

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ім. Ю.М. ПОТЕБНИ

Електричної інженерії та кіберфізичних систем
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота

другий (магістерський) рівень
(рівень вищої освіти)

на тему «Підвищення ефективності електроспоживання обладнання
підприємства металургійної галузі»

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

(код і назва спеціальності)

спеціалізації _____

(код і назва спеціалізації)

освітньої програми Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка

(назва освітньої програми)

Тищенко Г.Р.

(ініціали та прізвище)

Керівник д.т.н., доц. Коваленко В.Л.

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

Рецензент д.т.н., проф. Артемчук В.В.

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

Запоріжжя
2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

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


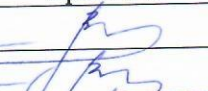

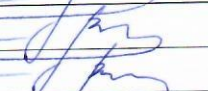


З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Тищенко Ганна Романівна
(прізвище, ім'я, по батькові)

- 1 Тема роботи «Підвищення ефективності електроспоживання обладнання підприємства металургійної галузі»
керівник роботи Коваленко В.Л., д.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ЗНУ від « 01 » травня 2023 року № 638 - с
- 2 Строк подання студентом роботи 01 грудня 2023 р.
- 3 Вихідні дані до роботи : техніко-економічні показники будівель і споруд підприємства, енерговитрати на виробництво продукції: електрична енергія 19663063 кВт·год, стиснуте повітря 23778600 м³, оборотна вода 11343800 м³. Фактичне споживання електричної енергії цехами: штамповка - 8,61x10⁶кВт·год, ЕСЦ- 4,94 x10⁶кВт·год, технічні характеристики пресів.
- 4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1) Характеристика підприємства металургійної галузі. 2) Аналіз електроспоживання обладнанням підприємства. 3) Заходи щодо підвищення енергетичної ефективності обладнання підприємства.
- Перелік графічного матеріалу : 1) Структура підприємства металургійної галузі. 2) План розташування цехів підприємства. 3) Аналіз споживання енергоносіїв на підприємстві. 4) Аналіз споживання електричної енергії. 5) Обґрунтування вибору джерела теплопостачання. 6) Схема підключення

електричного котла до електричної мережі. 7) Підключення частотного перетворювача до насосної станції.

5 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		

6 Дата видачі завдання 11.09.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Характеристика підприємства металургійної галузі	25.09.2023	
2	Аналіз електроспоживання обладнанням підприємства	16.10.2023	
3	Заходи щодо підвищення енергетичної ефективності обладнання підприємства	27.11.2023	


Студент 
(підпис)

Тищенко Г.Р.
(ініціали та прізвище)

Керівник роботи 
(підпис)

Коваленко В.Л.
(ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер 
(підпис)

С.В. Башлій
(ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Г.Р.Тищенко. Підвищення ефективності електроспоживання обладнання підприємства металургійної галузі.

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, 2023.

В кваліфікаційній роботі було внесено пропозиції щодо підвищення енергоефективності підприємства металургійної галузі. Для підвищення енергоефективності в насосних та компресорних установках пропонується застосувати частотний перетворювач, який призначений для безступінчастого регулювання швидкості асинхронних двигунів з короткозамкнутим ротором різних приводних механізмів. Також проведено вибір доцільного джерела теплопостачання, обрано три найбільш підходящих для даного підприємства, а саме, інфрачервоне електричне опалення, опалення за допомогою електричного котла, опалення за допомогою теплових акумуляторів.

Ключові слова: РЕГРЕСІЙНИЙ АНАЛІЗ, ЧАСТОТНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ, ЕЛЕКТРИЧНИЙ КОТЕЛ, ТЕПЛОВИЙ АКУМУЛЯТОР, РОТОР, ОБІГРІВАЧ, АСИНХРОННИЙ ДВИГУН, КОМПРЕСОРНА УСТАНОВКА.

ABSTRACT

G.R. Tishchenko. Increasing the efficiency of power consumption of equipment of the metallurgical industry.

Qualification final work for obtaining a master's degree in specialty 141 - Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics, supervisor V.L. Kovalenko. Zaporizhzhia National University. Engineering Educational and Scientific Institute named after Yu.M. Potebni, Department of Electrical Engineering and Cyberphysical Systems, 2023.

In the qualification work, proposals were made to improve the energy efficiency of a metallurgical enterprise. To improve energy efficiency in pumping and compressor units, it is proposed to use a frequency converter, which is designed for stepless speed control of squirrel-cage induction motors of various drive mechanisms. Also, the selection of an appropriate heat supply source was carried out, and the three most suitable for this enterprise were selected, namely, infrared electric heating, heating with an electric boiler, and heating with thermal accumulators.

Keywords: REGRESSION ANALYSIS, FREQUENCY CONVERTER, ELECTRIC BOILER, HEAT ACCUMULATOR, ROTOR, HEATER, INDUCTION MOTOR, COMPRESSOR UNIT.

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 Характеристика підприємства металургійної галузі.....	9
1.1 Характеристика виробництва.....	9
1.2 Структура енергетичного менеджменту на підприємстві.....	12
2 Аналіз електроспоживання обладнанням підприємства.....	17
2.1 Аналіз електроспоживання за місяцями.....	17
2.2 Технологічний процес виготовлення поковки.....	18
2.3 Характеристика виробництва стиснутого повітря, оборотної та питної води	20
2.4 Характеристика теплопостачання цехів підприємства.....	22
2.5 Енергетичний баланс споживання ресурсів та аналіз енергоємності продукції заводу.....	24
2.6 Аналіз питомого споживання енергоресурсів.....	31
3 Заходи щодо підвищення енергетичної ефективності підприємства.....	36
3.1 Енергозбереження в насосних та компресорних установках за допомогою частотного перетворювача.....	37
3.2 Вибір доцільного джерела теплопостачання.....	48
3.3 Обґрунтування вибору джерела теплопостачання.....	51
3.3.1 Визначення витрати теплоти на опалення заводу.....	51
3.3.2 Розрахунок інфрачервоного електричного опалення.....	53
3.3.3 Розрахунок системи опалення за допомогою електричних котлів.....	55
3.3.4 Розрахунок системи опалення за допомогою теплових акумуляторів	59
3.4 Вибір джерела опалення для заводу за методикою приведених витрат.....	61
3.5 Обґрунтування встановлення частотного перетворювача в насосній.....	67
Висновки.....	73
Перелік джерел посилань.....	75

ВСТУП

Актуальність роботи. Проблеми ефективного управління енергетичним споживанням металургійних підприємств в сучасних умовах розвитку економіки набувають особливої актуальності, оскільки наслідок невірно обраної стратегії та тактичної діяльності підприємства при обмеженості фінансових, енергетичних та інших ресурсів загрожує існуванню підприємства. Стратегія управління енергоефективністю металургійного підприємства визначає основні пріоритети його розвитку, можливості та ризики, що пов'язані з зовнішньою кон'юктурою і внутрішньо-організаційними процесами. Однак навіть досконало розроблене рішення не може бути ефективно впроваджене без науково-обґрунтованого механізму його реалізації. Це потребує розроблення спеціального інструментарію управління енергоефективністю, який забезпечить стабільний розвиток підприємства.

В Україні та країнах СНД на одиницю продукції, що випускається, витрачається в 3 рази більше енергетичних ресурсів, ніж в індустріально розвинених країнах світу, що робить продукцію металургійної галузі обмежено конкурентоздатною на світовому ринку, обсяги її реалізації обмежуються в основному потребами внутрішнього ринку. Проблема енергозбереження є комплексною, пов'язаною з рішенням не тільки фінансових, але і технічних, соціальних, економічних, науково-організаційних, технологічних, екологічних питань.

Мета роботи - підвищення ефективності електроспоживання обладнання підприємства металургійної галузі.

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

- аналіз електроспоживання обладнанням підприємства;
- вибір доцільного джерела теплопостачання;
- обґрунтування вибору джерела теплопостачання;

- визначення витрати теплоти на опалення заводу;
- розрахунок інфрачервоного електричного опалення;
- розрахунок системи опалення за допомогою електричних котлів.
- розрахунок системи опалення за допомогою теплових акумуляторів;
- обґрунтування встановлення частотного перетворювача в насосній.

Структура та обсяг роботи. Магістерська робота включає вступ, три розділи, висновки та перелік джерел посилання. Загальний обсяг складає 76 сторінок, у тому числі 25 ілюстрацій та 31 таблиця.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА МЕТАЛУРГІЙНОЇ ГАЛУЗІ

1.1 Характеристика виробництва

Ковальсько-штампувальний завод є спеціалізованим підприємством по забезпеченню сталевими штампованими заготівками підприємств автомобільного та сільськогосподарського машинобудування .

Підприємство, як об'єкт контролю та обліку енергоресурсоспоживання, представляє собою сукупність пов'язаних ділянок, забезпечує здійснення виробничих технологічних процесів по підготовці й термічній обробці штампувальних виробів.

Завод має повністю замкнутий цикл виробництва штамповок, який включає підготовку виробництва (проекування і виробництво штампувального оснащення) й термічну обробку з кінцевими операціями.

Виробляються штамповані заготівки для усіх характерних груп автомобільних деталей: шестерень, фланців, валів, маточин, хрестовин, шатунів, вилок, важелів и др. масою від 0,3 до 50 кг. Окрім основної продукції завод виготовляє : борони, плуги, культиватори, прості вироби з механічною обробкою типу фальцев, дисків. Також виготовляються наступні товари народного споживання: молотки слюсарні, кувалди, кирки будівельні, топорики туристичні, тиски слюсарні, ножниці господарські, петлі та інше.

Підприємство має наступну систему енергопостачання:

- електропостачання від підстанції глибокого вводу;
- водопостачання від системи артезіанських свердловин і водонасосної станції;
- забезпечення стислим повітрям від компресорної станції.

Потужності заводу дозволяють випускати до 60,0 тис. т. гарячих штамповок в рік.

Підприємство включає наступні структурні підрозділи:

- ковальсько-термічний цех “КТЦ” - виготовлення штамповок;
- інструментальний цех “ІСЦ” - виготовлення оснащення для КТЦ;
- енергосиловий цех “ЕСЦ” – поділяється на 4 підрозділи: виробництво стиснутого повітря, оборотної та питної води, електроремонтний підрозділ;
- ремонтно-механічний цех “РМЦ” – проведення ремонту обладнання і будівель заводу;
- транспортний цех “ТЦ”- перевезення вантажів. До складу транспортного цеху належать автокари, електрокари, спеціальні машини, автобуси, залізничний транспорт тощо.

Споживачами гарячих штамповок по галузям є – автомобільна промисловість, залізнична галузь, гірничодобувна промисловість, сільське господарство.

Сучасні штамповочні стани механізовані і автоматизовані, представляють собою досить потужні агрегати.

Підприємство також надає наступні послуги:

- відновлення штампів способом електрошлакового наплавлення;
- виготовлення оснащення;
- виготовлення штампів способом електрошлакового наплавлення;
- листове штампування і вирубка;
- лиття;
- механічна обробка деталей;
- проектування штампового оснащення;
- роботи токарні, фрезерні;
- ремонт штампів, матриць, ливарних форм і готових відливань;
- точне лиття заготовок;
- штампування;
- виготовлення поковок і штампувань;
- виготовлення токарних виробів під замовлення;
- виготовлення штампів для холодного штампування;

- виготовлення штампів і прес-форм;
- виготовлення елементів оснащення;
- круглошліфувальні роботи;
- лиття по моделях, що виплавляються;
- лиття садово-паркове;
- лиття сталеве точне;
- лиття вуглецеве;
- лиття чорних металів;
- металообробка;
- механічна обробка металів;
- обробка і покриття металу;

Структура підрозділів заводу наведена на рис. 1.1, а схема процесу виробництва на рис. 1.2.

