скорочення втрат електроенергії в силових установках передбачається: виявлення слабо завантажених силових трансформаторів, асинхронних електродвигунів і їх заміна; виявлення та усунення перевантаження ділянок кабельних і повітряних ліній, а також несиметрії навантаження фаз; усунення коливань і невідповідності нормам напруги, що підводиться до електроприймачів; здійснення заходів щодо компенсації реактивної потужності; аналіз можливості використання частотно-струмових

систем управління і пристроїв плавного пуску; зниження втрат електроенергії за рахунок поліпшення технічного обслуговування і зменшення тертя між обертовими частинами машин і механізмів; заміна застарілого електроустаткування і механізмів більш досконалішими і економічними; проведення перевірок технічного стану електрообладнання та організація його ремонту; технічне навчання обслуговуючого персоналу, спрямоване на вдосконалення експлуатації електрообладнання та максимальне скорочення втрат електроенергії [16].

3.2 Компенсація реактивної потужності

Залежно від виду використовуваного устаткування електричне навантаження підрозділяється на активне, індуктивне і ємнісне. Найчастіше споживач має справу із змішаними активно-індуктивними навантаженнями. Відповідно, з електричної мережі відбувається споживання як активної, так і реактивної енергії.

Активна енергія перетворюється в корисну – механічну, теплову та інші енергії. Реактивна енергія не пов'язана з виконанням корисної роботи, а витрачається на створення електромагнітних полів в електродвигунах, трансформаторах, індукційних печах, зварювальних трансформаторах, дроселях і освітлювальних приладах [17].

Реактивна потужність, яка споживається промисловим підприємством у кожній даній точці мережі, визначається величиною намагнічувальної потужності, яка необхідна для окремих елементів електроустановки, які розташовані за даною точкою в напрямку передачі енергії. Реактивні навантаження підприємств не залишаються незмінними не тільки протягом більш-менш тривалих проміжків часу доби місяця року, але й протягом однієї виробничої зміни. Ці навантаження безупинно змінюються залежно від виробничої програми окремих струмоприймачів, від ступеня їхнього завантаження і відносної тривалості ввімкнення, від коливань напруги в

мережі, від якості обслуговування устаткування експлуатаційним і ремонтним персоналом та від інших факторів [17].

Компенсація реактивної потужності є найдешевшим і ефективним засобом підвищення техніко-економічних показників електропостачання, який зменшує всі види втрат електроенергії.

Реактивна потужність разом з активною потужністю враховується постачальником електроенергії, а отже, підлягає оплаті по тарифах, що діють, тому складає значну частину рахунку за електроенергію.

Найбільш дієвим і ефективним способом зниження споживаної з мережі реактивної потужності є застосування установок компенсації реактивній потужності (конденсаторних батарей, синхронних двигунів і синхронних компенсаторів). За рахунок приєднання до мережі компенсуючого пристрою зменшуються втрати потужності і напруги. На практиці коефіцієнт потужності після компенсації знаходиться в межах від 0,93 до 0,99 [17].

Відносну ефективність зменшення реактивного навантаження в тому чи іншому пункті електричної мережі можна оцінити за допомогою так званого економічного еквівалента реактивної потужності. Економічний еквівалент чисельно дорівнює зменшенню втрат активної потужності в мережах при зменшенні реактивного навантаження на 1 квар.

Основним джерелом реактивної потужності є синхронні генератори електростанцій. Передавання реактивної потужності з енергосистеми до споживачів не є раціональним, оскільки виникають додаткові втрати активної потужності у всіх елементах систем електропостачання, обумовлені завантаженням реактивної потужності, та додатковими втратами в живлячих мережах. Щоб знизити ці втрати, необхідно біля споживачів встановлювати додаткові джерела реактивної потужності, основними серед яких є конденсатори [17].

Конденсатор – це пристрій, який складається з двох провідників, розділених діелектриком. Конденсатор здатний накопичувати електричний

заряд (заряджатися) і віддавати його (розряджатися). Потужність конденсаторів складає від 2 до 100 квар. Конденсатори класифікують за:

- а) номінальною напругою;
- б) родом установки (для зовнішньої і внутрішньої);
- в) типом просочення;
- г) за габаритними розмірами.

Конденсатори з номінальною напругою до 660 В випускаються в однофазному та трифазному виконанні, конденсатори з номінальною напругою понад 1000 В – тільки в однофазному. При трифазному виконанні секції в конденсаторі з'єднані в трикутник [18].

Групу конденсаторів, з'єднаних між собою паралельно або послідовно, або паралельно-послідовно, називають конденсаторною батареєю.

Конденсаторні батареї – простий і надійний статичний пристрій. Їх збирають з окремих конденсаторів, які випускаються на різноманітні потужності і номінальну напругу. Конденсаторна батарея, обладнана комутаційною апаратурою, засобами захисту і управління, утворює конденсаторну установку [18].

Комплектні конденсаторні установки на напругу 380 В виготовляються для внутрішньої установки, а на напругу 6-10 кВ – як для внутрішньої, так і для зовнішньої. Більшість типів сучасних комплектних конденсаторних установок обладнано пристроями для одно- або багатоступінчастого автоматичного регулювання їх потужності, також комплектні конденсаторні установки можуть бути і нерегульованими. При одноступінчастому регулюванні автоматично вмикається і вимикається вся установка. При багатоступінчастому регулюванні автоматично перемикаються окремі секції батарей конденсаторів [19].

Комплектні конденсаторні установки на напругу 380 В виконуються з трифазних конденсаторів, а на напругу 6-10 кВ – з однофазних конденсаторів потужністю 25-75 квар, з'єднаних в трикутник [20].

Комплектна конденсаторна установка складається з шафи вводу і шафи з конденсаторами. В установках на напругу 380 В в шафі вводу встановлюються: пристрій автоматичного регулювання, трансформатори струму, роз'єднувачі, вимірювальні прилади (три амперметра і вольтметр), апаратура управління і сигналізації [20].

Компенсація реактивної потужності за допомогою конденсаторних батарей може бути індивідуальна, групова і централізована.

Індивідуальну компенсацію застосовують на напрузі до 660 В. При цьому конденсаторну батарею наглухо приєднують до затискачів приймача. У цьому випадку від реактивної потужності розвантажується вся мережа системи електропостачання [19].

Групова компенсація – застосовується для випадку компенсації декількох індуктивних навантажень, які розташовані поруч і вмикаються одночасно, під'єднаних до одного розподільного пристрою і які компенсуються однією конденсаторною батареєю [17]. При цьому використання встановленої потужності дещо збільшується, але розподільна мережа від розподільного пункту до приймача залишається навантаженою реактивною потужністю навантаження [19].

При централізованій компенсації конденсаторну батарею приєднують на шини 0,4 кВ цехової підстанції або на шини 6-10 кВ головної знижувальної підстанції. У цьому випадку розвантажуються трансформатори головної знижувальної підстанції і мережа живлення. Використання встановленої потужності конденсаторів при цьому виходить найбільш високою [19]. Для підприємств, які потребують змінної реактивної потужності постійно ввімкнені батареї конденсаторів не прийнятні, оскільки при цьому може виникнути режим недокомпенсації або перекомпенсації. У цьому випадку конденсаторна установка оснащується спеціалізованим контролером і комутаційно-захисною апаратурою. При відхиленні значення $\cos\varphi$ від заданого значення контролер підключає або відмикає ступені конденсаторів. Перевага централізованої компенсації полягає в наступному:

ввімкнена потужність конденсаторів відповідає спожитій в конкретний момент часу без перекомпенсації або недокомпенсації [17].

Ємності фаз конденсаторної установки повинні контролюватися стаціонарними пристроями вимірювання струму в кожній фазі. Для установок потужністю до 400 квар допускається вимір струму тільки в одній фазі. З'єднання конденсаторів між собою і підключення їх до шин повинні виконуватися гнучкими перемичками [19].

Для розрахунку параметрів компенсаторної установки в мережі знімають характерні добові графіки навантаження і значення $\cos \varphi$, за якими визначають середнє значення коефіцієнта потужності за період. Знаючи фактичний і потрібний (за умовами компенсації) коефіцієнт потужності, а також споживання активної електроенергії, можна розрахувати потрібну потужність конденсаторної установки [17].

Через коефіцієнт реактивної потужності $\operatorname{tg} \varphi$, за даними таблиці 1.6, визначаємо коефіцієнт потужності $\cos \varphi$ за формулою [21]

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{Q_{\max}}{P_{\max}}, \quad (3.1)$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{1107,2}{1698,1} = 0,65;$$

$$\cos \varphi = 0,84.$$

Реактивну потужність, яку необхідно зкомпенсувати $Q_{\text{кв}}$, квар, визначаємо за формулою

$$Q_{\text{кв}} = Q_{\max} - Q_e = P_{\max} \cdot (\operatorname{tg} \varphi - \operatorname{tg} \varphi_e), \quad (3.2)$$

де Q_e – межа значення потужності, що виділяється цеху в період максимуму активної потужності, квар;

$tg\varphi_e$ – тангенс оптимального кута, який відповідає величині Q_e ;
 $tg\varphi_e = 0,2$ [21].

$$Q_{ку} = 1698,1 \cdot (0,65 - 0,2) = 764,15 \text{ квар.}$$

З каталогу вибираємо дві комплектні автоматичні конденсаторні установки УКМ 58-0,4-375-25 У3 [22], щоб забезпечити рівність

$$Q_{ку} \geq Q_{нку}, \quad (3.3)$$

де $Q_{нку}$ – номінальна потужність конденсаторної установки, квар.

$$764,15 \text{ квар} > 750 \text{ квар.}$$

Умови за формулою (3.3) виконуються, отже вибір конденсаторної установки виконано вірно.

Технічні характеристики двох автоматичних комплектних конденсаторних установок УКМ 58-0,4-375-25 У3 приведені у таблиці 3.1 [22].

Таблиця 3.1 - Технічні характеристики УКМ 58-0,4-375-25 У3

Тип	Потужність, квар	Номінальний струм, А	Номінальний струм ввідного запобіжника, А	Мінімальна ступінь, квар
УКМ 58-0,4-375-25 У3	375	522	800	25

Обрані комплектні конденсаторні установки напругою 380 В, призначені для внутрішньої установки, під'єднують їх на шини 0,4 кВ

цехової підстанції (централізована компенсація). Діапазон потужностей цих установок досить широкий, вони обладнані пристроями для багатоступінчастого автоматичного регулювання потужності.

Через коефіцієнт реактивної потужності $tg\varphi$, визначаємо коефіцієнт потужності $\cos\varphi$ після компенсації за формулою

$$tg\varphi = \frac{Q_{\max} - Q_{\text{нку}}}{P_{\max}}, \quad (3.4)$$

$$tg\varphi = \frac{1107,2 - 750}{1698,1} = 0,21;$$

$$\cos\varphi = 0,98.$$

Загальний обсяг споживання реактивної потужності обладнанням цеху при встановленні конденсаторних установок представлено на рисунку 3.1.