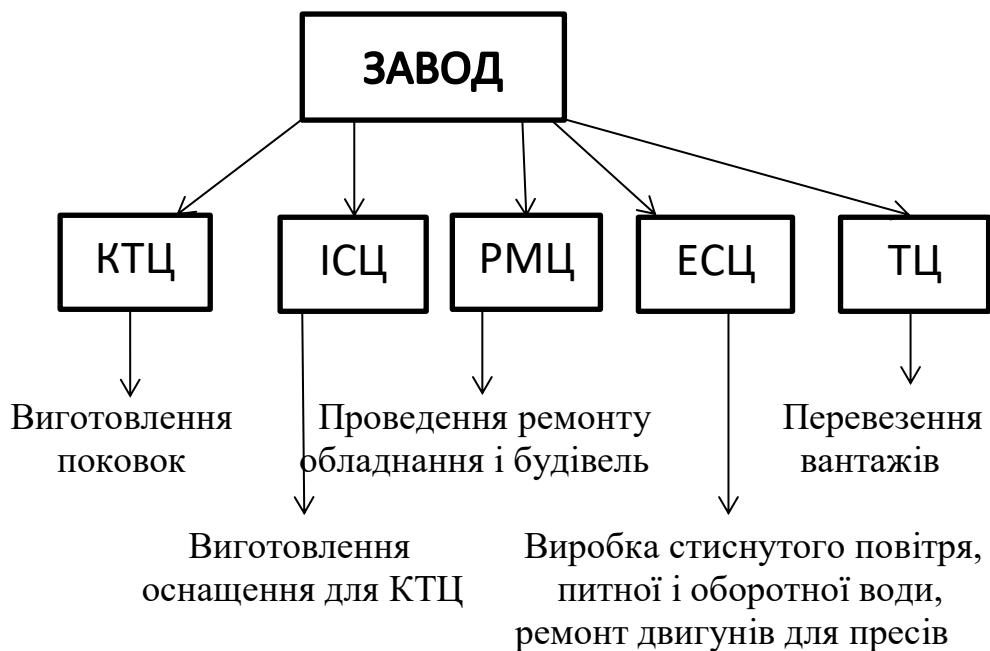


Рисунок 1.1 – Структура підприємства



Рисунок 1.2 – Схема процесу виробництва

1.2 Структура енергетичного менеджменту на підприємстві

Фахівець з енергетичного менеджменту призначений для роботи в міністерствах та адміністраціях, на підприємствах, в установах різного профілю та форм власності, науково-дослідних лабораторіях і центрах, які займаються питаннями енергозбереження та управління енергоспоживанням.

Важливе значення в реалізації цілей організації енергетичної сфери мають принципи управління, яких дотримуються керівники. Принцип – основне, вихідне положення теорії, правило діяльності організації в будь-якій сфері або правило поведінки особистості.

Принципи управління – це правила, норми управлінської діяльності, відповідно до яких має створюватися, функціонувати і розвиватись система менеджменту організації (підприємства).

Управління — складний і динамічний процес, керований і здійснюваний людьми для досягнення поставленої мети. Після того як встановлено цілі управління, необхідно знайти найбільш ефективні шляхи та методи досягнення їх. Інакше кажучи, якщо при визначенні цілей потрібно відповісти на запитання «чого потрібно досягти?», то слідом за цим виникає запитання: «як найбільш раціонально досягти мети?». Отже, виникає потреба у застосуванні арсеналу засобів, що забезпечують досягнення цілей управління, тобто методів управління.

Методом називається захід або сукупність заходів у будь-якій людській діяльності, спосіб досягнення мети, шлях вирішення певного завдання.

Засоби цілеспрямованого впливу на трудовий колектив або на окремих його членів називають методами управління. Методи являють собою важливий елемент процесу управління, наявність прогресивних методів управління та вміле використання їх є передумовою ефективності управління і господарських процесів.

Передумови створення системи енергетичного менеджменту на підприємстві:

1) організаційні:

- суб'єктивні чинники:

а) зацікавленість керівництва у запровадженні політики енергозбереження;

б) готовність керівництва запровадити економічно-обґрунтовану систему планування витрат на виробництво та його модернізацію;

- об'єктивні чинники:

а) наявність спеціалістів відповідної кваліфікації;

б) ведення обліку енергоспоживання або готовність його запровадження наявними технічними засобами;

2) технічні:

а) наявність або готовність запровадити сучасну систему обліку;

б) наявність комп'ютерного забезпечення та необхідних засобів вимірювальної техніки;

3) економічні:

а) наявність грошей для оплати послуг консультанта та для необхідного навчання персоналу;

б) доля витрат на енергоресурси в структурі собівартості не повинна бути меншою за 10 - 20 %.

Енергетичний менеджмент починається з призначення на підприємстві відповідальної особи – енергетичного менеджера. На цьому ж етапі формулюються основні цілі і передбачувані результати на подальші декілька років.

Основні обов'язки енергетичного менеджера полягають в наступному:

- участь в складанні карти вжитку енергії на підприємстві;
- збір даних по вжитку паливно-енергетичних ресурсів з використанням лічильників і контрольно-вимірювальної апаратури;
- складання плану установки додаткових лічильників і контрольно-вимірювальної апаратури;
- збір даних по потоках сировини, паливно-енергетичних ресурсів і готової продукції;
- розрахунок ключових даних по підвищенню ефективності використання енергії – в цілому і по окремих виробництвах;
- визначення, локалізація і впровадження заходів по економії енергії, що не вимагають інвестицій або з мінімальними інвестиціями;
- локалізація, оцінка і визначення пріоритетності заходів по економії енергії, вимагаючи крупніших інвестицій;
- участь в складанні схеми основного устаткування і варіантів енергозабезпечення для випадків аварійного припинення енергопостачання;

– інформування персоналу підприємства про діяльність по енергетичному менеджменту і заходи, що робляться, направлені на економію енергії;

– впровадження нових технологій на існуючих і нових енергоносіях для підвищення енергоефективності виробництва;

– участь в розробці бізнес-планів і виробничої стратегії підприємства нарівні з іншими керівниками.

Основні вимоги до енергоменеджера:

- - повинен мати широку фундаментальну, наукову і практичну підготовку, глибокі знання основ теплоенергетики, електроенергетики і нетрадиційної енергетики;

- - уміти приймати оптимальні управлінські рішення по ефективному енерговикористанню, застосовувати прогресивні методи прогнозування, планування, обліку, контролю й аналізу енерговикористання виробничих систем;

- - здійснювати консалтингові послуги по розробці і застосуванню програм енергозбереження і запуску системи енергетичного менеджменту

- - уміти проводити інспекторську перевірку, експертизу й енергетичний аудит виробничих систем з питань енергетичної ефективності, комплексного вивчення енергетичного ринку, оцінки і формування енергетичної політики;

- - володіти основами ринкової економіки й економічної стратегії, економічним мисленням, здатністю до ділового спілкування, підприємництву і комерційній діяльності.

На заводі відсутня система енергетичного менеджменту, його обов'язки виконує відділ головного енергетика заводу. В кожному цеху є головний енергетик цеху і також працює черговий електрик (кількість електриків залежить від складності і розмірів виробництва). На рисунку 1.3 представлений зразок схеми управління підприємством за участю служби енергоменеджменту.

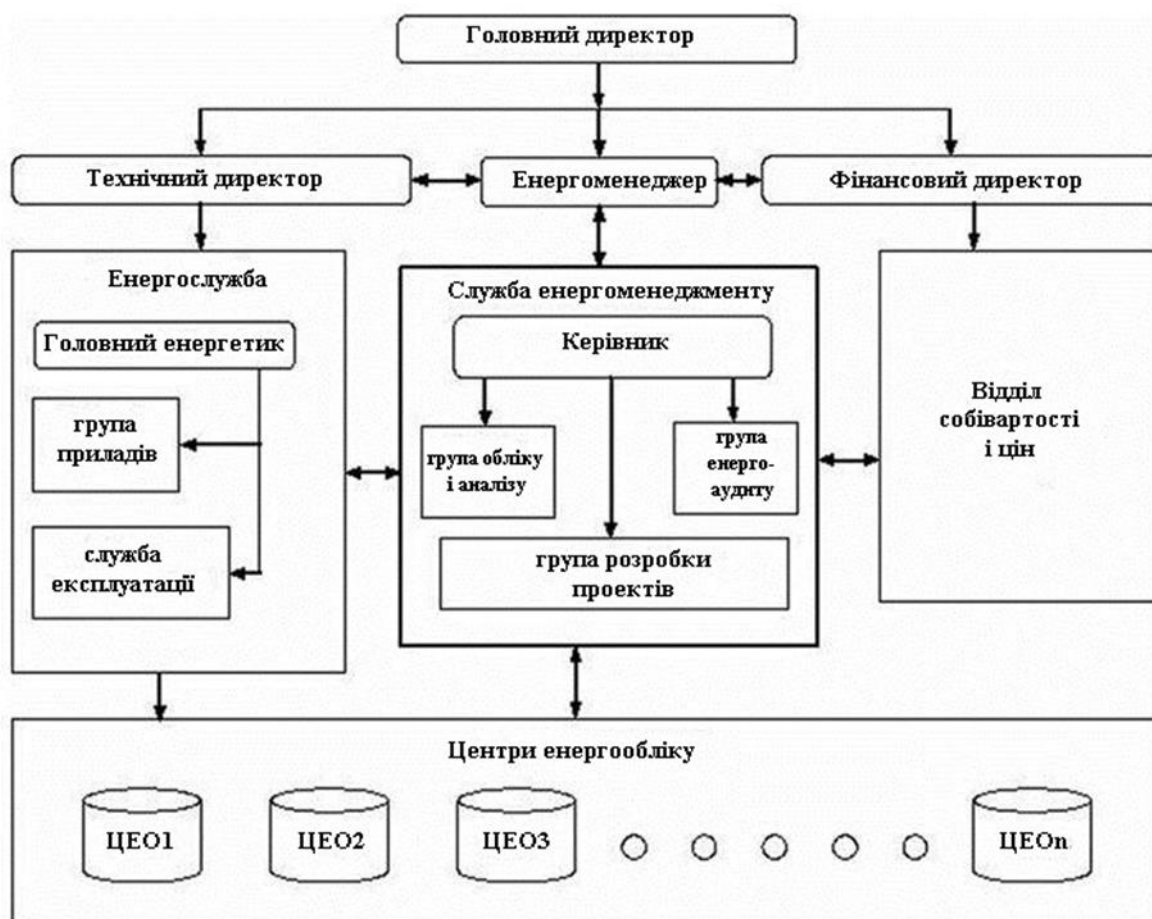


Рисунок 1.3 – Структура управління енергоспоживанням

2 АНАЛІЗ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ ОБЛАДНАННЯМ ПІДПРИЄМСТВА

2.1 Аналіз електроспоживання за місяцями

На підприємстві для виготовлення продукції використовують електричну енергію, стиснуте повітря, оборотну воду. Електропостачання здійснюється від підстанції глибокого вводу. На рисунку 2.1 наведено розподілення електричної енергії за 2021 рік.

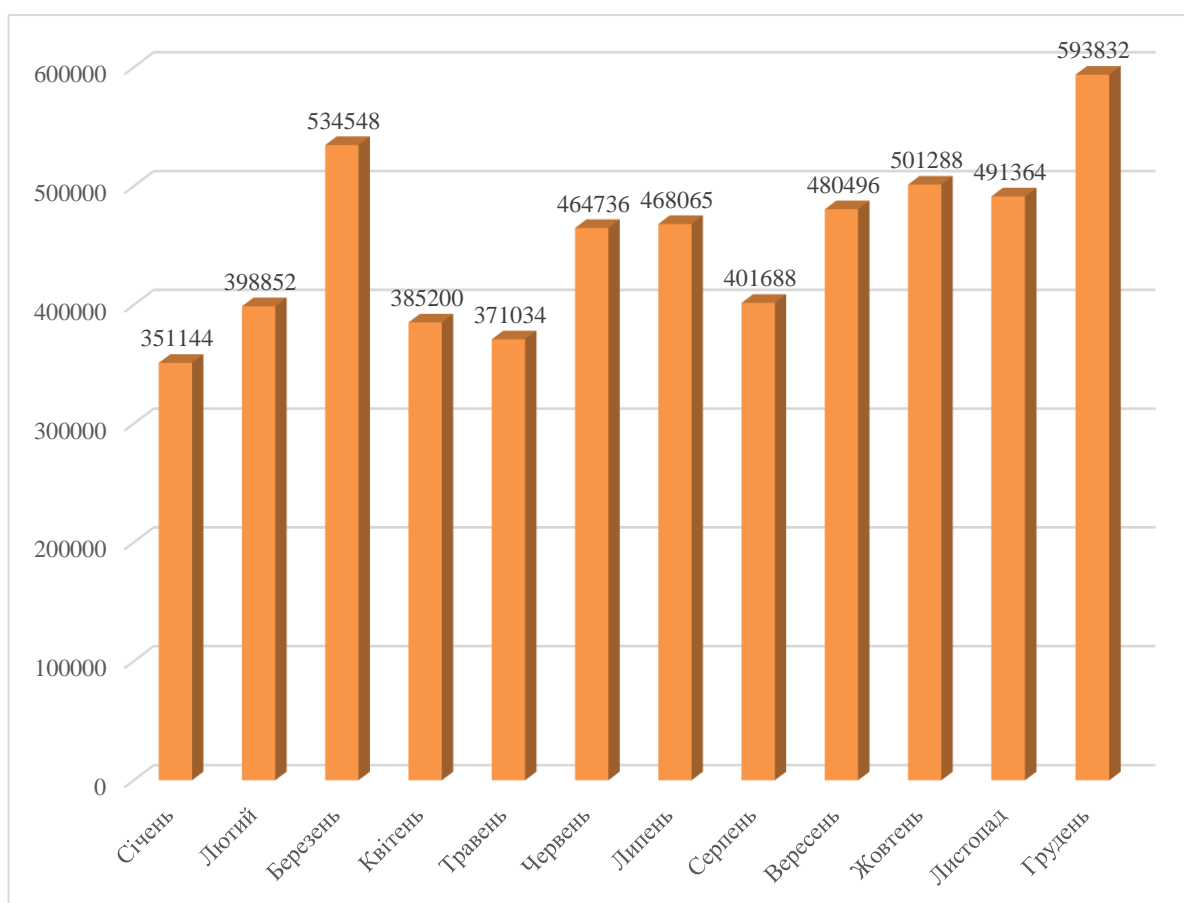


Рисунок 2.1 – Споживання електричної енергії по заводу за 2021 рік

Аналізуючи рис. 2.1 бачимо, що в певні місяці року, а саме в березні і грудні, спостерігається значне підвищення споживання електричної енергії.

2.2 Технологічний процес виготовлення поковки

З метою визначення систематичних та випадкових впливів на процес енергоспоживання на підприємстві, розглянемо технологічний процес виготовлення поковки.

Гарячекатаний прокат, який поступив на підприємство транспортується до ковальсько-термічного цеху, де його обрізають до потрібного розміру. Одержані заготівлі нагрівають до температури $(1160+80)$ °С, нагріті заготівлі подаються із індуктора на транспортер до преса автоматично. Недогріті або перегріті заготівлі відкидаються за допомогою кліщів у тару. При цьому повторний нагрів не допускається. Заготівлі, які не відштамповані після першого нагріву очищають від окалини. Температуру нагріву заготівель перевіряють кожні дві години і дані записують у журнал. Потім проводиться об'ємне штампування. Установку і перенесення заготівель роблять кліщами. Струмок штампа вручну змазують (через дві - три поковки) змазкою.

Потім отримані поковки обрізають і проводиться контроль технічного контролю (ВТК). Перевірці підлягають охолоджені поковки. Перенесення поковок для контролю від пресу до столу ВТК та від столу до пресу роблять вручну кліщами. Перевіряти необхідно одну дві поковки кожну годину роботи пресу. Вже перевірені поковки транспортуються у тарі до ділянки очищення, потім до ділянки контролю твердості і далі до заточного верстату. Заточування проводять за необхідністю. Далі поковки транспортують у тарі до лінії приймання ВТК, де проводиться контроль. Готові поковки транспортують у тарі до складу готової продукції.

Для виготовлення поковки використовується наступне обладнання:

- прес спеціальний гаряче-штампувальний з кривошипним зусиллям 16000КН (1600ТС). Модель КБ8042. Технічні характеристики пресу наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики пресу КБ8042

Кількість двигунів на пресі, од.	3
Електродвигун головного приводу: потужність, кВт частота обертання, об/хв	90 720
Електродвигун механізму регулювання закритої висоти: потужність, кВт частота обертання, об/хв	5,5 735
Електродвигун станції густий: потужність, кВт частота обертання, об/хв	0,75 1500
Рід току живлячої мережі	змінний трифазний
Частота току, Гц	50
Напруга, В	380
Рід току електропривода пресу	змінний трифазний
Напруга силового ланцюга, В	380
Напруга ланцюгів управління, В	380, 110, 220
Напруга сигналізації, В	24
Напруга ланцюга освітлення, В	12, 220
Сумарна потужність всіх електродвигунів, кВт	96,25

Вальці ковальські консольні:

- частота оберту валка – $1,08(65) \text{ c}^{-1}(\text{об/хв})$;
- потужність електричного двигуна головного приводу – 31,5кВт;

- номінальне зусилля – 800кН.

Горизонтально-ковальська машина СКМ800:

- частота оберту електродвигуна – 730об/хв;
- потужність електричного двигуна – 40кВт.

Горизонтально-ковальська машина ПККШ – 6300:

- частота оберту електродвигуна – 730об/хв;
- потужність електричного двигуна – 40кВт.

Прес кривошипний гаряче-штампувальний К8544:

- число ходів у хвилину – 60ход/хв.

Піч -04. Технічні характеристики печі наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики печі - 04

Потужність, кВт	554,4
Напруга, В	380
Частота оберту, об/хв	50
Температура, °С	800
Продуктивність, кг/год	3500
Потужність холостого ходу, кВт	61,43

2.3 Характеристика виробництва стиснутого повітря, оборотної та питної води

На заводі стисле повітря виробляють за допомогою компресорів в енергосиловому цеху.

Технічні характеристики компресорів наведені в таблицях 2.3 і 2.4.

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики компресора типу 4ВМ10-100/8

Потужність, кВт	680
Q, м ³ /хв	100
Робочий тиск, кг/см ²	5,2
Частота оберту, об/хв	600

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики компресора типу 5Г100/8

Потужність, кВт	625
Q, м ³ /хв	100
Робочий тиск, кг/см ²	5,2
Частота оберту, об/хв	183

Також на заводі є оборотна система водопостачання. Водопостачання здійснюється за рахунок роботи у парі двох насосів.

Технічні характеристики компресорів наведені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики компресорів

	18НДС	16НДН
Q, м ³ /хв	1982	1980
Н, кг/см ² (м)	3,2 (32)	2,2 (22)
Потужність, кВт	250	160

Система питного водопостачання складається із видобутку води з артезіанських свердловин, які наповнюють накопичуючі резервуари на водонасосній станції (об'єм резервуарів 1000 м³). З резервуарів вода подається споживачам насосом типу К68-100/60. Артезіанські насоси і насоси подачі води споживачам працюють цілодобово.

Технічні характеристики насосу наведені в таблиці 2.6, а технічні характеристики насосу артезіанських свердловин типу ЄЦВ10-180/63 в таблиці 2.7.

Таблиця 2.6 – Технічні характеристики насосу подачі води споживачам

Q, м ³ /хв	100
H, кг/см ² (м)	6(60)
Потужність, кВт	20

Таблиця 2.7 – Технічні характеристики насосу артезіанських свердловин

Q, м ³ /хв	63
H, (м)	180
Потужність, кВт	45

2.4 Характеристика тепlopостачання цехів підприємства

На даний момент на підприємстві відсутнє тепlopостачання і газопостачання. У зв'язку з високими тарифами на газ, підприємство стало не в змозі сплачувати його поставку. З того часу тепlopостачання будівель не здійснюється.

Взимку для опалювання робочих кабінетів використовують електричні каміни та обігрівачі.

В таблиці 2.8 наведені техніко-економічні показники будівель і споруд.

Таблиця 2.8 - Техніко-економічні показники будівель і споруд

Назва будівель і споруд	Річна потужність за проектом	Площа, м ²		Будівельна кубатура	Поверховість будівлі
		Забудови	Розгорнута		
1	2	3	4	5	6
Ковальсько-термічний цех а) три прольоти в рядах «АБВГД» з вбудованими підстанціями № - 4,7-9,15,16 и РУ-1 б) побутові приміщення в) машзал	4 ген.	17352 840 1310	17352 2414 1310	293318 7252 13500	одноповерхова триповерхова одноповерхова
Інструментальний цех Корпус допоміжних цехів у складі інструментального й ремонтного цехів, термічного й ковальського відділень, підстанцією №5, побутовими приміщеннями		5819	6755	71006	виробниче – 1 пов., побутове - 2 пов. антресольна частина – 3 пов.
Котельня		574	574	4500	одноповерхова
Компресорна з побутовими приміщеннями РП-2 та ТП-2	400м ³ /хв	760	760	6185	одноповерхова
Оборотне водопостачання з 4-х секційною градирнею, резервуаром 200 м ³ , напірним трубопроводом охолодженої води й відпрацьованої горячої	2000м ³ /год				
Господарський і проти-пожежний водопровід а) насосна станція з підстанцією №17 б) артсвердловина 1,2,7,8 в) резервуар залізобетонний	60м ³ /год 500 м ³	288	288	2700	одноповерхова

Продовження таблиці 2.8

1	2	3	4	5	6
Побутовий корпус		1947	7787	25700	чотирипо- верхове з підвальним приміщ.
Експериментальний цех		20315 ,8	20315,8	343337	одноповер- хове
Будівля товарів народного вжитку (ТНВ)		1584	1584	26769,6	одноповер- хове
Будівля транспортного цеху		864	900	2500	одноповер- хове
Заводоуправління		780	2340	7020	триповер- хове
Ремонтно-будівельний цех (РБЦ)		542	542	1626	одноповер- хове

Аналізуючи дані таблиці 2.8, можна зробити висновок, що на заводі здебільшого одноповерхові будівлі великого об'єму. Споруди побудовані давно, тому доцільно провести термомодернізацію будівлі.

2.5 Енергетичний баланс споживання ресурсів та аналіз енергоємності продукції заводу

Мета розроблення енергетичних балансів це - підвищення ефективності використання у промисловості всіх видів палива і енергії. За допомогою енергобалансів можна визначити та проаналізувати фактичний стан використання енергетичних ресурсів, встановити причини та наслідки нераціонального енерговикористання, розробити організаційно-технічні заходи, спрямовані на зниження втрат паливно-енергетичних ресурсів і тощо.

За формою складання енергетичний баланс визначається як зведений статистичний звіт про виробництво (видобуток) та надходження видів (джерел) енергії, витрати і використання, який показує походження і види використання всіх джерел енергії, що використовуються в країні протягом року (або, можливо, за інший період часу). У такому балансі всі види енергії виражені в загальній одиниці обліку і показують взаємозв'язок між витратами.

Енергетичний баланс за споживанням електричної енергії та за її витратами окремими підрозділами складають за інформацією щодо фактичного споживання електричної енергії за останній рік виробництвами, що не змінювали і не планують у найближчі роки змінювати обсяги виробництва більш ніж на 20 - 30 %.

В таблиці 2.9 наведені енерговитрати на виробництво продукції за 2021 рік. Фактичне споживання енергії наведено в таблиці 2.10.