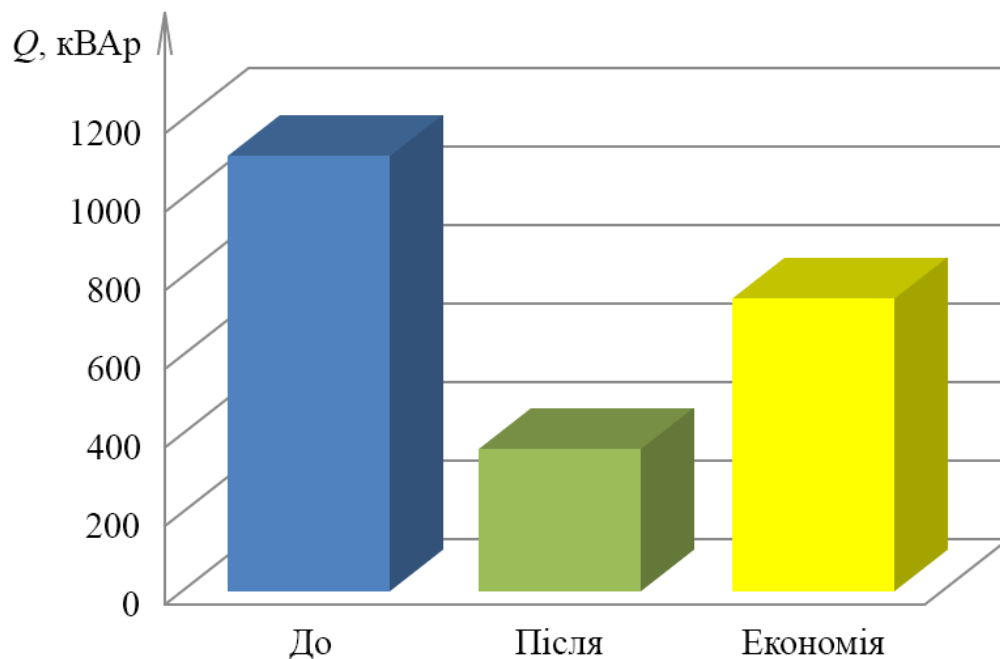


Рисунок 3.1 - Обсяги споживання реактивної потужності обладнанням цеху при встановленні конденсаторних установок

Виконуємо техніко-економічне обґрунтування застосування конденсаторних установок. Втрати активної енергії на компенсацію ΔP , кВт, визначаємо за формулою

$$\Delta P = \Delta P_{\kappa} \cdot Q_{\text{нкк}} \cdot T_{\text{роб}}, \quad (3.5)$$

де ΔP_{κ} – питомі витрати на компенсацію, кВт; $\Delta P_{\kappa} = 0,045$ кВт [21];

$T_{\text{роб}}$ – час роботи обладнання за рік, год; $T_{\text{роб}} = 8760$ год.

$$\Delta P = 0,045 \cdot 750 \cdot 8760 = 295,65 \text{ тис. кВт.}$$

Розрахунок вартості втрат активної енергії на компенсацію $B_{\text{вкк}}$, грн, виконується за формулою [21]

$$B_{\text{вкк}} = \Delta P_{\kappa} \cdot Q_{\text{нкк}} \cdot T_{\text{роб}} \cdot B_o = \Delta P \cdot B_o, \quad (3.6)$$

де B_o – вартість електроенергії за тарифом (без ПДВ, згідно постанови НКРЕКП від 04.11.2020 №1998 [23]), грн/кВт·год; $B_o = 3,1276$ грн/кВт·год.

$$B_{\text{вкк}} = 0,045 \cdot 750 \cdot 8760 \cdot 3,1276 \cdot 1,2 = 1109,61 \text{ тис. грн.}$$

Норму амортизації H_a , %, визначаємо за формулою

$$H_a = \frac{K}{T_n \cdot K} \cdot 100 \%, \quad (3.7)$$

де K – капітальні витрати на установки, грн; $K = 300$ тис. грн;

T_n – нормативний термін служби обладнання, років; $T_n = 15$ років.

$$H_a = \frac{300}{15 \cdot 300} \cdot 100 = 6,67 \%.$$

Амортизаційні відрахування B_a , грн, визначаємо за формулою [21]

$$B_a = K \cdot \frac{H_a}{100}, \quad (3.8)$$

$$B_a = 300 \cdot \frac{6,67}{100} = 20 \text{ тис. грн.}$$

Розрахунок повних річних витрат $B_{\text{кв}}$, грн, виконуємо за формулою

$$B_{\text{кв}} = B_{\text{вкв}} + B_a + 0,15 \cdot K, \quad (3.9)$$

$$B_{\text{кв}} = 1109,61 + 20 + 0,15 \cdot 300 = 1174,61 \text{ тис. грн.}$$

Річну економію за рахунок зниження витрат активної енергії при зменшенні реактивної потужності $E_{\text{ре}}$, грн, визначаємо за формулою [21]

$$E_{\text{ре}} = K_{\text{вв}} \cdot Q_{\text{нкв}} \cdot T_{\text{роб}} \cdot B_o - B_{\text{кв}}, \quad (3.10)$$

де $K_{\text{вв}}$ – коефіцієнт використання витрат; $K_{\text{вв}} = 0,2$ [20].

$$E_{\text{ре}} = 0,2 \cdot 750 \cdot 8760 \cdot 3,1276 \cdot 1,2 - 1174610 = 3757 \text{ тис. грн.}$$

Розрахунок річного електроспоживання обладнанням цеху W , кВт·год, за даними таблиці 1.5 виконуємо за формулою

$$W = \sum P_{\text{зм}} \cdot T_{\text{роб}}, \quad (3.11)$$

$$W = 1543,68 \cdot 8760 = 13522,64 \text{ тис. кВт·год.}$$

Річну вартість електроспоживання обладнанням цеху $B_{\text{ел}}$, грн, визначаємо за формулою [21]

$$B_{el} = W \cdot B_o, \quad (3.12)$$

$$B_{el} = 13522,64 \cdot 3,1276 \cdot 1,2 = 50752,08 \text{ тис. грн.}$$

Річну вартість електроспоживання обладнанням цеху при встановленні конденсаторних установок $B_{еку}$, грн, визначаємо за формулою

$$B_{еку} = B_{el} - E_{pe}, \quad (3.13)$$

$$B_{еку} = 50752,08 - 3757 = 46995 \text{ тис. грн.}$$

Економічна ефективність компенсації реактивної потужності представлена на рисунку 3.2.

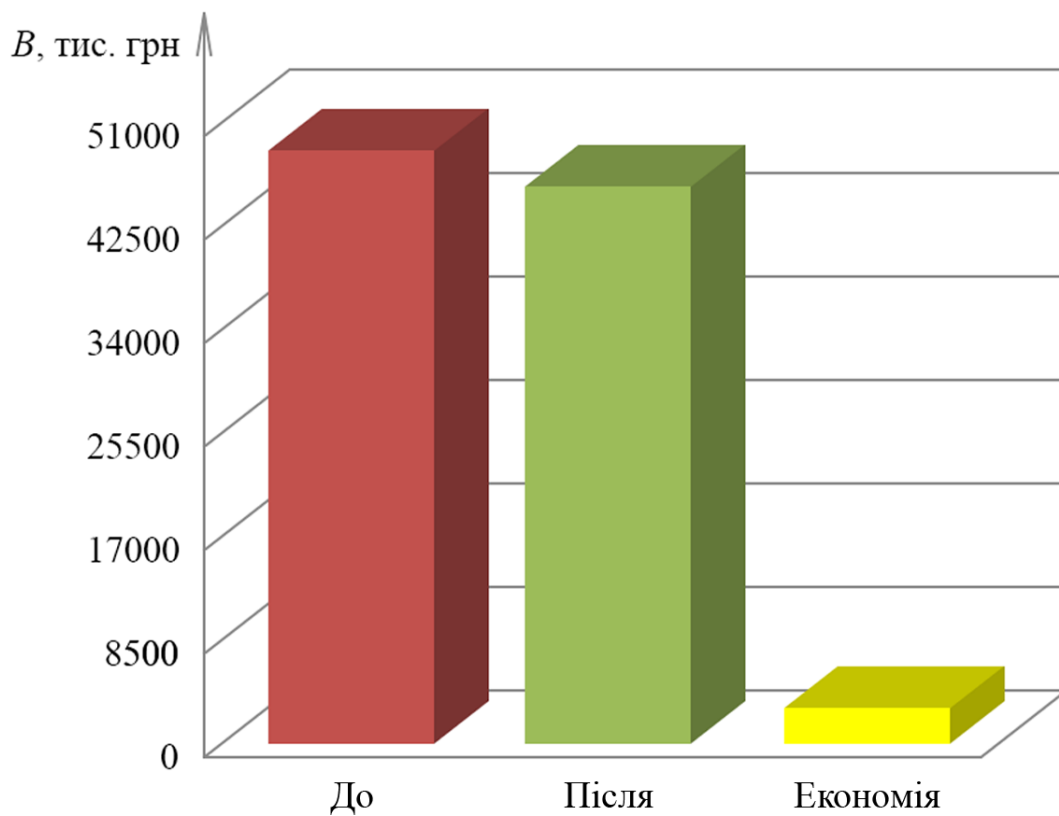


Рисунок 3.2 - Річна вартість електроспоживання обладнанням цеху при встановленні конденсаторних установок

Розрахунок терміну окупності конденсаторних установок $T_{ок}$, років, виконується за формулою

$$T_{ок} = \frac{K}{E_{pe}}, \quad (3.14)$$

$$T_{ок} = \frac{300}{3757} = 0,08 \text{ рік.}$$

Через коефіцієнт потужності $\cos\varphi$, визначаємо коефіцієнт реактивної потужності $tg\varphi$ після компенсації

$$tg\varphi = 0,2.$$

Розрахунок змінної реактивної потужності $Q_{зм}$, квар, після компенсації, виконуємо за даними таблиці 1.5 за формулою (1.9)

$$Q_{зм} = 1543,68 \cdot 0,2 = 308,74 \text{ квар.}$$

Визначаємо сумарний коефіцієнт завантаження k_3 , трансформаторної підстанції цеху, після компенсації реактивної потужності за формулою (1.3)

$$k_3 = \frac{\sqrt{1543,68^2 + 308,74^2}}{4 \cdot 1000} = 0,4.$$

На рисунку 3.3 наведено розрахунковий графік добових активних та реактивних навантажень підстанції цеху після компенсації.

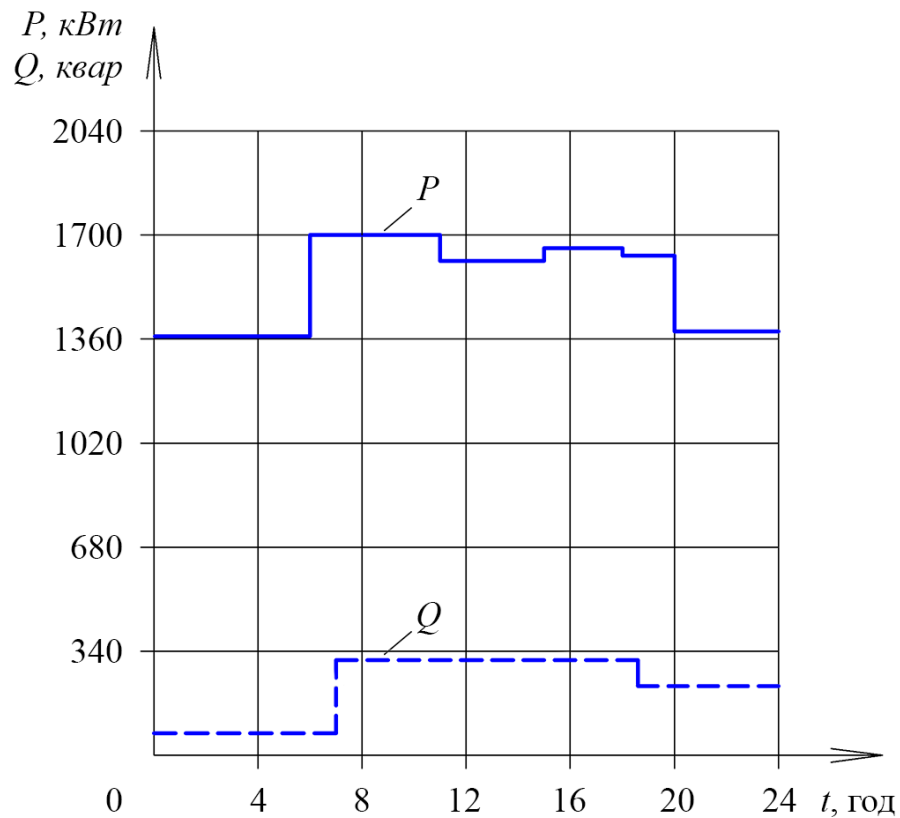


Рисунок 3.3 - Розрахунковий графік добових електричних навантажень підстанції цеху після компенсації

3.3 Прогнозування споживання електроенергії обладнанням цеху

За річними даними підприємства про обсяг випущеної продукції та електроспоживання обладнанням цеху, складаємо таблицю 3.2.

Таблиця 3.2 - Річний обсяг випущеної продукції та споживаної електроенергії обладнанням цеху

Місяць	Випущено продукції, т.	Електроспоживання, тис. кВт·год
n	Π	W
1	2	3
1	4682,03	1006,86
2	4831,43	1028,4
3	4930,1	1060,37
4	4865,04	1026,91
5	4873,76	1052,97

Продовження таблиці 3.2

1	2	3
6	4855,41	1047,95
7	4844,29	1019,15
8	4849,97	1030,6
9	4901,24	1058,04
10	5008,94	1077,5
11	5151,36	1088,64
12	5057,24	1077,58

На рисунку 3.4 та рисунку 3.5 наведено річний об'єм випуску продукції та споживаної електроенергії обладнанням цеху відповідно.