Таблиця 2.9 – Енерговитрати на виробництво продукції за 2021 рік

Електроенергія, кВт·год	19663063
Оборотна вода, м ³	11343800
Стиснуте повітря, м ³	23778600
Питна вода, м ³	171722

Таблиця 2.10 – Фактичне споживання електричної енергії за 2021 рік

№	Назва процесу	W _ф , 10 ⁶ кВт·год
1	Різка	1,42
2	Штамповка	8,61
3	Термообробка	2,74
4	Послуги ЕСЦ	4,94
5	Споживання по цехам	1,96
Загальний обсяг споживаної електричної енергії		19,67

Аналізуючи дані таблиці 2.10, можна зробити висновок, що на штамповку витрачається найбільша кількість електричної енергії.

В таблиці 2.11 наведені витрати на електричну енергію, в табл. 2.12 – витрати на енергоносії та енергоресурси при виробництві продукції за 2021 рік.

Таблиця 2.11 – Витрати на електричну енергію за 2021 рік

№	Назва роботи	Витрати, 10 ⁶ грн
1	Різка	0,67
2	Штамповка	4,05
3	Термообробка	1,29
4	Послуги ЕСЦ	2,32
5	Споживання по цехам	0,92
Загальні витрати на ел.енергію		9,25

Таблиця 2.12 – Витрати на енергоносії та енергоресурси при виробництві продукції за 2021 рік

Електроенергія, млн.грн	9,24
Оборотна вода, млн.грн	1,21
Стиснуте повітря, млн.грн	1,9
Питна вода, млн.грн	0,46

Для розрахунку споживання енергоносіїв в т.у.п. ,грн., та процентного споживання і витрат використовуємо наступне:

щоб перевести отримані значення річного споживання з нат.од. в т.у.п. треба помножити кожне значення на відповідний коефіцієнт переведення в т.у.п.

Для розрахунку відсотка споживання і відсотка витрат, треба розрахувати сумарне значення річних витрат і річного споживання т.у.п всіх енергоносіїв, далі кожне значення витрат і споживання поділити на цю суму. Отримані значення заносимо до таблиці 2.13.

Таблиця 2.13 – Зведений енергобаланс

Енергоносій,	Коефіцієнт переведення в т.у.п.	Річне споживання, нат.од	Річне споживання, т.у.п.	% Споживання	% Витрат
Електроенергія, кВт·год	$1\text{МВт}=0,352$ т.у.п.	$19,66 \times 10^6$	6920,32	55,55	72,13
Оборотна вода, м ³	$10^3\text{м}^3=0,15$ т.у.п.	$11,34 \times 10^6$	1701	13,65	9,45
Стиснуте повітря, м ³	$10^3\text{м}^3=0,15$ т.у.п.	$23,78 \times 10^6$	3567	28,63	14,83
Питна вода, м ³	$10^3\text{м}^3=1,59$ т.у.п.	$0,17 \times 10^6$	270,3	2,17	3,59
Усього			12458,62	100	100

Робимо висновок з таблиці 2.13 : енергоносій, який найбільше споживається і витрачається на підприємстві – електроенергія.

Отриману структуру споживання і витрат відобразимо на діаграмах рисунок 2.2 і 2.3.

Використовуючи значення суми споживаної електроенергії та значення фактичного споживання по підрозділам за 2021 рік розрахуємо енергетичний баланс споживання електричної енергії.

На рис. 2.4. наведено енергетичний баланс споживання електричної енергії.

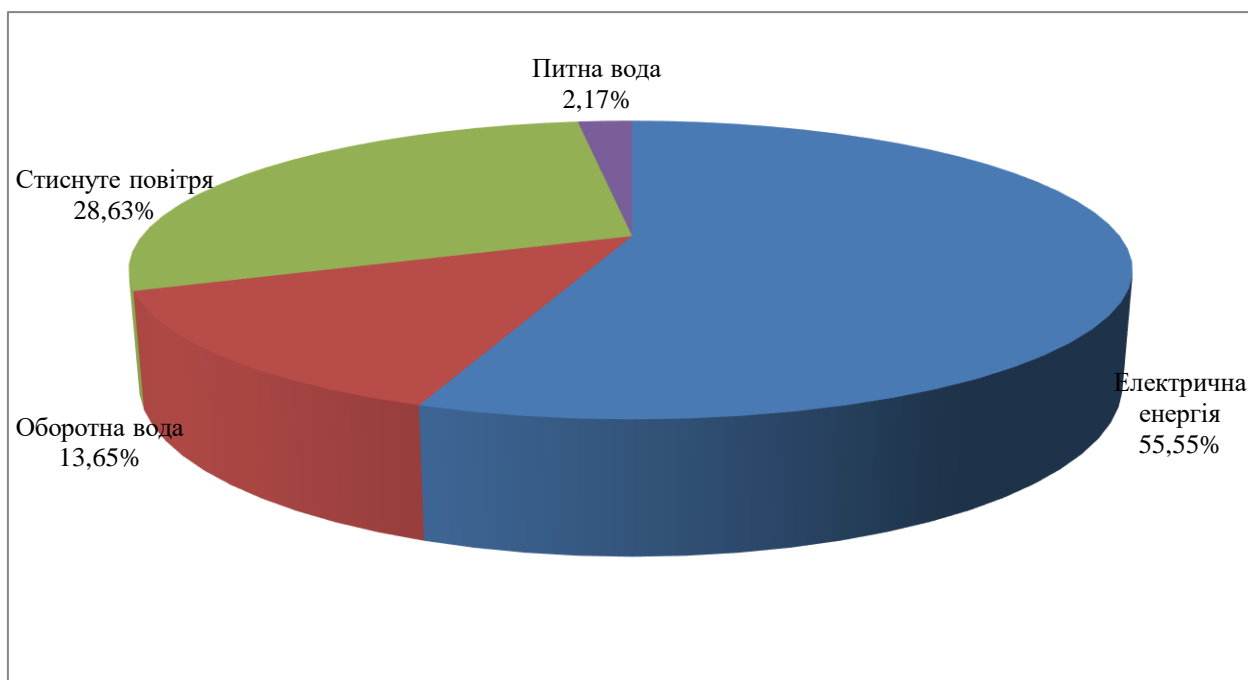


Рисунок 2.2 – Структура споживання енергоресурсів на підприємстві

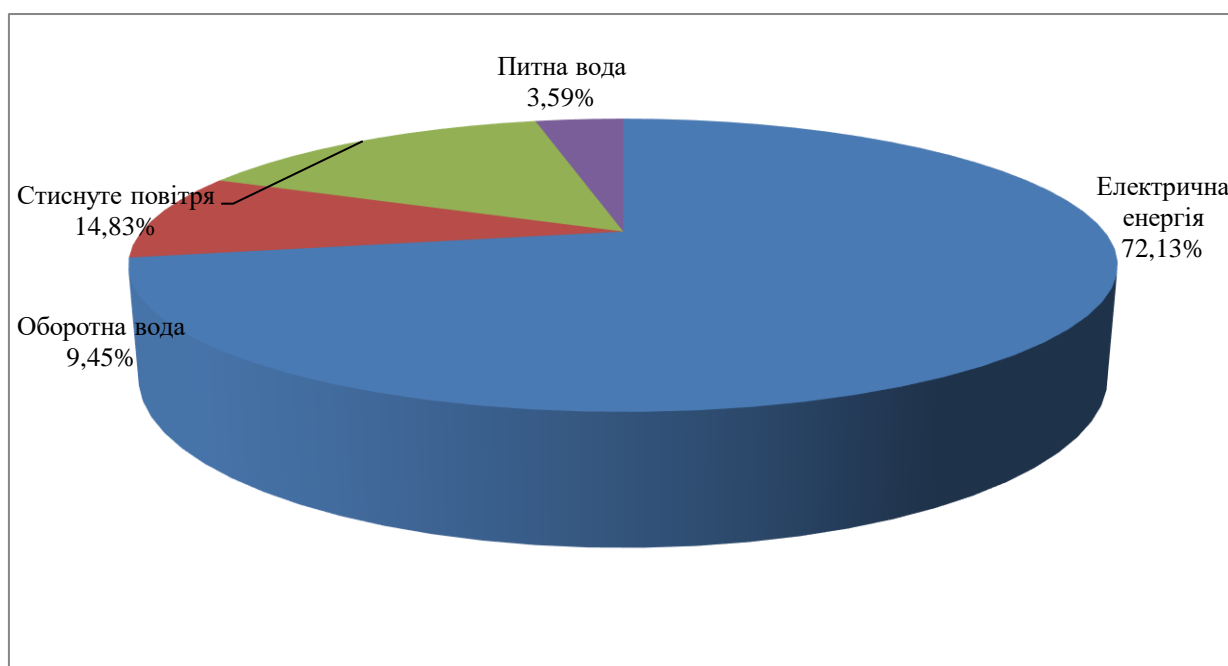


Рисунок 2.3 – Структура витрат на енергоресурси

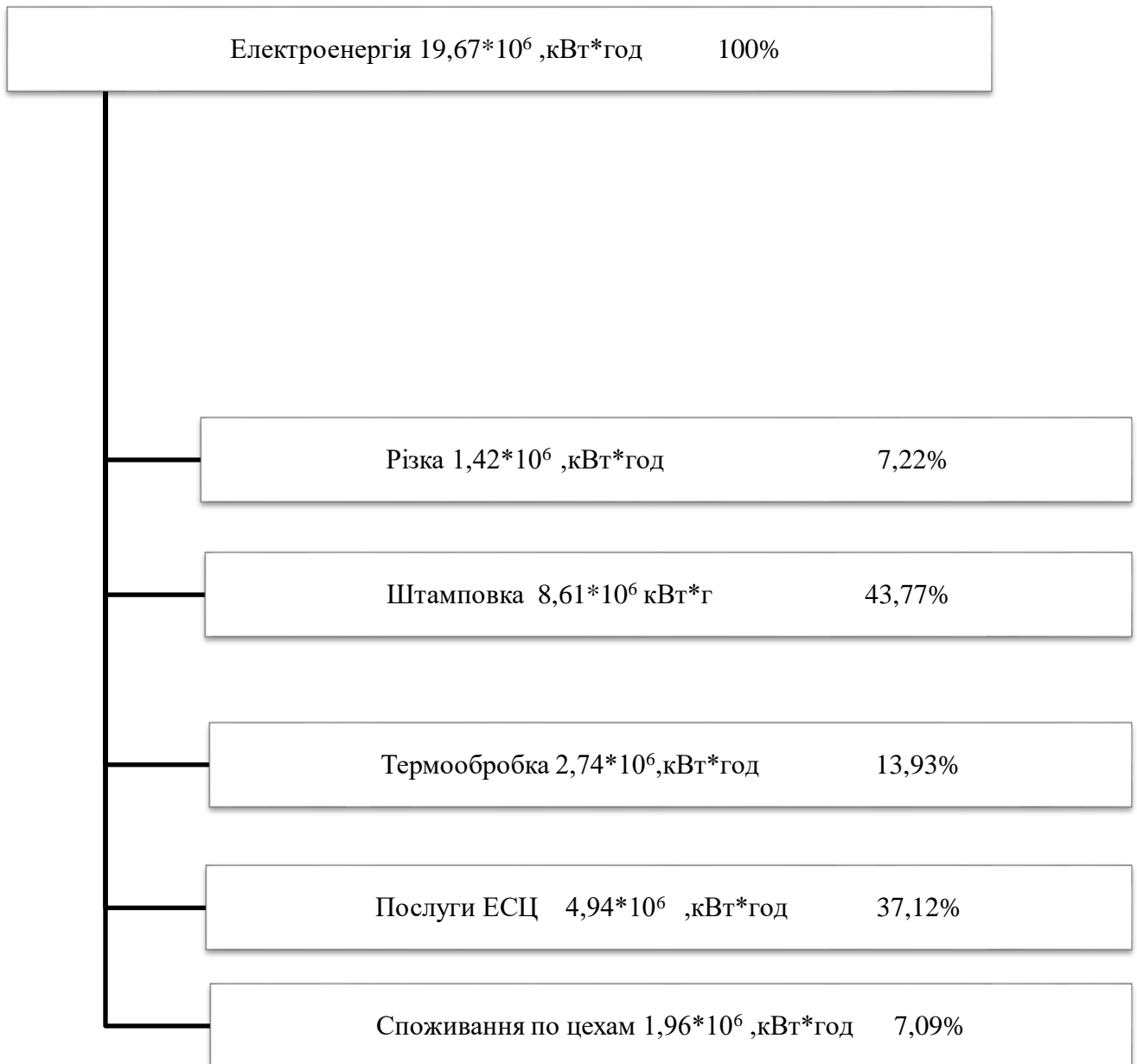


Рисунок 2.4 – Енергетичний баланс споживання електричної енергії

Аналізуючи енергетичний баланс споживання (рис. 2.4) можна зробити висновок, що на штамповку витрачається найбільше електричної енергії. На його роботу йде 43,77 % всієї електричної енергії. Також великий відсоток (37,12%) електричної енергії витрачається на послуги ЕСЦ. На рисунку 2.5 відображено споживання електричної енергії по ЕСЦ.

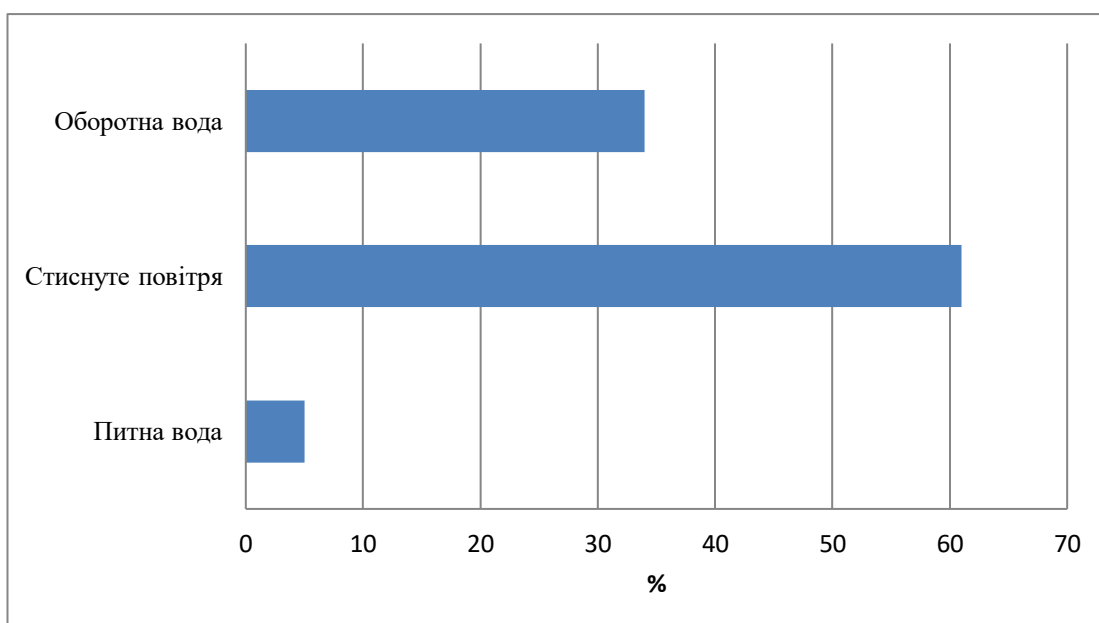


Рисунок 2.5 – Споживання електричної енергії по ЕСЦ

Аналізуючи рис.2.5, можна зробити висновок, що найбільше споживається електричної енергії на виробництво стиснутого повітря 61%.

Для аналізу енергоємності продукції заводу було проведемо аналіз витрат за статтями калькуляції та зроблено висновок, що значення за статтями калькуляції за один місяць не пропорційні даним за дванадцять місяців, це свідчить про неритмічність виробництва.

Ритмічність виробництва - це найважливіший принцип організації виробничого процесу, який передбачає систематичне виконання всіма виробничими ланками підприємства та об'єднання завдань плану з випуску продукції відповідного асортименту та якості за заздалегідь встановленим графіком.

Це в свою чергу є однією з причин неефективного використання ПЕР. Електрична енергія складає 57 % в собівартості продукції.

2.6 Аналіз питомого споживання енергоресурсів

Оскільки споживання електричної енергії заводом є нерівномірним, розглянемо його ефективність шляхом визначення питомих показників споживання електричної енергії.

Питоме споживання енергоресурсів необхідно розраховувати використовуючи первинну інформацію щодо фактичного споживання енергоресурсів та обсягів виробництва. В таблиці 2.14 наведена фактична собівартість продукції.

Таблиця 2.14 – Залежність споживання електричної енергії від випуску продукції за 2021 рік

Місяць	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
Споживана ел.енергія, кВт·год	351 144	398852	534548	385200	371034	464736	468065	401688	480496	501288	491364	593832
Випуск, грн	1543235,38	2170905,91	3674050,48	3708438,56	3061870,72	3939162,76	5186723,74	5099471,20	5822672,36	6395825,53	6660081,90	7667134,96
Випуск, кг	327146,39	417908,25	622046,97	582205,23	537833,69	589949,63	513661,96	502496,38	752030,50	606985,56	639408,11	781207,39

Аналізуючи данні таблиці 2.14, можна зробити висновок, що на заводі щомісяця збільшується випуск продукції, лише в травні є невеликий спад виробництва.

На рисунку 2.6 і 2.7 показана залежність між споживаною електричною енергією та випуском продукції у гривнях і кілограмах.

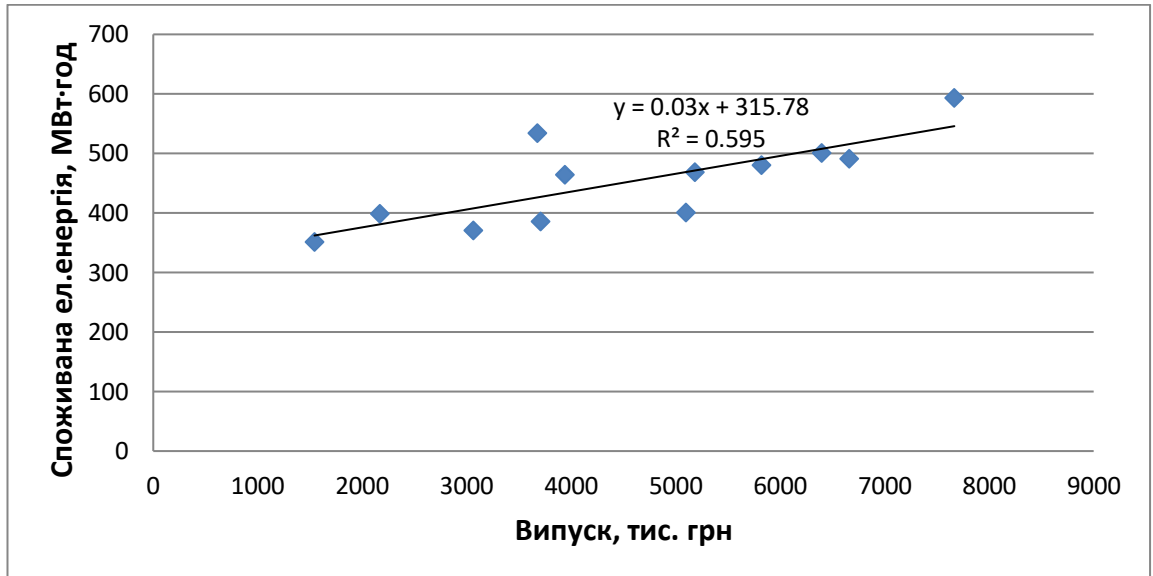


Рисунок 2.6 - Залежність між споживаною електричною енергією та випуском продукції у гривнях

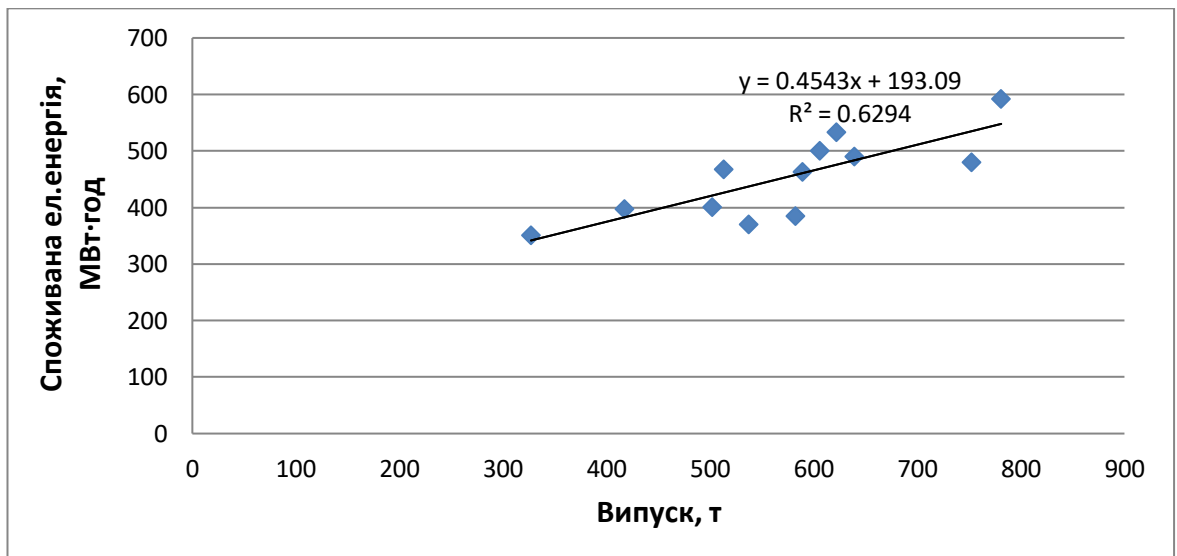


Рисунок 2.7 - Залежність між споживаною електричною енергією та випуском продукції

Для визначення залежності питомих витрат електричної енергії від обсягу товарної продукції використовуємо регресійний аналіз — розділ математичної статистики, присвячений методам аналізу залежності однієї величини від іншої. На відміну від кореляційного аналізу, який не з'ясовує чи є істотний зв'язок, а займається пошуком моделі цього зв'язку, вираженої у функції регресії.

Регресійний аналіз використовується в тому випадку, якщо відношення між змінними можуть бути виражені кількісно у виді деякої комбінації цих змінних. Отримана комбінація використовується для передбачення значення, що може приймати цільова (залежна) змінна, яка обчислюється на заданому наборі значень вхідних (незалежних) змінних. У найпростішому випадку для цього використовуються стандартні статистичні методи, такі як лінійна регресія.

Побудова кореляційних моделей дає можливість вивчати залежність економічних показників, що не зв'язані між собою функціонально. Кореляційний зв'язок на відміну від функціонального проявляється лише взагалі та в середньому і тільки в масі спостережень.

Кореляційно-регресійний аналіз складається з наступних етапів:

- вибір форми регресії;
- визначення параметрів рівняння;
- оцінка щільності зв'язку;
- перевірка щільності зв'язку.

При кореляційному зв'язку кожному значенню фактора впливу відповідає низка різних значень досліджуваної ознаки, що не мають суворо визначеної величини. Кореляційна залежність проявляється тільки в середніх величинах та виражає числове відношення між ними у вигляді тенденції до зростання або спадання однієї змінної величини при збільшенні або зменшенні іншої.