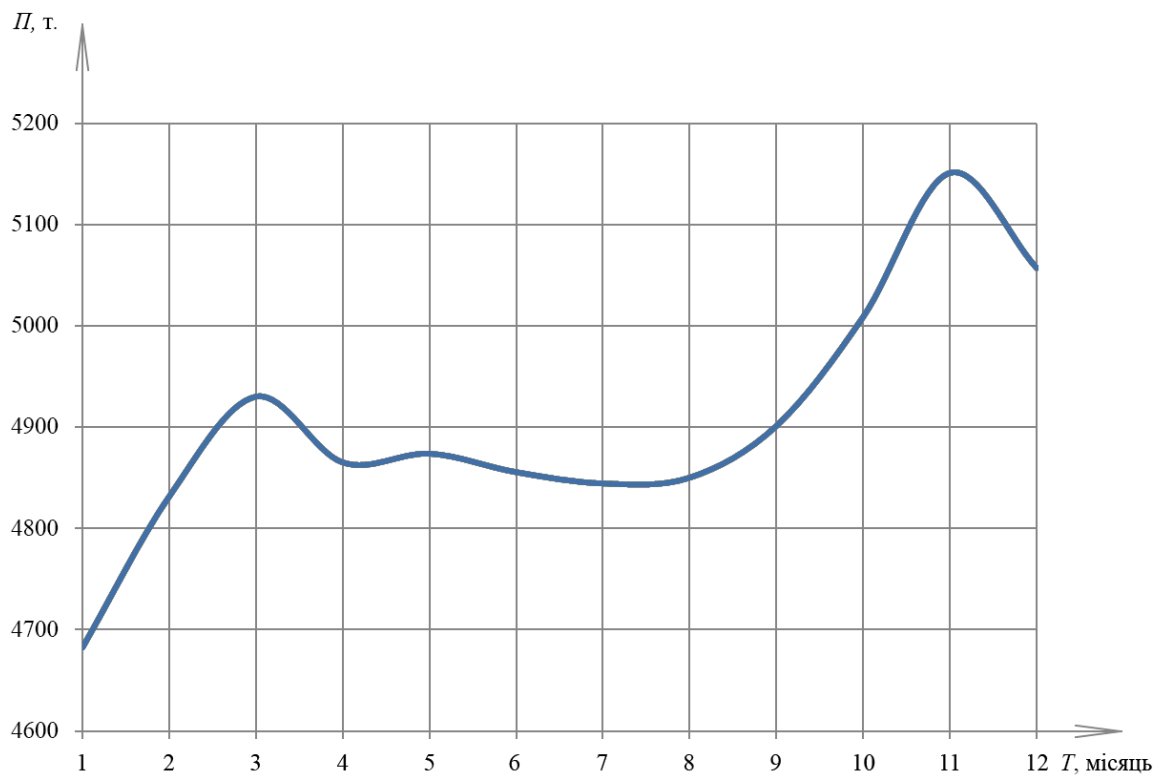


Рисунок 3.4 - Об'єм випуску продукції
за рік цехом

Для розрахунку параметрів регресії за методом найменших квадратів складаємо розрахункову таблицю 3.3 за даними таблиці 3.2. Математичний

метод заснований на мінімізації суми квадратів відхилень деяких функцій від шуканих змінних, є одним з базових методів регресійного аналізу для оцінки невідомих параметрів регресійних моделей за вибірковими даними.

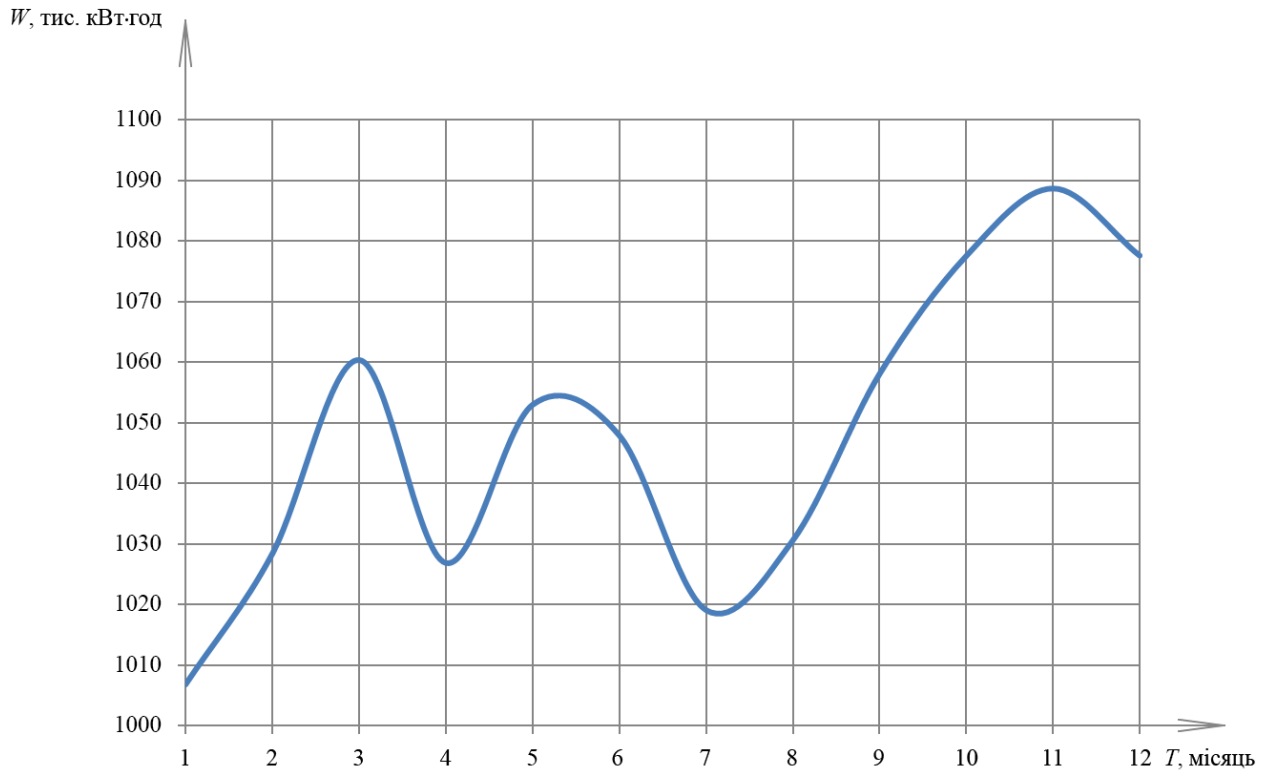


Рисунок 3.5 - Споживання електроенергії за рік обладнанням цеху

Таблиця 3.3 – Розрахунок параметрів регресії

№ п/п	x	y	x^2	y^2	$x \cdot y$
1	2	3	4	5	6
1	4682,03	1006,86	21921404,921	1013767,06	4714148,726
2	4831,43	1028,4	23342715,845	1057606,56	4968642,612
3	4930,1	1060,37	24305886,01	1124384,537	5227730,137
4	4865,04	1026,91	23668614,202	1054544,148	4995958,226
5	4873,76	1052,97	23753536,538	1108745,821	5131923,067
6	4855,41	1047,95	23575006,268	1098199,203	5088226,91
7	4844,29	1019,15	23467145,604	1038666,723	4937058,154
8	4849,97	1030,6	23522209,001	1062136,36	4998379,082

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5	6
9	4901,24	1058,04	24022153,538	1119448,642	5185707,97
10	5008,94	1077,5	25089479,924	1161006,25	5397132,85
11	5151,36	1088,64	26536509,85	1185137,045	5607976,55
12	5057,24	1077,58	25575676,418	1161178,656	5449580,679
Σ	58850,81	12574,97	288780338,117	13184821,008	61702464,963

Для наочного зображення форми зв'язку між досліджуваними економічними показниками використовуємо графічний метод (рисунок 3.6). По осі абсцис відкладаємо індивідуальні значення факторної ознаки X , а по осі ординат – індивідуальні значення результативної ознаки Y . Сукупність точок результативних і факторних ознак називається полем кореляції [24].

На підставі поля кореляції можна висунути гіпотезу, що зв'язок між усіма можливими значеннями X і Y носить лінійний характер.

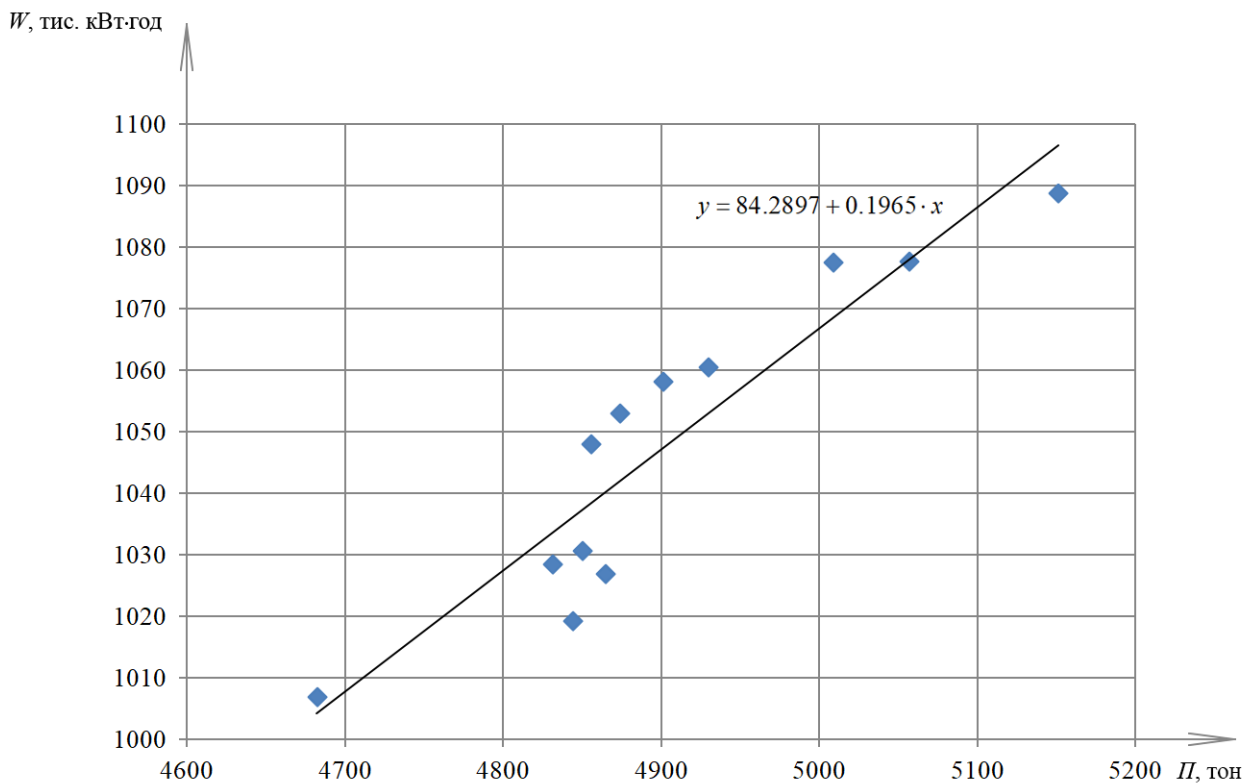


Рисунок 3.6 - Регресійна залежність між річним об'ємом випущеної продукції та споживаної електроенергії обладнанням цеху

Визначаємо систему нормальних рівнянь за формулою [25]

$$\begin{cases} a \cdot n + b \cdot \sum x = \sum y, \\ a \cdot \sum x + b \cdot \sum x^2 = \sum y \cdot x; \end{cases} \quad (3.15)$$

де a – оцінка параметру α регресійної моделі;

b – оцінка параметру β регресійної моделі.

$$\begin{cases} a \cdot 12 + b \cdot 58850,81 = 12574,97; \\ a \cdot 58850,81 + b \cdot 288780338,117 = 61702464,963. \end{cases}$$

Знаходимо рішення системи лінійних алгебраїчних рівнянь за допомогою методу Крамера.

Обчислюємо визначник матриці системи [26]

$$\Delta = \begin{vmatrix} 12 & 58850,81 \\ 58850,81 & 288780338,117 \end{vmatrix} = 12 \cdot 288780338,117 - \\ -58850,81 \cdot 58850,81 = 1946219,75 \neq 0.$$

Обчислюємо допоміжні визначники. Визначник Δ_1 отримуємо з визначника Δ заміною його першого стовпчика стовпчиком вільних коефіцієнтів

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} 12574,97 & 58850,81 \\ 61702464,963 & 288780338,117 \end{vmatrix} = 288780338,117 \cdot 288780338,117 - \\ -61702464,963 \cdot 58850,81 = 164046341,96.$$

Визначник Δ_2 отримуємо з визначника матриці системи Δ заміною другого стовпця стовпцем вільних коефіцієнтів

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} 12 & 12574,97 \\ 58850,81 & 61702464,963 \end{vmatrix} = 12 \cdot 61702464,963 - \\ -58850,81 \cdot 12574,97 = 382409,33.$$

Так як $\Delta \neq 0$, по теоремі Крамера система сумісна і має єдине рішення, яке знаходиться по формулі [26]

$$x_i = \frac{\Delta_i}{\Delta}. \quad (3.16)$$

де Δ_i – визначник матриці системи, де замість i -го стовпця стоїть стовпець правих частин.

$$x_1 = \frac{\Delta_1}{\Delta} = \frac{164046341,96}{1946219,75} = 84,29;$$

$$x_2 = \frac{\Delta_2}{\Delta} = \frac{382409,33}{1946219,75} = 0,196.$$

Отримуємо емпіричні коефіцієнти регресії a і b , відповідні x_1 та x_2

$$a = 84,29;$$

$$b = 0,196.$$

Визначаємо емпіричне рівняння регресії за формулою [27]

$$y = a + b \cdot x, \quad (3.17)$$

$$y = 84,29 + 0,1965 \cdot x.$$

Емпіричні коефіцієнти регресії a і b є лише оцінками теоретичних коефіцієнтів β_i , а саме рівняння відображає лише загальну тенденцію в поведінці розглянутих змінних. Зв'язок між y та x визначає знак коефіцієнта регресії b ($b > 0$ – прямий зв'язок, $b < 0$ – зворотній). У нашому прикладі зв'язок прямий.

Для оцінки параметрів рівняння регресії визначаємо вибірккові середні \bar{x} та \bar{y} за формулами [25]

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}, \quad (3.18)$$

$$\bar{y} = \frac{\sum y_i}{n}; \quad (3.19)$$

$$\bar{x} = \frac{58850,81}{12} = 4904,234;$$

$$\bar{y} = \frac{12574,97}{12} = 1047,914.$$

Визначаємо середньоквадратичні відхилення S_x та S_y за формулами

$$S_x = \sqrt{S_x^2} = \sqrt{\frac{\sum x_i^2}{n} - \bar{x}^2}, \quad (3.20)$$

$$S_y = \sqrt{S_y^2} = \sqrt{\frac{\sum y_i^2}{n} - \bar{y}^2}; \quad (3.21)$$

$$S_x = \sqrt{\frac{288780338,12}{12} - 4904,234^2} = 116,256;$$

$$S_y = \sqrt{\frac{13184821,01}{12} - 1047,914^2} = 24,718.$$

Розраховуємо показник тисноти зв'язку. Таким показником є вибірковий лінійний коефіцієнт кореляції $r_{x,y}$, який розраховуємо через коефіцієнт регресії b за формулою [27]

$$r_{x,y} = b \cdot \frac{S_x}{S_y}, \quad (3.22)$$

$$r_{x,y} = 0,196 \cdot \frac{116,256}{24,718} = 0,924.$$

Лінійний коефіцієнт кореляції приймає значення від -1 до +1.

Якісна характеристика зв'язку дається на основі коефіцієнта кореляції за шкалою Чеддока (таблиця 3.4) [26].

Таблиця 3.4 - Шкала Чеддока

Сила зв'язку	Оцінка зв'язку
$0,1 < r_{x,y} < 0,3$	слабка
$0,3 < r_{x,y} < 0,5$	помірна
$0,5 < r_{x,y} < 0,7$	помітна
$0,7 < r_{x,y} < 0,9$	висока
$0,9 < r_{x,y} < 1$	досить висока

У нашому випадку зв'язок між ознакою Y і фактором X досить високий та прямий.

Значимість коефіцієнта кореляції. Висуваємо дві гіпотези:

- а) $H_0: r_{x,y} = 0$, немає лінійного взаємозв'язку між змінними;
- б) $H_1: r_{x,y} \neq 0$, є лінійний взаємозв'язок між змінними.

Використовуємо t-критерій Стюдента, щоб при рівні значимості перевірити нульову гіпотезу про рівність нулю генерального коефіцієнта кореляції нормальної двовимірної випадкової величини при конкуруючій гіпотезі $H_1 \neq 0$. Визначаємо спостережуване значення критерію (величину випадкової помилки) $t_{набл}$, за формулою [26]

$$t_{набл} = r_{x,y} \frac{\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r_{x,y}^2}}, \quad (3.23)$$

$$t_{набл} = 0,924 \frac{\sqrt{12-2}}{\sqrt{1-0,924^2}} = 7,65.$$

По таблиці Стюдента з рівнем значимості $\alpha = 0,05$ і ступенями свободи k знаходимо критичне значення $t_{крит}$, за формулою [27]

$$t_{крит}(n-m-1; \alpha/2), \quad (3.24)$$

де m – кількість пояснюючих змінних; $m = 1$.

$$k = n - 2, \quad (3.25)$$

$$k = 12 - 2 = 10;$$

$$t_{крит}(12-1-1; 0,05/2) = t_{крит}(10; 0,025) = 2,634.$$

Оскільки $|t_{набл}| > t_{крит}$ ($7,65 > 2,634$), отримане значення коефіцієнта кореляції визнається статистично значущим (відхиляємо гіпотезу про рівність нулю цього коефіцієнта). Зв'язок між об'ємами випущеної продукції та відповідними витратами електроенергії доведено. У парній лінійній

регресії перевірка гіпотез о значимості коефіцієнтів регресії і кореляції рівносильна перевірці гіпотези о суттєвості лінійного рівняння регресії [28].

Коефіцієнтом детермінації називається квадрат (множинного) коефіцієнта кореляції, який показує частку варіації результативної ознаки, пояснення варіацією факторної ознаки.

Визначаємо коефіцієнт детермінації R^2 , за формулою

$$R^2 = r_{x,y}^2, \quad (3.26)$$

$$R^2 = 0,924^2 = 0,854.$$

Точність підбору рівняння регресії – висока. У 85.4% випадків зміни x призводять до зміни y .

Перевіряємо значимість моделі регресії з використанням F-критерію Фішера. Якщо розрахункове значення з $k_1 = m$ і $k_2 = n - m - 1$, ступенями свободи більше табличного при заданому рівні значущості, то модель вважається значущою.

Висуваємо нульову гіпотезу про те, що рівняння в цілому статистично незначуще: $H_0: R^2 = 0$ на рівні значимості α .

Визначаємо фактичне значення F-критерію F , за формулою [28]

$$F = \frac{R^2}{1 - R^2} \cdot \frac{n - m - 1}{m}, \quad (3.27)$$

$$F = \frac{0,854}{1 - 0,854} \cdot \frac{12 - 1 - 1}{1} = 58,507.$$

Табличне значення визначаємо за таблицями розподілу Фішера для заданого рівня значимості, беручи до уваги, що число ступенів свободи для

загальної суми квадратів (більшої дисперсії) дорівнює 1 і число ступенів свободи залишкової суми квадратів (меншої дисперсії) при лінійній регресії $n-2$. $F_{табл}$ – це максимально можливе значення критерію під впливом випадкових чинників при даних ступенях свободи і рівні значимості α . Рівень значимості α – ймовірність відхилити правильну гіпотезу за умови, що вона вірна; $\alpha = 0,05$ [26].

Якщо $F < F_{табл}$ – немає підстави відхилити нульову гіпотезу. Та навпаки, якщо $F > F_{табл}$ – нульова гіпотеза відхиляється і з ймовірністю $1-\alpha$ приймається альтернативна гіпотеза о статистичній значимості рівняння в цілому. Табличне значення критерію зі ступенями свободи $k_1=1$ і $k_2=10$, $F_{табл} = 4,96$.

Оскільки фактичне значення $F > F_{табл}$ ($58,507 > 4,96$), то коефіцієнт детермінації статистично значимий (знайдена оцінка рівняння регресії статистично надійна) [26].

Для оцінки якості параметрів регресії складаємо розрахункову таблицю 3.5 за даними таблиці 3.2.

Таблиця 3.5 - Розрахункові дані для оцінки параметрів регресії

№ п/п	x	y	y_x	$(y_i - \bar{y})^2$	$(y_i - y_x)^2$	$\left \frac{y - y_x}{y} \right $
1	2	3	4	5	6	7
1	4682,03	1006,86	1004,254	1685,445	6,793	0,0026
2	4831,43	1028,4	1033,609	380,803	27,134	0,0051
3	4930,1	1060,37	1052,996	155,148	54,369	0,007
4	4865,04	1026,91	1040,213	441,175	176,969	0,013
5	4873,76	1052,97	1041,926	25,561	121,962	0,0105
6	4855,41	1047,95	1038,321	0,00128	92,722	0,0092
7	4844,29	1019,15	1036,136	827,377	288,519	0,0167
8	4849,97	1030,6	1037,252	299,78	44,248	0,0065
9	4901,24	1058,04	1047,326	102,533	114,793	0,0101

Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4	5	6	7
10	5008,94	1077,5	1068,488	875,322	81,223	0,0084
11	5151,36	1088,64	1096,471	1658,594	61,332	0,0072
12	5057,24	1077,58	1077,978	880,062	0,158	0,0004
Σ	58850,81	12574,97	12574,97	7331,8	1070,221	0,0964

Для безпосередньої оцінки впливу факторів на результативну ознаку обчислюються коефіцієнти еластичності і β -коефіцієнти. Середній коефіцієнт еластичності E показує, на скільки відсотків в середньому по сукупності зміниться результат y від своєї середньої величини при зміні фактора x на 1% від свого середнього значення [24].

Визначаємо коефіцієнт еластичності E , за формулою

$$E = \frac{\partial y \cdot x}{\partial x \cdot y} = b \frac{\bar{x}}{\bar{y}}, \quad (3.28)$$

$$E = 0,196 \frac{4904,234}{1047,914} = 0,92.$$

Оцінимо якість рівняння регресії за допомогою помилки абсолютної апроксимації. Визначаємо середню помилку апроксимації (середнього відхилення розрахункових значень від фактичних) \bar{A} , за формулою [24]

$$\bar{A} = \frac{n}{1} \cdot \sum \left| \frac{y - y_x}{y} \right| \cdot 100\%, \quad (3.29)$$

$$\bar{A} = \frac{12}{1} \cdot 0,0964 \cdot 100 = 0,8.$$

Оскільки помилка менше 7%, то дане рівняння можна використовувати в якості регресії.

Стандартна помилка регресії розглядається в якості запобіжного розкиду даних спостережень від змодельованих значень. Чим менше значення стандартної помилки регресії, тим якість моделі вище.

Визначаємо стандартну помилку регресії S за формулою

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{\frac{\sum (y_i - y_x)^2}{n - m - 1}}, \quad (3.30)$$

$$S = \sqrt{\frac{1070,221}{12 - 1 - 1}} = 10,35.$$

Визначаємо стандартне відхилення випадкової величини a , за формулою

$$S_a = S \cdot \frac{\sqrt{\sum x^2}}{n \cdot S_x}, \quad (3.31)$$

$$S_a = 10,35 \cdot \frac{\sqrt{288780338,12}}{12 \cdot 116,256} = 126,02.$$

Визначаємо стандартне відхилення випадкової величини b , за формулою [26]

$$S_b = \frac{S}{\sqrt{n} \cdot S_x}, \quad (3.32)$$

$$S_b = \frac{10,35}{\sqrt{12} \cdot 116,256} = 0,0257.$$

3.4 Висновки до розділу 3

Вивчено залежність Y від X . На етапі специфікації була обрана парна лінійна регресія. Оцінені її параметри методом найменших квадратів. Можлива економічна інтерпретація параметрів моделі – збільшення X на 1 од. виміру призводить до збільшення Y в середньому на 0.196 од. виміру.

Знайдена залежність між обсягами спожитої електричної енергії та об'ємами виготовленої продукції для умов цеху ПрАТ «ФЕМ» майже повністю відображає реальні витрати електроенергії, що підтверджують знайдені показники адекватності моделі. Зв'язок між об'ємами випущеної продукції та відповідними витратами електроенергії доведено.

Рівняння регресії дозволяє оцінити рівень досягнутої енергоефективності електрообладнання та отримати інформацію щодо прогнозування подальшого споживання електричної енергії цехом.

Коефіцієнти кореляції та детермінації свідчать про високу тісноту зв'язку між розглядуваними ознаками, а коефіцієнт еластичності, середня помилка апроксимації та стандартні помилки, відхилення коефіцієнтів регресії – про якість та правильність вибраної моделі.