Математичні формули для визначення коефіцієнтів рівняння $y = a + b \cdot x$ мають вигляд:

$$\sum y = n \cdot a + b \sum x \quad (2.1)$$

$$\sum y \cdot x = a \cdot \sum x + b \sum x^2$$

Отримуємо:

$$1,38 = 12 \cdot a + 54,91 \cdot b;$$

$$5,44 = 54,91 \cdot a + 289,93 \cdot b.$$

Далі знаходимо a і b :

$$b = \frac{n \cdot \sum x \cdot y - (\sum x \cdot \sum y)}{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2}, \quad (2.2)$$

$$a = \frac{\sum y - (b \cdot \sum x)}{n}. \quad (2.3)$$

Отримуємо:

$$b = \frac{12 \cdot 5,44 - (54,91 \cdot 1,38)}{12 \cdot 289,93 - 54,91^2} = -0,023,$$

$$a = \frac{1,38 - (-0,023 \cdot 54,91)}{12} = 0,22.$$

Залежність $y = a + b \cdot x$ набуває вигляду:

$$y = 0,22 - 0,023x.$$

Коефіцієнт кореляції - це статистичний показник, що показує, наскільки зв'язані між собою коливання значень двох інших показників

Коефіцієнт кореляції:

$$r = \frac{(n \cdot \sum x \cdot y) - (\sum x \cdot \sum y)}{((n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2) \cdot ((n \cdot \sum y^2) - (\sum y)^2))^{0,5}}, \quad (2.4)$$

отримуємо:

$$r = \frac{(12 \cdot 5,44) - (54,91 \cdot 1,38)}{((12 \cdot 289,93 - 54,91^2) \cdot (12 \cdot 0,183 - (1,38)^2))^{0,5}} = -0,904.$$

Отримане значення коефіцієнта кореляції ближче до -1, це свідчить про зворотно пропорційну залежність, тобто зі збільшенням значення X (обсяг товарної продукції), значення Y (питомі витрати електричної енергії на виробництво продукції) зменшиться.

3 ЗАХОДИ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА

На заводі використовується застаріле обладнання, яке споживає багато електричної енергії. Найбільше електричної енергії витрачається на штамповку заготівель. Тому для зменшення споживання можна старі преси замінити на нові. В таблиці 3.1 наведені технічні характеристики деяких нових пресів.

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики пресів

Назва	Зусилля, т	Макс.хід	Розмір столу, мм	Потужність вигуна, кВт	Висота, мм	Маса, кг
Zamech	160	20-140	1150×800	10	3400	13150
Claeys	160	20-125	1400×1200	15		11000
ARAL	160	325		15		
Smeral	160			11		

Також багато електричної енергії йде на послуги ЕСЦ, який поділяється на чотири підрозділи: виробка стиснутого повітря, оборотної та питної води, електроремонтний підрозділ.

Стиснуте повітря, оборотна і питна вода на заводі виробляються за допомогою компресорів та насосів. Це обладнання також застаріле, тому його також можна замінити на нове. Виробництво стиснутого повітря – дуже неефективний процес в енергетичному аспекті і потребує особливої уваги енергоменеджерів. Близько 90 % електроенергії, яка використовується для виробництва стиснутого повітря, витрачається у вигляді тепла. Напрямки економії електроенергії: ліквідація витоків повітря у трубопроводах; регулярне очищення фільтру всмоктування; заміна пневмоінструменту, що використовується також для свердлильних, шліфувальних, клепальних та

інших робіт, електроінструментом; автоматичне вимикання компресора при нульовому навантаженні; зниження температури повітря, що всмоктується (підвищення температури повітря на кожні 4 °С збільшує витрати на 1 %).

Заводські будівлі побудовані давно і завод не має тепlopостачання, тому для збереження і економії енергії треба провести термомодернізацію будівлі і обрати найбільш доцільне з економічної точки зору джерело тепlopостачання.

Через вікна втрачається багато тепла, тому для його збереження також можна замінити старі вікна на енергозберігаючі. Стелю, підлогу і двері треба утеплити за допомогою спеціальних теплоізоляційних матеріалів. Наприклад, можна використати мінеральну вату. Мінеральна вата високо пориста (до 95 % об'єму займають повітряні порожнечі), тому у неї високі теплоізоляційні властивості.

Витрати електроенергії на освітлення промислових підприємств становить приблизно 5–15 % їх загального споживання. Впровадження нових джерел світла, використання прогресивних джерел світла з високим ККД, запровадження нових конструкцій відбиваючої арматури і раціональних схем освітлення дозволить економити 30–40 % електроенергії, що витрачається на освітлення.

3.1 Енергозбереження в насосних та компресорних установках за допомогою частотного перетворювача

Перетворювач частоти (автоматичний регулятор частоти або інвертор) — це пристрій, що перетворює вхідну синусоїдну напругу фіксованої частоти та амплітуди у вихідну імпульсну напругу змінної частоти та амплітуди за допомогою ШІМ (широтно-імпульсної модуляції), яка формує в обмотках двигуна синусоїдний струм. Таким чином, плавно збільшуючи частоту і

амплітуду напруги, що подається на статорні обмотки асинхронного електродвигуна, можна забезпечити плавне регулювання швидкості обертання валу електродвигуна.

Перетворювач частоти високовольтний багаторівневий (ПЧВМ) призначений для безступінчастого регулювання швидкості асинхронних двигунів з короткозамкнутим ротором різних приводних механізмів. На рисунку 3.1 наведена схема керування насосним агрегатом.

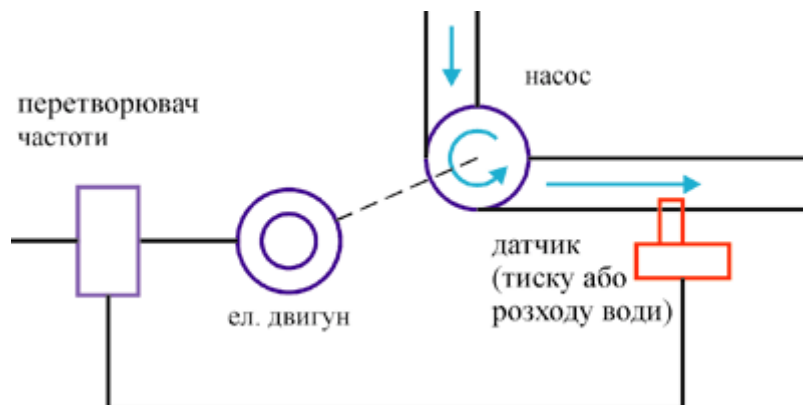


Рисунок 3.1 - Схема керування насосним агрегатом

Високовольтні багаторівневі перетворювачі мають прямий (не через трансформатор) зв'язок з двигуном, завдяки чому вони можуть забезпечувати регулювання швидкості обертання навіть на малих оборотах і використовувати режим підхоплення.

Вирішувані завдання :

- економія електроенергії;
- збільшення терміну служби електродвигуна і приводного механізму за рахунок оптимізації його роботи в широкому діапазоні зміни навантажень;
- збільшення терміну служби пускозахисної апаратури;
- зниження витрат на ремонт і обслуговування устаткування за рахунок виключення гідравлічних і механічних ударних дій і перевантажень;

- інтеграція асинхронного електроприводу в АСУ ТП з можливістю точної підтримки заданих технологічних параметрів;

Переваги :

- підключення безпосередньо до мережі 6000В;
- коефіцієнт потужності не менше 0.95 (високий коефіцієнт у всьому діапазоні швидкості);
- коефіцієнт корисної дії (ККД) не менше 0,98;
- синусоїдальна форма вхідного струму;
- мінімальний рівень перешкод в живлячій мережі;
- синусоїдальна форма вихідної напруги і струму;
- відсутність обмеження на довжину кабелю підключення двигуна;
- підключення стандартних загальнопромислових двигунів;
- виключення установки додаткових дорогих вхідних і вихідних фільтрів;
- зручність при обслуговуванні і ремонті;
- широкий діапазон функціональних можливостей, у тому числі функція «підхоплення» при глибоких і тривалих зниженнях напруги в мережі електропостачання ;
- інтерфейс зв'язку Rs485 з протоколом обміну Modbus забезпечує простоту інтеграції.

Функціональні можливості.

Метод управління двигуном: скалярне управління по характеристиці U/f , що задається 8 точками.

Поява перетворювачів частоти (ПЧ) дозволяє дуже просто, без великих витрат, удосконалити технології регулювання. Головне при цьому не потрібно міняти електропривод, побудований на асинхронному електродвигуні, часто не вимагає зміни і технологічна схема, оскільки вживання ПЧ, дозволяє регулювати параметри асинхронного електродвигуна, забезпечуючи технологічні параметри процесу, дозволяє значно підвищити якість продукції або процесу і досягти при цьому економії електричної

енергії. Особливо великий ефект від використання ПЧ виходить там де навантаження приводу міняється в широких межах, де потрібне точне додержання технологічних параметрів, де термін служби і працездатність технологічного устаткування залежать від плавності пуску, якості регулювання, контролю умов експлуатації.

Режими управління роботою перетворювача:

- ручне управління (по командах оператора з місцевого пульта управління); автоматичне управління по заздалегідь заданому алгоритму з врахуванням встановлених подій (робота «за розкладом»);
- управління від зовнішньої релейно-контактної апаратури (використовуються дискретні входи типа «сухий контакт»);
- зовнішнє управління від пульта дистанційного керування або зовнішніх контролерів, що управляють, по послідовному інтерфейсу Rs-485 відповідно до протоколу MODBUS.

У перетворювачах передбачені наступні функції:

- плавний пуск і зупинка двигуна;
- автоматичне управління частотою і напругою на виході; автоматична підтримка величини технологічного параметра (тиск, рівня і тому подібне);
- автоматичне повторне включення з виходом на заданий режим після відключення, викликаного аварією живлячої мережі або недопустимим перевантаженням перетворювача;
- робота в режимі "підхоплення" (пошук швидкості обертання двигуна і виведення його в номінальний режим) динамічне гальмування електродвигуна (забезпечується при підключенні зовнішнього модуля гальмівних резисторів);
- можливість налаштування користувачем характеристики U/f ; пропуск резонансних частот приводу з налаштуванням до 4 зон резонансу;
- режим частотного струмообмеження;
- відображення і сигналізація інформації про параметри і режими роботи.

На рисунку 3.2 наведено склад частотного перетворювача.

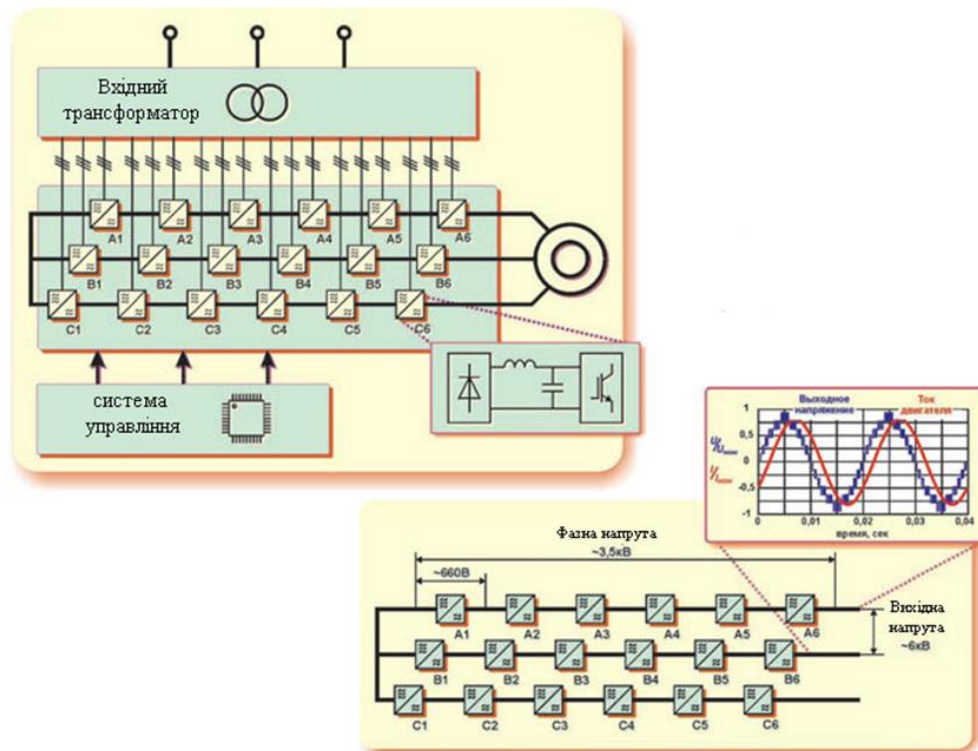


Рисунок 3.2 – Склад частотного перетворювача

Захисні функції:

- від однофазних замикань на землю;
- від коротких замикань на виході;
- від зникнення або зниження вхідної напруги;
- від перевищення вхідної напруги;
- від відхилення частоти живлячої мережі;
- від встановленого значення;
- від перевантаження по струму;
- від дисбалансу напруги і струму на вході і виході та обриву фаз;
- від зниження навантаження на вал електродвигуна;
- від несправностей в системі живлення ланцюгів управління

- від несанкціонованого проникнення у внутрішній простір шаф ПЧВМ.