Покращення роботи електрообладнання цеху за рахунок встановлення пристроїв компенсації реактивної потужності дозволить підвищити техніко-економічні показники електропостачання, які зменшують всі види втрат електроенергії, зекономити кошти на оплату електроенергії.

Використання у нічну зміну на підстанції цеху по одному трансформатору для панелей з електрообладнанням замість двох дозволить зекономити на втратах у трансформаторах за рахунок зменшення нагріву обмоток, оскільки вони працюють не в повне завантаження.

Розглянуті в магістерській роботі заходи дадуть можливість зменшити розмір електричного навантаження не тільки за рахунок впровадження технічного рішення, а й завдяки прогнозуванню споживання електроенергії, що в результаті призведе до економії коштів.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Характеристика стану охорони праці та техногенної безпеки

Основним завданням роботи цеху ПрАТ «ФЕМ» є виробництво тротуарної плитки.

До потенційно небезпечних та шкідливих виробничих факторів приміщення цеху ПрАТ «ФЕМ» належать: викид пилу в робоче приміщення і атмосферу; підвищення запиленості на робочих місцях; перегрів і руйнування сольового хлоратора; розлив пульпи з аварійним газовиділенням; розлив з аварійним газовиділенням; розлив кислих стоків, що містять соляну кислоту; підвищена або знижена температура поверхонь; рухомі частини; недостатня освітленість; шум та вібрація [29].

Основними шкідливими чинниками в приміщенні цеху є небезпека ураження електричним струмом та шум, що досягає 85 дБА, джерелом якого є насосне та вентиляційне обладнання [30].

Ділянка цеху ПрАТ «ФЕМ» є приміщенням категорії середньої важкості тому повинні дотримуватися вимоги оптимальної температури повітря 22-24 °С, відносної вологості 40-60% та швидкості руху повітря не більше 0,1 м/с [31].

Аналіз шкідливих і небезпечних факторів дозволяє зробити висновок, що умови праці в цеху характеризуються наявністю шкідливих виробничих чинників, які не призводять до зростання захворюваності з втратою працездатності, проте характеризуються проявом початкових ознак професійної патології.

В сучасних умовах все більшого значення набуває проблема поліпшення умов праці не за рахунок компенсаційних виплат, а шляхом впровадження нової техніки, технологій, оздоровлення виробничого

середовища, врахування вимог естетики праці. Загальні положення і вимоги, які регламентують умови праці на підприємствах та організаціях, визначені законодавством про працю (Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку – ДСН 2.3.6 037-99, норми загальної та локальної вібрації – ДСН 3.3.6 039-99, норми мікроклімату виробничих приміщень – ДСН 3.3.6 042-99 тощо) [32].

Вплив несприятливих умов на організм працівника обмежує в нормах праці установлення необхідного часу регламентованого відпочинку. При цьому санітарні норми є свого роду еталоном, з яким зіставляють різні варіанти умов виконання робіт. Залежно від ступеня впливу умов праці на організм працівника визначають тривалість робочої зміни і режим внутрішньозмінного відпочинку. Санітарні норми широко застосовуються при аналізі умов праці і впровадженні заходів щодо їх поліпшення.

При аналізі умов праці фактичне значення температури і вологості повітря, шуму і вібрації та інших елементів зіставляється з нормативами. Таке зіставлення дозволяє виявити робочі місця на ділянці з несприятливими умовами, диференціювати умови і характер праці за ступенем шкідливості і небезпечності на оптимальні, допустимі, шкідливі і небезпечні, визначити індекс відповідності фактичних умов нормативним [32].

Удосконалюють санітарні норми на основі науково-технічного прогресу внаслідок вжиття заходів щодо поліпшення умов праці, виникнення технічних, організаційних та економічних можливостей дотримання і вдосконалення відповідних норм.

Атестація робочих місць за умовами праці — це комплексна оцінка всіх факторів виробничого середовища і трудового процесу, супутніх соціально-економічних факторів, що впливають на здоров'я і працездатність працівників у процесі трудової діяльності. Періодичність такої атестації встановлюється підприємством у колективному договорі, але не рідше одного разу за 5 років.

Після проведення атестації за даними лабораторно-інструментальних досліджень комісія складає карту умов праці на кожне робоче місце, яка

включає оцінку факторів виробничого середовища і трудового процесу, гігієнічну оцінку умов праці, оцінку технічного та організаційного рівня [33].

Приміщення цеху згідно з ПУЕ можна віднести до I класу – з підвищеною небезпекою ураження струмом. Для захисту від електричного струму передбачається надійне захисне заземлення електрообладнання. Заземлюючі пристрої забезпечують безпеку людей і захист електроустановок, експлуатаційні режими роботи. Рекомендується проводити інструментальну перевірку стану захисного заземлення не рідше одного разу на рік, а також після монтажу або ремонту [34].

Для забезпечення електробезпеки запропоновано дотримуватися наступних вимог: конструкція виробничого устаткування, що приводиться в дію електроенергією, повинна включати пристрій для забезпечення електробезпеки; в устаткуванні має бути забезпечено захист від випадкового дотику до частин, що знаходяться під напругою; ручки, важелі і кнопки устаткування, до яких торкаються руками при нормальній експлуатації, не повинні виявлятися під напругою при пошкодженні ізоляції.

Основними організаційними заходами запобігання ураження електричним струмом є інструктаж та навчання безпечним методам праці, перевірка знань правил безпеки та інструкцій до виконуваних робіт [30].

За конструктивними характеристиками будівлю можна віднести до будівель переважно з каркасною конструктивною схемою. Елементи каркаса виконані з металевих незахищених конструкцій. Огороджувальні конструкції з негорючих листових матеріалів з негорючим утеплювачем (ступінь вогнестійкості будівлі – IIIa) [29].

Можливими причинами пожежі є підвищена температура довкілля, обладнання та наявність паливно-мастильних матеріалів. Запобігання пожежі повинно досягатися запобіганням утворенню горючого середовища, запобігання утворення в горючому середовищі джерел запалення.

Протипожежна безпека в енергосиловому цеху забезпечується застосуванням: засобів пожежогасіння і відповідної пожежної техніки;

автоматичних установок пожежної сигналізації; застосуванням засобів індивідуального захисту людей від небезпечних чинників пожежі.

Запобігання виникненню джерела вибуху досягаються шляхом: регламентації вогневих робіт; застосуванням швидкодіючих засобів захисного відключення можливих електричних джерел ініціації вибуху; застосуванням вибухозахищеного устаткування.

У приміщеннях передбачаються первинні засоби пожежогасіння. Для зовнішнього пожежогасіння передбачається установка гідрантів із загальною витратою води 20 л/с. Передбачено систему оповіщення про пожежу першого і другого типу з використанням гучномовного зв'язку, установкою світлових показників та звукових сигналів. Передбачено блискавкозахист та заземлення споруд. В якості блискавко приймального пристрою використовуються металоконструкції цеху. Захист від електростатичної індукції забезпечується шляхом приєднання всіх металевих корпусів обладнання та комунікацій до внутрішньої магістралі заземлення [30].

Працівники підприємства забезпечуються засобами індивідуального захисту згідно з вимогами чинного законодавства. До нього відноситься спеціальний одяг, взуття, каска захисна з підшоломником, окуляри захисні, рукавиці комбіновані, вкладиші протишумові та інші засоби індивідуального захисту. На робочих місцях кожен робітник повинен мати при собі сумку з протигазом та балоном кисневим на випадок викиду хлору в робоче приміщення і атмосферу. Засоби індивідуального захисту не тільки сприяють профілактиці захворювань, а і підвищують працездатність працівників.

4.2 Висновки до розділу 4

Приміщення д цеху ПрАТ «ФЕМ» відповідає всім вимогам з охорони праці та техногенної безпеки. Працівники підприємства забезпечуються засобами індивідуального захисту згідно з вимогами чинного законодавства.

ВИСНОВКИ

В роботі виконано аналіз можливості підвищення ефективності споживання електричної енергії обладнанням цеху ПрАТ «ФЕМ». В результаті енергетичного аудиту встановлено, що значною частиною споживачів електричної енергії є електроприводи з напругою живлення 0,38 кВ. Для підвищення ефективності споживання електричної енергії було розроблено комплекс технічних заходів.

1. Систематизовано виявлення та зменшення втрат електроенергії на основі альтернативних рішень. Запропоновано на підстанції цеху у нічну зміну в режимах малих навантажень трансформаторів $k_s = 0,4$, використовувати по одному трансформатору замість двох. Економічний ефект – збільшення терміну використання устаткування, економія на втратах.

2. Розрахована регресійна модель залежності електроспоживання від об'єму виготовленої продукції, рівняння регресії – $W = 84.29 + 0.1965 \cdot П$.

Перевірена адекватність моделі за допомогою коефіцієнту кореляції $r_{x,y} = 0,924\%$ і коефіцієнту детермінації $R^2 = 0,854\%$, доведена їх значимість.

Перевірена якість параметрів регресії за допомогою середньої помилки апроксимації $\bar{A} = 0,8\%$, коефіцієнту еластичності $E = 0,92\%$, стандартної помилки регресії $S = 10,35$ та стандартних відхилень випадкової величини $S_a = 126,02$, $S_b = 0,0257$. Рівняння регресії дозволяє оцінити рівень досягнутої енергоефективності електрообладнання та отримати інформацію щодо прогнозування подальшого споживання електричної енергії цехом.

3. Запропоновано вирішення питання компенсації реактивної потужності шляхом встановлення двох автоматичних комплектних конденсаторних установок УКМ 58-0,4-375-25 У3 потужністю 375 квар. Даний захід дозволить знизити споживання реактивної потужності на 750 квар. Економічний ефект від впровадження становить 3757 тис. грн на рік. Термін окупності на реалізацію заходу становить 0,08 рік.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Енергетичний менеджмент / А. В. Праховник, А. И. Соловей, В. В. Прокопенко и др. – К.: ІЕЕ НТУУ «КПІ», 2001. – 472 с.
2. Справочник по теплоснабжению и вентиляции. Книга 1-я. Отопление и теплоснабжение/ Р.В. Щекин и др.- Киев: “Будівельник”, 1976.- 416с.
3. Немцев З.Ф., Арсеньев Г.В. Теплоэнергетические установки и теплоснабжение: Учебное пособие для вузов. – М.: Энергоиздат, 1982.- 310 с.
4. Апарцев М.М. Наладка водяных систем централизованного теплоснабжения. Справочное пособие. – М.: Энергоатомиздат, 1983. - 567 с.
5. Щекин Р.В. Справочник по теплоснабжению и вентиляции. – К.: Будівельник, 1968. - 289 с.
6. Л. И. Петренко «Электрические сети. Сборник задач» - К., «Вища школа», 1985 г., 272 с.
7. О. Л. Данилова, П. А. Костюченко «Практическое пособие по выбору и разработке энергосберегающих проектов» - М., «Технопрострой», 2006 г, 669 с
8. Украина. Энергосбережение в зданиях. - Киев. Энергетический центр ЕС, 1996. - 274с.
9. Ковалко М.П., Денисюк С.П. Энергозбереження - пріоритетний напрямок державної політики України. - Київ, УЕЗ, 1998. - 506с.
10. Збірник типових енергоощадних заходів у теплоенергетиці, Київ-2018
11. ДБН В.2.6-31:2006 «Теплова ізоляція будівель».
12. ДБН В.2.2-15-2005 «Житлові будинки. Основні положення».
13. СНиП 23-101-2004 «Свод правил по проектированию и строительству. Проектирование теплово защиты».
14. СНиП 2.04.05-91 У «Отопление, вентиляция и кондиционирование».

15. СанПін 6027 А-91 «Санитарные правила и нормы по применению полимерных материалов в строительстве (Санітарні правила і норми по застосуванню полімерних матеріалів в будівництві)».
16. ДСТУ 4065-2001.Енергетичний аудит. Загальні технічні вимоги
17. Закон України «Про енергозбереження» із змінами, внесеними згідно із Законом N 1026-V(1026-16) від 16.05.2007, ВВР, 2007, N 34
18. Безопасность жизнедеятельности. Учебник / Под ред. Э.А. Арустамова. – М., 2000.
19. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию: в 2 т./Под общ. ред. А.А.Федорова. Т.2. Электрооборудование. – М.:Энергоатомиздат, 1987. – 592 с.

ДОДАТОК А

Демонстраційні матеріали до захисту дипломної роботи

Кваліфікаційна робота магістра

на тему: ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ БЕТОННОГО ВИРОБНИЦТВА ПРАТ «ФЕМ»

Магістр: гр. 8.1411 Березненко А.Л.
Науковий керівник: д.т.н., доцент Коваленко В.Л.