На рис.3.3 зображено загальний вигляд частотного перетворювача.

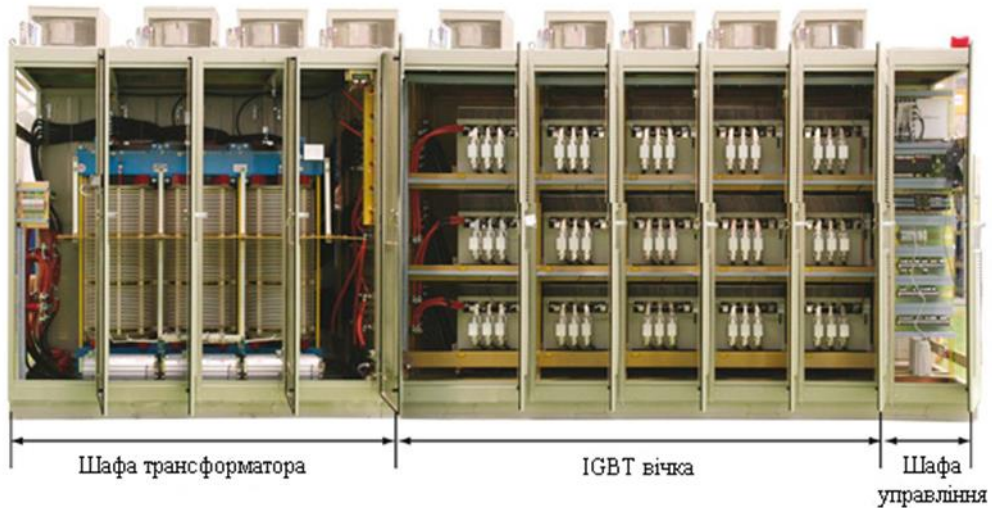


Рисунок 3.3 – Частотний перетворювач

Оцінка економічності частотного методу регулювання відцентрових насосів: Вихідний режим: насос створює натиск H_1 , при витраті Q_1
Потрібний натиск H_2 , при витраті Q_2 Регулювання насоса дроселюванням (рис.3.4).

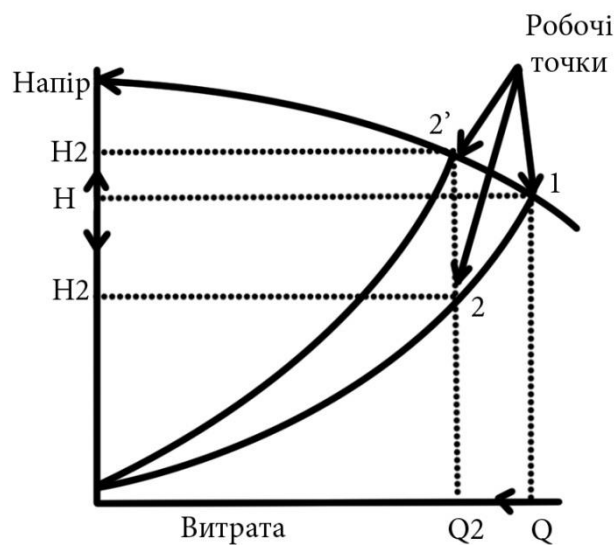


Рисунок 3.4 – Вихідний режим

Досягнення необхідних параметрів (витрати Q_2 або натиску H_2) виробляється зміною характеристик трубопроводу при незмінній характеристиці насоса. Робоча крапка зміщується з позиції 1, з параметрами H і Q в позицію 2 по характеристиці насоса, забезпечуючи необхідну витрату Q_2 або натиск H_2 . Насос розвиває натиск H_2'' . Між насосом і дроселем створюється надлишковий тиск: $H_2'' - H_2$ на яке витрачається енергія: $N=q_2(H_2'' - H_2)$ (рис.3.5).

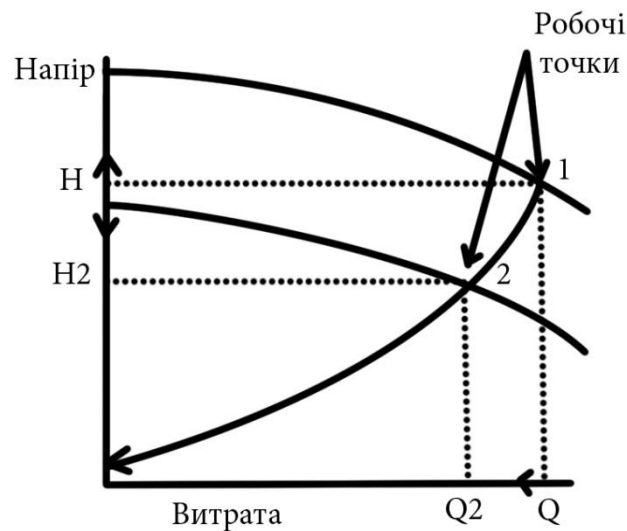


Рисунок 3.5 – Регулювання зміною частоти обертання двигуна

Досягнення необхідної витрати виробляється зміною характеристик насоса при незмінній характеристиці трубопроводу. Робоча крапка зміщується з позиції 1 в позицію 2 по характеристиці трубопроводу, забезпечуючи необхідну витрату Q_2 або натиск H_2 .

Як видно з графіків, при зменшенні витрати за рахунок зниження частоти обертання, також відбувається зниження тиску. При регулюванні дроселюванням тиск між насосом і дроселем навпаки зростає. Практична вигода регулювання частоти обертання — зниження вірогідності розриву трубопроводу, і як наслідок зниження витрат на позапланові ремонти.

На рисунку 3.6 наведена принципова схема частотного перетворювача.

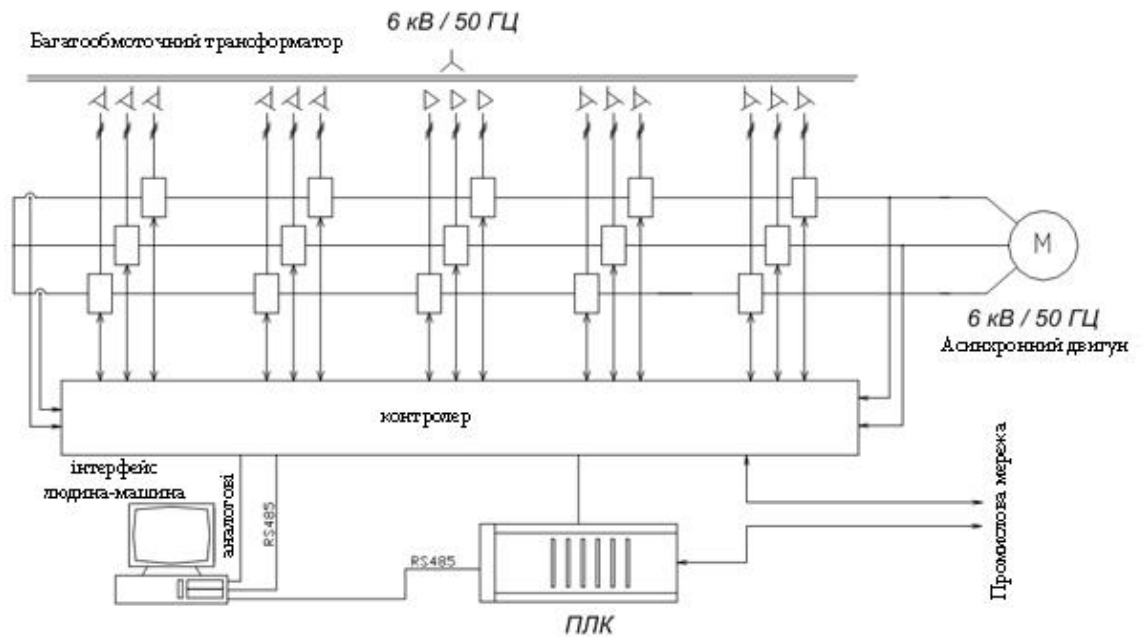


Рисунок 3.6 – Принципова схема перетворювача

Економічний ефект

Економічний ефект від впровадження асинхронного електроприводу складається, зокрема, з чинників:

- економія електроенергії в насосах, вентиляторах і компресорних агрегатах до 50 % за рахунок регулювання продуктивності шляхом зміни частоти обертання електродвигуна на відміну від регулювання продуктивності іншими способами (дроселювання, увімкнення-вимкнення, напрямний апарат);
- підвищення якості продукції
- збільшення обсягу продукції, що випускається, і продуктивності виробничого устаткування;
- зниження зносу механічних ланок і збільшенню терміну служби технологічного устаткування унаслідок поліпшення динаміки роботи електроприводу.

Для відцентрових механізмів потужність і енергія, споживана електроприводом, пропорційні частоті обертання в третьому ступені. Як

ілюстрація цієї відомої властивості відцентрових механізмів на рис. 3.7 показана експериментально знята залежність зміни потужності, споживаної з мережі приводом насоса типу Д 500-65, у функції частоти при живленні двигуна від перетворювача частоти (ПЧ).

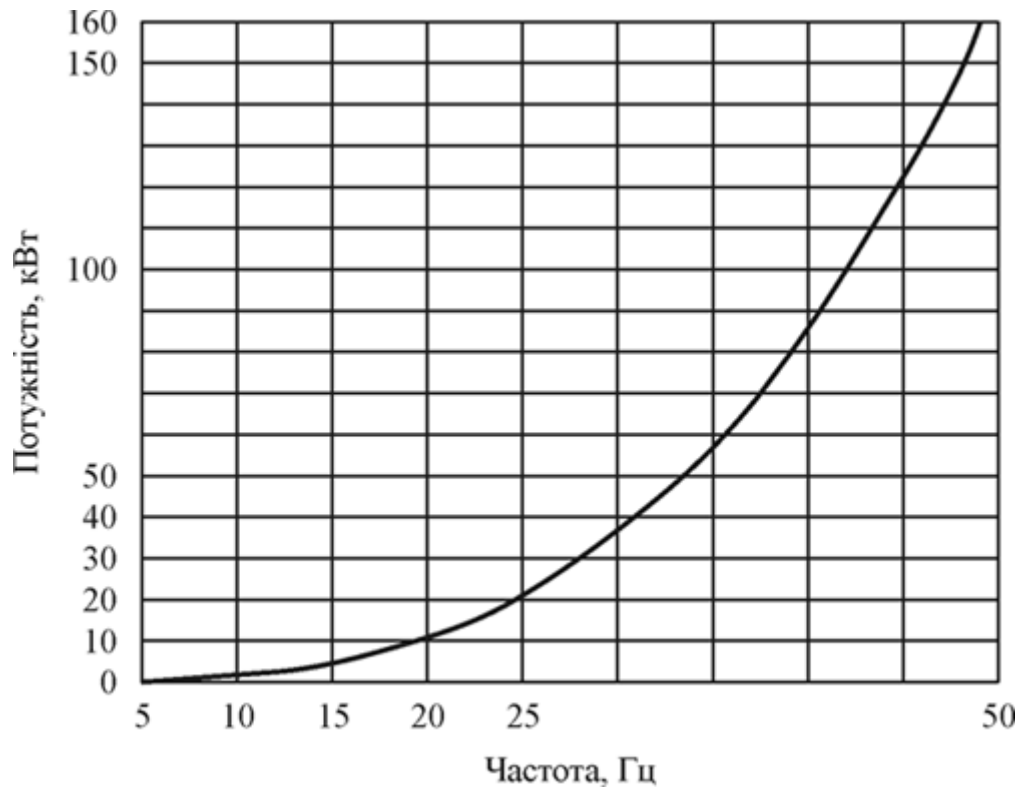


Рисунок 3.7 - Залежність споживаної потужності двигуном насоса Д 500-65 від частоти напруги на виході ПЧ

Із графіка видно, що якщо в процесі керування продуктивністю відцентрового насоса або вентилятора при живленні приводного двигуна від ПЧ вдається знизити частоту напруги на двигуні від 50 Гц хоча б до 40 Гц, то в цьому випадку споживання енергії зменшується майже в 2 рази, тому що споживання електроенергії пропорційне кубу відношення частот. У цьому випадку $(40/50)^3 = 0,512$.