Об'єкт дослідження – техніко-економічні методи (заходи) та підходи до аналізування, оцінювання та контролю обсягів споживання електричної енергії на промисловому підприємстві.

Предмет дослідження – процес аналізування, оцінювання та контролю обсягів споживання електричної енергії на підприємстві.

Мета дослідження – є вдосконалення та подальший розвиток методів оцінювання та контролю ефективності споживання електроенергії обладнанням цеху на підприємстві з виробництва титанової продукції.

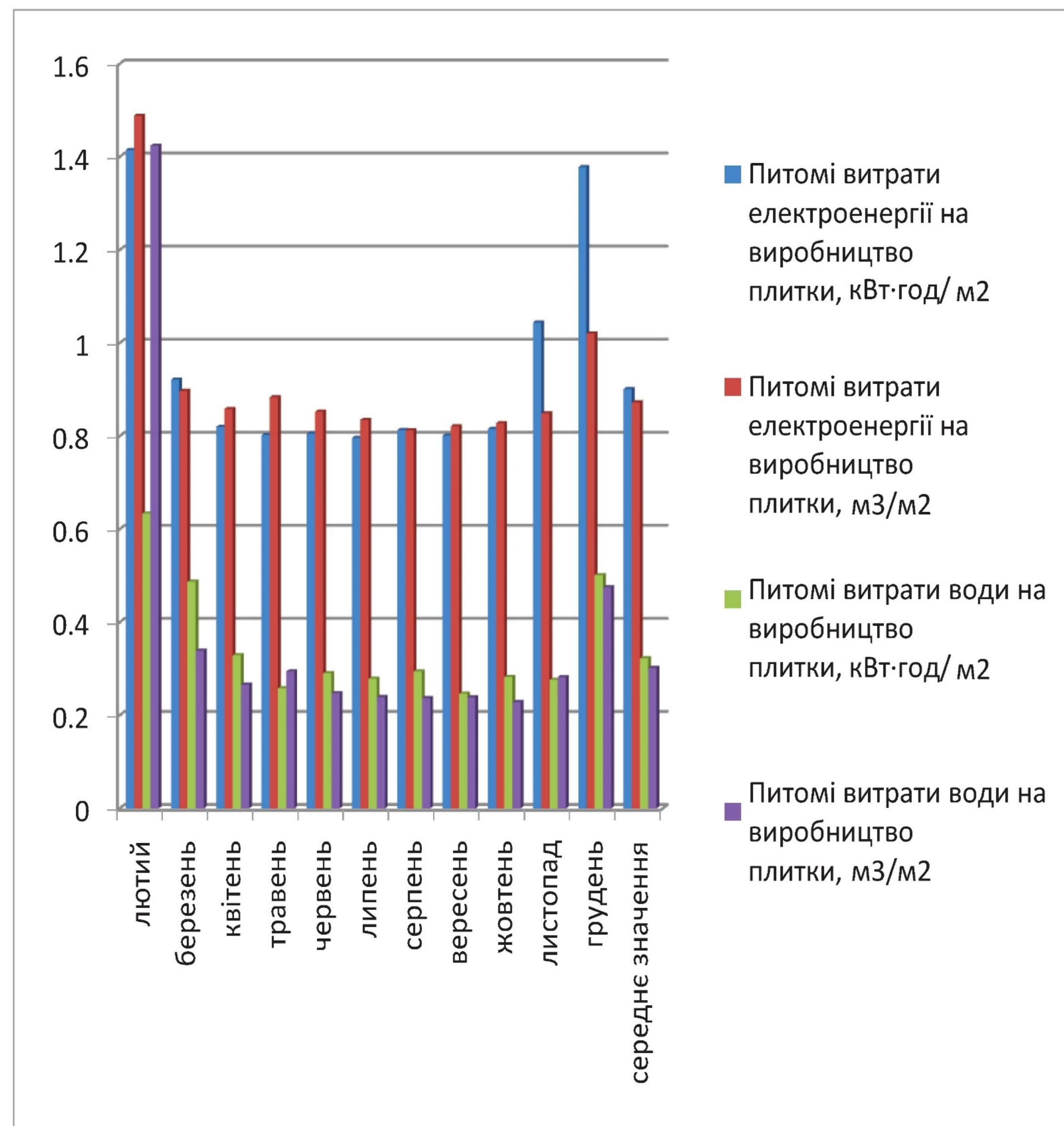
Методи дослідження – аналіз, порівняння, моделювання, статистичні методи.

Завдання роботи – аналіз існуючих методів оцінювання та контролю обсягів споживання енергетичних ресурсів підприємством; аналіз статистичних методів і моделей прогнозування обсягів споживання електроенергії на підприємстві; аналіз моделей виявлення та зменшення втрат електроенергії на підстанції; застосування та можливості удосконалення існуючих методів прогнозування енергоспоживання; розробка технічного заходу для контролю ефективності енерговикористання та прогнозування енергоспоживання.

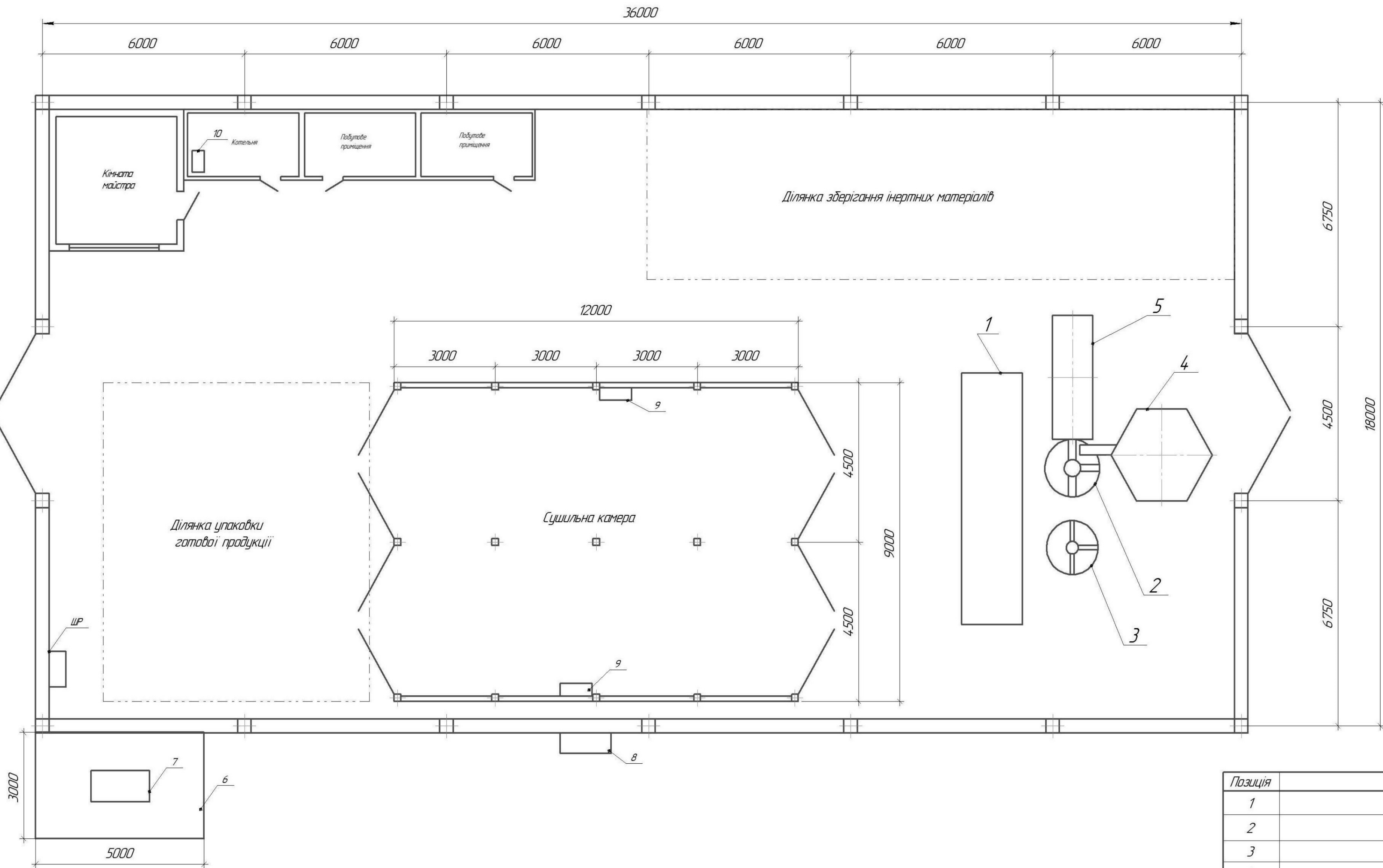
Технічні дані споживачів цеху

Питомі витрати води та електроенергії для виробництва бетонних виробів

Назва	Технічні характеристики:		Призначення
Бетонозмішувач БМ - 0,1	Потужність	2,2 кВт	Призначений для перемішування фактурного шару
	Час перемішування	2-3 хв	
	Маса обсягу по завантаженню	100 л	
	Маса обсягу готового замісу	70 л	
Бетонозмішувач БМ - 0,4	Потужність	5,5 кВт	Призначена для перемішування основного шару
	Час перемішування	3-5 хв	
	Маса обсягу по завантаженню	400 л	
	Маса обсягу готового замісу	350 л	
Вібросито	Потужність	0,25 кВт	Призначене для просівання сипучих матеріалів
	Час просівання	3-5 хв	
	Маса обсягу по завантаженню	20 л/хв	
Гідравлічний вібропрес	Потужність	9 кВт	Призначений для формування виробів
	Цикл формування	20-30 сек	
Скіповий підійомник	Потужність	4,5 кВт	призначений для підняття інертних матеріалів у бетонозмішувач
	Керування	автоматичне	
Шнековий вивантажувач	Потужність	3,0 кВт	призначений для перевантаження цементу з силоса до бетонозмішувача



ПЛАН ЦЕХУ З РОЗМІЩЕННЯМ ОБЛАДНАННЯ



Позиція	Назва
1	Прес гідролічний
2	Бетоназмішувач БМ-0,4
3	Бетоназмішувач БМ-0,1
4	Сипос
5	Скиповий підіймник
6	Площадка для дизель-генератора
7	Дизель-генератор
8	Зовнішній блок кондиціонера
9	Внутрішній блок кондиціонера
10	Електричний котел

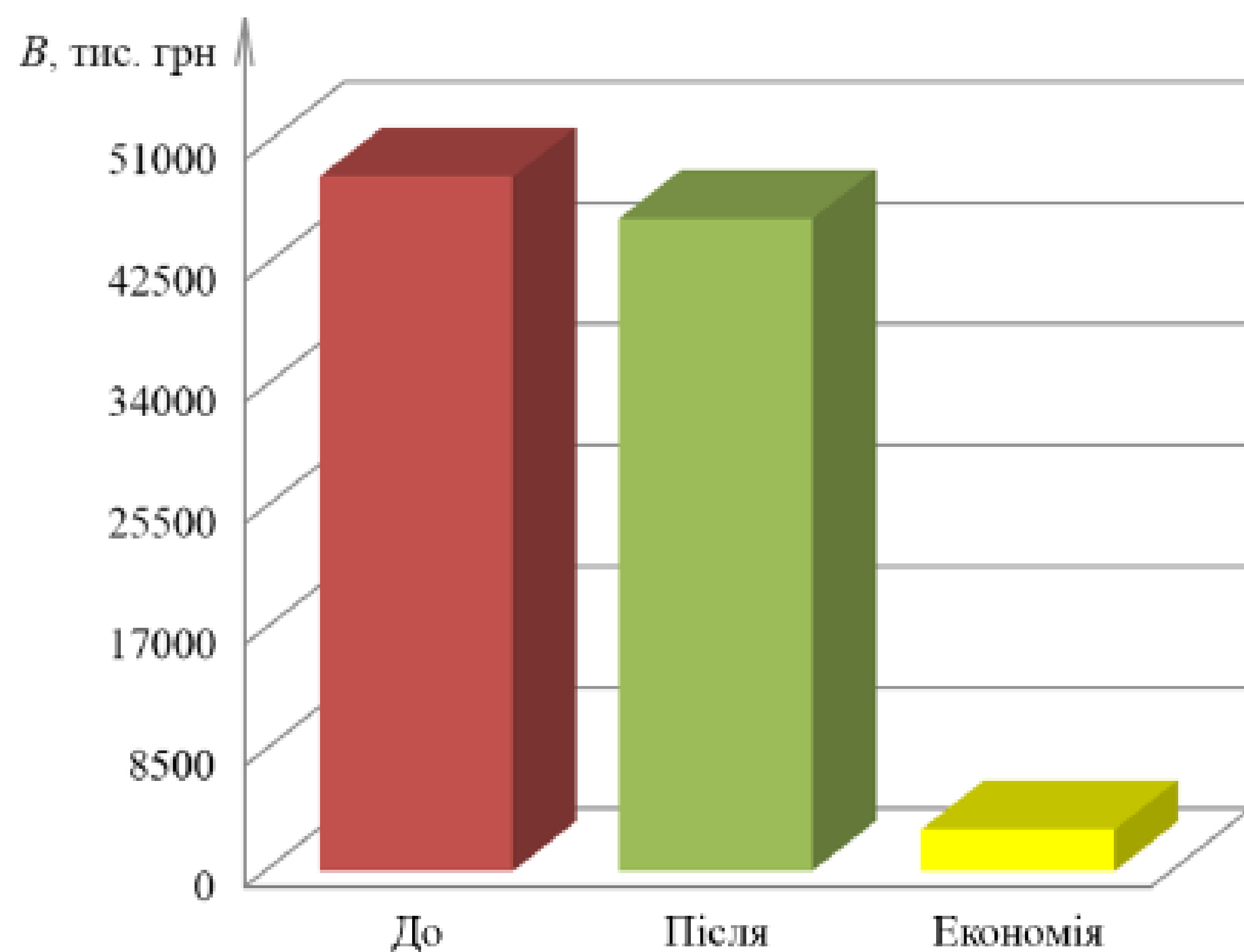
СТРУКТУРУ ВТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В МЕРЕЖАХ.



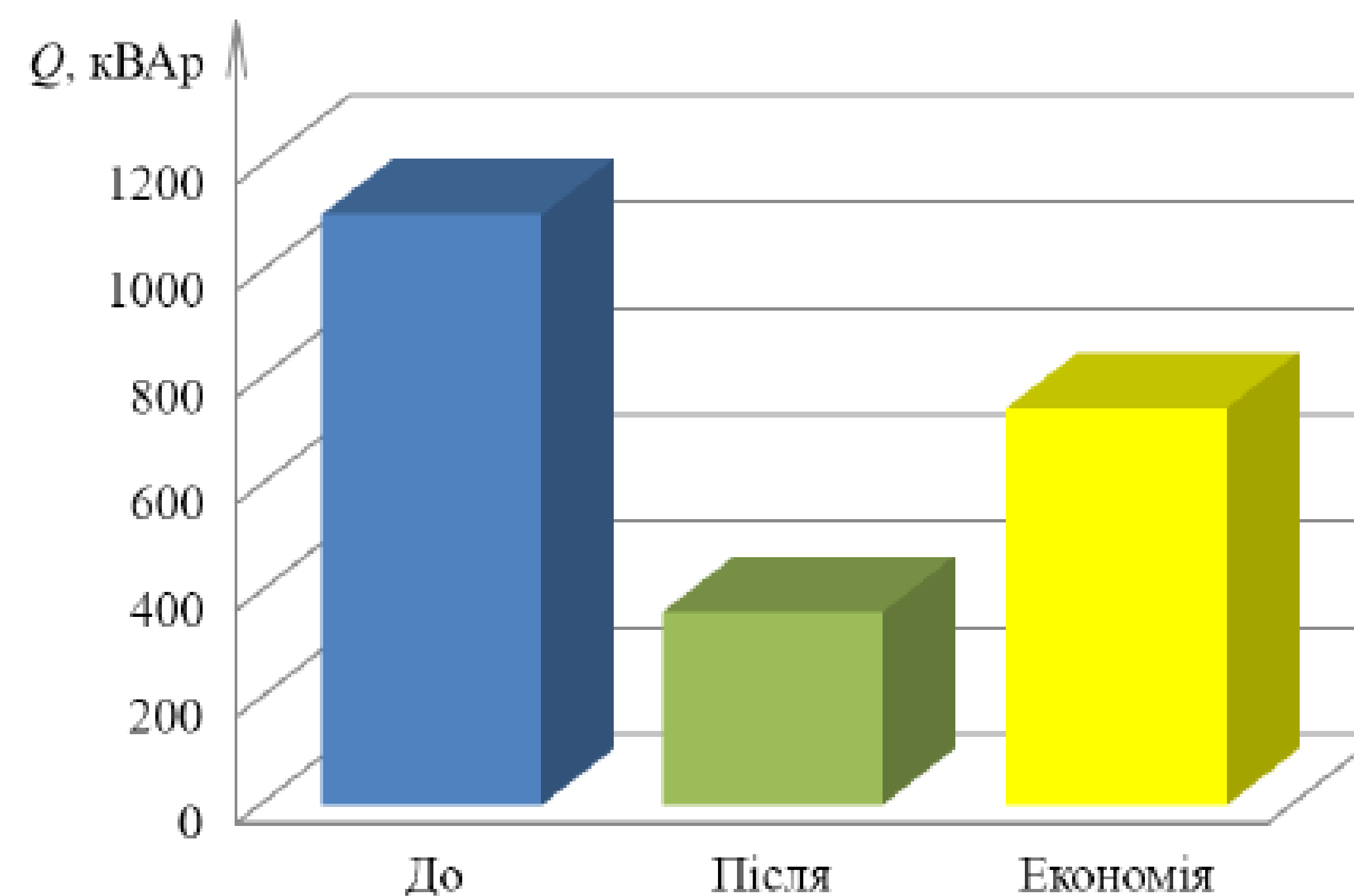
ДОДАТКОВІ ЗАХОДИ З ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ

Технічні характеристики УКМ 58-0,4-375-25 УЗ

Тип	Потужність, квар	Номинальний струм, А	Номинальний струм ввідного запобіжника, А	Мінімальна ступінь, квар
УКМ 58-0,4-375-25 УЗ	375	522	800	25



Річна вартість електроспоживання обладнанням цеху при встановленні конденсаторних установок

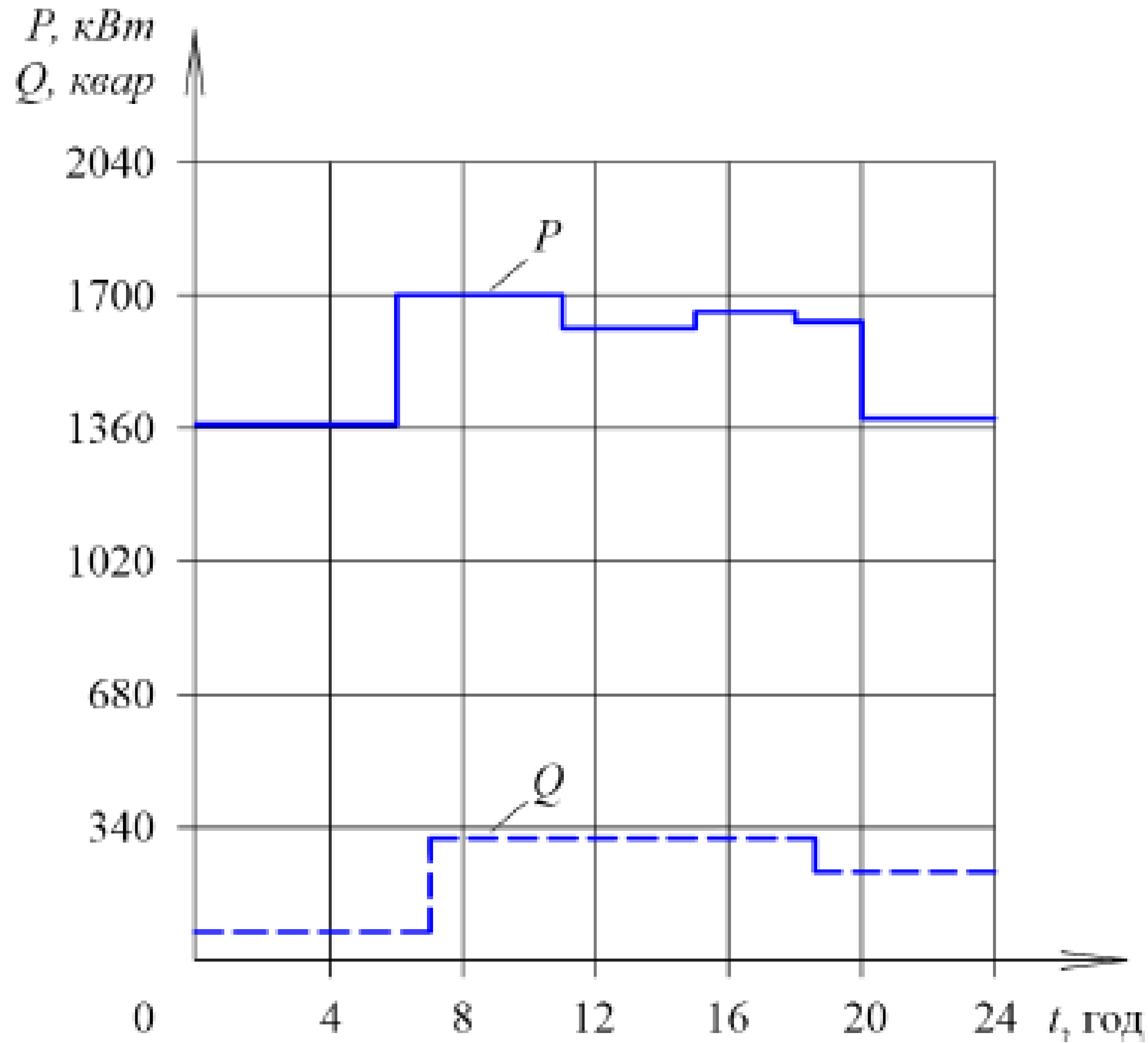


Обсяги споживання реактивної потужності обладнанням цеху при встановленні конденсаторних установок

ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ

Розрахунковий графік добових активних та реактивних навантажень підстанції цеху після компенсації

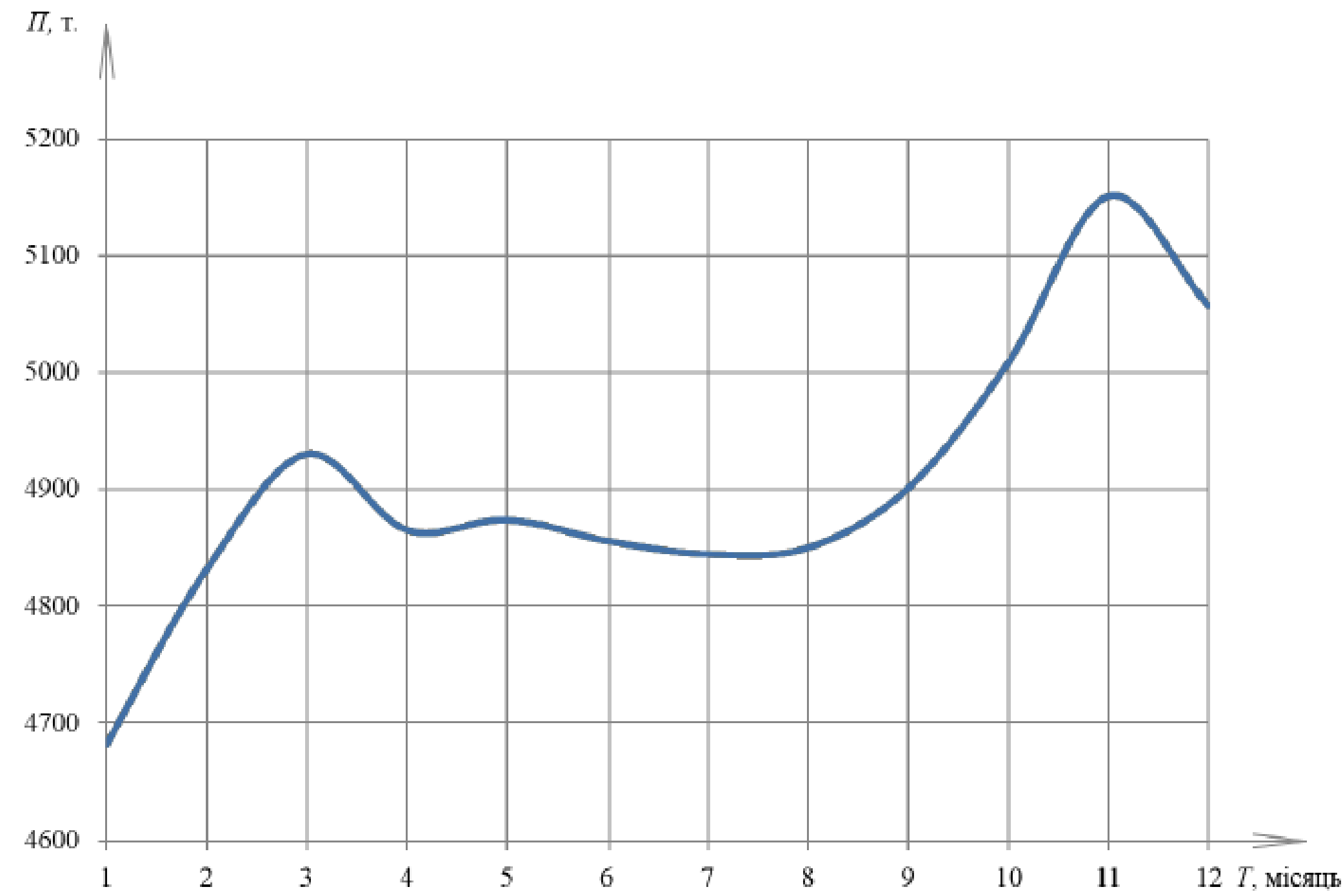
Річний обсяг випущеної продукції та споживаної електроенергії обладнанням цеху



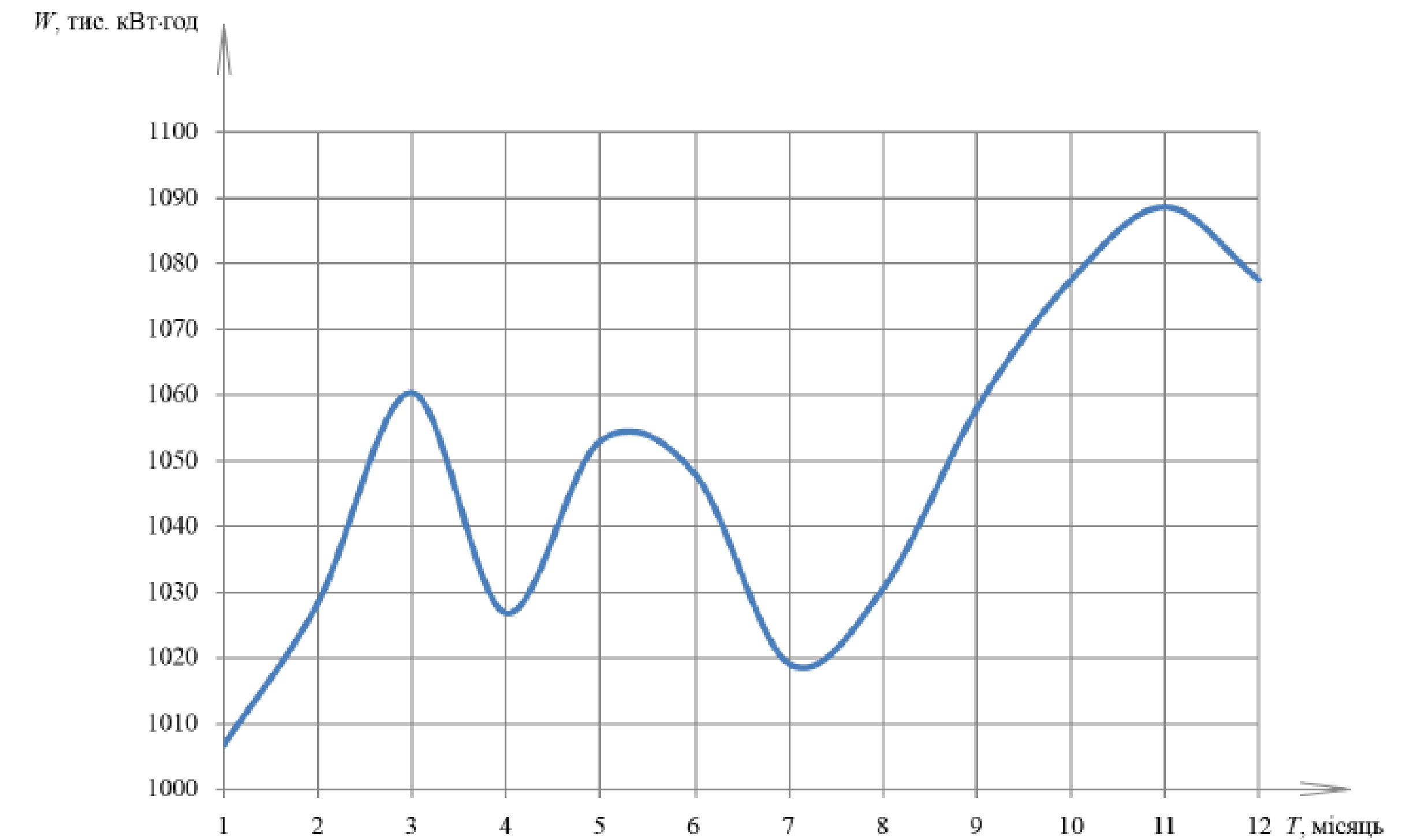
Місяць	Випущено продукції, т.	Електроспоживання, тис. кВт·год
<i>n</i>	<i>П</i>	<i>W</i>
1	2	3
1	4682,03	1006,86
2	4831,43	1028,4
3	4930,1	1060,37
4	4865,04	1026,91
5	4873,76	1052,97
6	4855,41	1047,95
7	4844,29	1019,15
8	4849,97	1030,6
9	4901,24	1058,04
10	5008,94	1077,5
11	5151,36	1088,64
12	5057,24	1077,58

РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ПРОГНОЗУВАННЯ

Об'єм випуску продукції за рік цехом



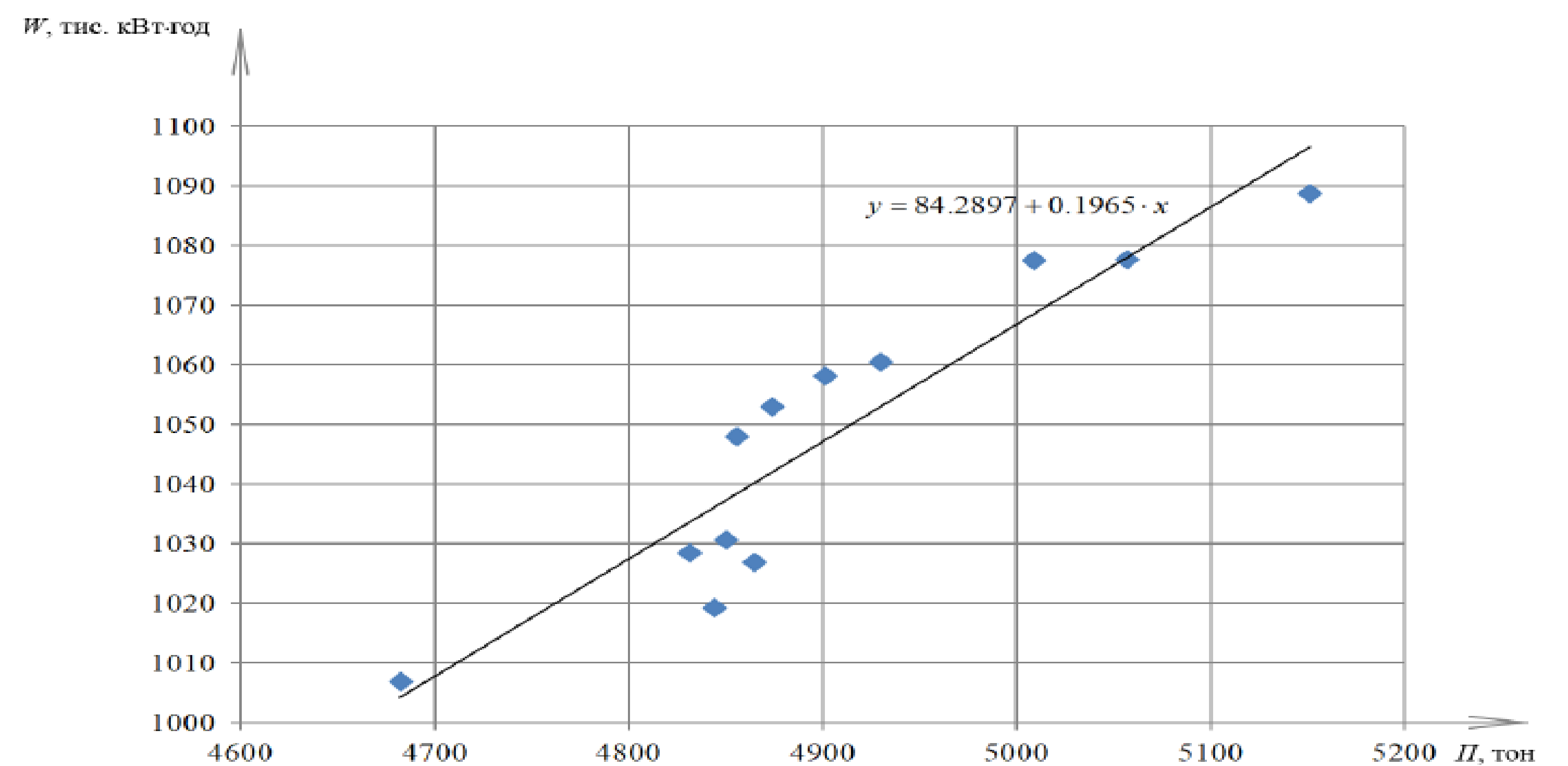
Споживання електроенергії за рік



Розрахунок параметрів регресії

№ п/п	x	y	x ²	y ²	x·y
1	2	3	4	5	6
1	4682,03	1006,86	21921404,921	1013767,06	4714148,726
2	4831,43	1028,4	23342715,845	1057606,56	4968642,612
3	4930,1	1060,37	24305886,01	1124384,537	5227730,137
4	4865,04	1026,91	23668614,202	1054544,148	4995958,226
5	4873,76	1052,97	23753536,538	1108745,821	5131923,067
6	4855,41	1047,95	23575006,268	1098199,203	5088226,91
7	4844,29	1019,15	23467145,604	1038666,723	4937058,154
8	4849,97	1030,6	23522209,001	1062136,36	4998379,082
9	4901,24	1058,04	24022153,538	1119448,642	5185707,97
10	5008,94	1077,5	25089479,924	1161006,25	5397132,85
11	5151,36	1088,64	26536509,85	1185137,045	5607976,55
12	5057,24	1077,58	25575676,418	1161178,656	5449580,679
Σ	58850,81	12574,97	288780338,117	13184821,008	61702464,963

Регресійна залежність між річним об'ємом випущеної продукції та споживаної електроенергії обладнанням цеху



ВИСНОВКИ

В роботі виконано аналіз можливості підвищення ефективності споживання електричної енергії обладнанням цеху ПрАТ «ФЕМ». В результаті енергетичного аудиту встановлено, що значною частиною споживачів електричної енергії є електроприводи з напругою живлення 0,38 кВ. Для підвищення ефективності споживання електричної енергії було розроблено комплекс технічних заходів.

1. Систематизовано виявлення та зменшення втрат електроенергії на основі альтернативних рішень. Запропоновано на підстанції цеху у нічну зміну в режимах малих навантажень трансформаторів $k_s = 0,4$, використовувати по одному трансформатору замість двох. Економічний ефект – збільшення терміну використання устаткування, економія на втратах.

2. Розрахована регресійна модель залежності електроспоживання від об'єму виготовленої продукції, рівняння регресії – $W = 84.29 + 0.1965 \cdot P$. Перевірена адекватність моделі за допомогою коефіцієнту кореляції $r_{x,y} = 0,924$ % і коефіцієнту детермінації $R^2 = 0,854$ % , доведена їх значимість. Перевірена якість параметрів регресії за допомогою середньої помилки апроксимації $A = 0,8$ % , коефіцієнту еластичності $E = 0,92$ % , стандартної помилки регресії $S = 10,35$ та стандартних відхилень випадкової величини $S_a = 126,02$, $S_b = 0,0257$. Рівняння регресії дозволяє оцінити рівень досягнутої енергоефективності електрообладнання та отримати інформацію щодо прогнозування подальшого споживання електричної енергії цехом.

3. Запропоновано вирішення питання компенсації реактивної потужності шляхом встановлення двох автоматичних комплектних конденсаторних установок УКМ 58-0,4-375-25 УЗ потужністю 375 квар. Даний захід дозволить знизити споживання реактивної потужності на 750 квар. Економічний ефект від впровадження становить 3757 тис. грн на рік. Термін окупності на реалізацію заходу становить 0,08 рік.