Управління у вольт-частотній характеристиці

Управління у вольт-частотній характеристиці реалізує залежність $V / F = \text{const}$, іменовану також V / F характеристикою і рідше скалярний контроль. Такий алгоритм забезпечує достатню якість регулювання за швидкістю і застосовується для управління навантаженнями вентиляторного типу — двигунами насосів, вентиляторів і в інших випадках, коли момент опору мало змінюється в усталеному режимі. Застосування управління по вольт-частотній характеристиці незамінне при необхідності керувати кількома двигунами синхронно від одного перетворювача частоти, Наприклад в конвеєрних лініях.

Векторне управління

Якщо необхідно забезпечити найкращу динаміку системи, наприклад швидкий реверс за мінімально можливий час, хорошим вибором являється, так званий, алгоритм векторного керування, фактично забезпечуючи амплітудно-фазове управління. Цей алгоритм дозволяє отримати високий пусковий момент і зберегти його до номінальної швидкості асинхронного електродвигуна. Алгоритм забезпечує високу якість регулювання за швидкістю, навіть при стрибкоподібному змінненні моменту опору на валу. Важливо і те, що векторне управління дозволяє найкращим чином забезпечити енергозбереження, тому що перетворювач частоти (інвертор) передає у двигун рівно стільки потужності, скільки необхідно для обертання навантаження із заданою швидкістю, навіть якщо вхідна напруга більше ніж 380В (наприклад 440 - 460 В, що часто зустрічається в промисловій мережі). Економія електроенергії особливо помітна на потужних двигунах 11кВт і вище. У залежності від застосування досягається економія енергії до 30 %, а в деяких випадках до 60 %.

ПД-регулятор

Перетворювачі частоти (інвертори) зазвичай мають вбудований ПД-регулятор (Пропорційна-Інтегральна-Диференціальна складова). Перетворювач змінює швидкість обертання двигуна таким чином, щоб підтримувати на заданому рівні певний параметр системи (витрата,

швидкість, рівень, тиск, температура і т.д.) завдяки надходженню аналогового сигналу 0 - 10 В або 4 - 20 мА з датчика. Наявність вбудованого ПД-регулятора дозволяє спростити систему управління і не використовувати зовнішніх регуляторів.

Вихідна частота

Значення вихідної частоти визначає в якому діапазоні може змінюватися вихідна частота напруги перетворювача частоти. Наприклад, якщо електродвигун має номінальну частоту живильної мережі 50 Гц і номінальна кількість обертів 1500 в хвилину, то при подачі на нього частоти 100 Гц він буде обертатися в 2 рази швидше, тобто, 3000 об / хв. Слід зазначити, що робота на низьких обертах і обертах значно вище номінальних може призвести до перегріву електродвигуна.

Попередження перекидання ротора

Функція попередження перекидання ротора або функція обмеження моменту працює в трьох режимах — при розгоні, при гальмуванні і під час роботи. При розгоні, якщо задано занадто велике прискорення і не вистачає потужності, перетворювач автоматично продовжує час розгону. При гальмуванні функція працює аналогічно. При роботі ця функція дозволяє, в разі перевантаження замість аварійної зупинки продовжити роботу на меншій швидкості.

Практично всі перетворювачі частоти (інвертори) мають нижче перераховані функції самозахисту:

- від замикання вихідних фаз;
- від замикання вихідних фаз на землю;
- від перенапруги;
- від недонапруги;
- від перегріву вихідних каскадів.

3.2 Вибір доцільного джерела теплопостачання

Основна ознака, що визначає спосіб теплопостачання – це джерело теплової енергії. Залежно від типу джерела теплопостачання буває централізоване, децентралізоване і автономне.

Централізоване теплопостачання здійснюється від теплоелектростанцій (ТЕЦ), районних або квартальних котелень. Децентралізоване – від котелень, обладнаних котлами малої потужності, призначених для теплопостачання одного чи декількох будинків. Автономне – від печей, теплогенераторів чи котлів, призначених для теплопостачання однієї квартири чи приміщення. За типом теплоносія автономне теплопостачання поділяється на:

- системи водяного опалення;
- системи парового опалення;
- системи повітряного опалення;
- системи променевого опалення;
- електричне опалення;
- газове опалення;
- пічне опалення.

Системи водяного опалення на сьогоднішній день є найбільш поширеними з усіх відомих опалювальних систем. Теплоносієм у них є вода або незамерзаючі рідини. Теплоносій є посередником, за допомогою якого здійснюється перенесення тепла від джерела тепла - поверхні радіатора, а від неї - повітря.

Система повітряного опалення проста і надійна, складається з газового повітрянагрівача, повітроводів з оцинкованого заліза і спеціальних решіток, через які повітря подається в приміщення, а потім по зворотним повітроводам надходить у теплообмінник повітрянагрівача. Таким чином, система працює на рециркуляції з підмішуванням зовнішнього повітря. До

переваг належать: незалежність від центрального опалення, повна автоматизація, абсолютна безпека, велика ефективність і низька собівартість. Вона дешевше і вигідніше традиційного водяного.

Променисте опалення — опалення, при якому тепло передається в опалюване приміщення внаслідок променистого теплообміну між опалювальними приладами і внутрішніми поверхнями огороджувальних конструкцій, вид панельного опалення. У деяких приміщеннях на окремих ділянках встановлюють інфрачервоні газові або електричні випромінювачі — місцеве променисте опалення.

Принцип дії інфрачервоного електричного опалення полягає в тому, що джерело інфрачервоного випромінювання генерує, формує в просторі і направляє теплове випромінювання в зону обігріву. Інфрачервоне випромінювання потрапляє на огороджувальні конструкції (підлога, стіни), технологічне устаткування, тіло людини, що знаходяться в зоні інфрачервоного випромінювання, і нагріває їх. Потік інфрачервоного випромінювання, поглинаючись одягом і шкірою людини, створює тепловий комфорт без підвищення температури навколишнього повітря. Повітря в приміщеннях, що обігріваються електричним інфрачервоним опаленням, залишаючись практично прозорим для інфрачервоного випромінювання, нагрівається за рахунок "вторинного тепла", тобто конвекції від конструкцій і предметів, нагрітих інфрачервоним випромінюванням.

Газове опалення - опалення теплом спалюваного горючого газу. Основні частини системи газового опалення: газопроводи, нагрівальні прилади (агрегати), запірно-регулювальна арматура та автономні прилади безпеки користування газом. Розрізняють газове опалення місцеве, коли газ спалюється у нагрівальних приладах, встановлених безпосередньо в опалюваних приміщеннях, і центральне із згорянням газу у промислових агрегатах. Для місцевого газового опалення застосовують конвективні і променисто-конвективні прилади, що відрізняються способом підведення зовнішнього повітря, необхідного для горіння, та видалення продуктів

згоряння газу, а також променисті прилади (інфрачервоні випромінювачі). При центральному газовому опаленні в опалюване приміщення подають повітря, змішане з продуктами згоряння газу (в контактних агрегатах) або підігріте ними (в поверхневих агрегатах). Газове опалення застосовують головним чином у промислових і громадських будинках, де люди перебувають тимчасово.

Котли, що працюють на твердому паливі, будь то вугілля, будь то дрова, і до цього дня мають досить широке поширення. Головні аргументи при рішенні використовувати твердопаливний котел для системи опалення - це невисокі ціни і можливість роботи опалення без електрики. Але при всьому при цьому твердопаливні котли мають ряд недоліків: вимоги щодо постійного контролю горіння в топці котла, необхідність щодня вичищати топку, а так само неможливість повноцінно автоматизувати котельню такого типу. Тверде паливо, яке використовується в котлах – пелети, дрова, вугілля, дизельне паливо, торф тощо.

Сонячні колектори різного типу дозволяють отримати теплову енергію, яка в першу чергу використовується для приготування гарячої води, що особливо актуально в літній період року, коли спостерігається максимальна сонячна активність. Крім цього в окремих випадках при побудові комбінованих котельних установок тепло від сонячних колекторів частково можна використовувати в різних системах опалення, наприклад, при роботі котельної установки в перехідні періоди року, в районах з високою сонячною активністю. Такий підхід дозволяє істотно підвищити ефективність котельної установки в цілому .

Оскільки на заводі відмовились від споживання газу і завод не має твердого палива, то найбільш підходящими і економічним є використання опалювальних приладів які працюють від електричної енергії.

3.3 Обґрунтування вибору джерела теплопостачання

3.3.1 Визначення витрати теплоти на опалення заводу

Максимальна витрата теплоти на опалення визначається по так званому розрахунковому значенню зовнішньої температури для опалення $t_{з.о.}$, рівному значенню середньої температури найбільш холодних п'яти днів, узятих з восьми найбільш холодних зим за 50-ти річний період поза формулою:

$$Q_0 = q_0 \cdot (t_{вн} - t_{з0}) \cdot V_з, \quad (3.1)$$

де $t_{вн}$ – розрахункова температура повітря всередині опалювальних приміщень, прийнята для житлових і суспільних будинків 18 °С;

q_0 – питома витрата теплоти на 1м³ будинку по зовнішньому обмірюванню, Вт/(м³·К);

$V_з$ – зовнішній будівельний об'єм будинків, м³.

Об'єм КТЦ дорівнює 293 тис м³. В залежності від об'єму цеху питома витрата теплоти для опалення $q_0 = (0,25-0,15)$, для вентиляції $q_в = (0,5-0,3)$.
Отримуємо:

$$Q_0 = 0,2 \cdot (18 + 20) \cdot 293318 = 2229,2 \text{кВт} .$$

Річна витрата теплоти на опалення:

$$Q_{op} = Q_0 \cdot \frac{t_{вн} - t_{з0}^{cp}}{t_{вн} - t_{з0}} \cdot n_0, \quad (3.2)$$

де n_o – тривалість опалювального періоду ($n_o = 4176$), год;
 $t_{3,0}^{cp}$ – середня за опалювальний сезон температура зовнішнього повітря ($t_{3,0}^{cp} = -1,9$), °С.

$$Q_{op} = 2229,2 \cdot \frac{18 - 1,9}{18 + 20} \cdot 4176 = 3944,14 \text{ МВт}.$$

Аналогічно розраховуємо витрати теплоти на опалення інших цехів, отримані значення заносимо до таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Витрати теплоти на опалення заводу

Цех		Q _o , кВт	Q _{op} , МВт
КТЦ		2229,2	3944,14
ІСЦ		1214,2	2148,29
ЕСЦ	Котельна	20,52	36,31
	Компресорна	105,76	187,12
	Водопровід	59,51	105,29
РМЦ		43,25	76,52
ТЦ		76,95	136,15

Для вибору системи опалювання кожного цеху розглянемо три варіанти:

- 1) інфрачервоне електричне опалення;
- 2) опалення за допомогою електричного котла;
- 3) опалення за допомогою теплових акумуляторів.

3.3.2 Розрахунок інфрачервоного електричного опалення

Для розрахунку необхідної кількості та потужності інфрачервоних обігрівачів використовуємо наступну формулу:

$$W = S \cdot W_{уд}, \quad (3.3)$$

де $W_{уд}$ – питома потужність опалювального приладу на кожний m^2 приміщення, яка встановлюється з урахуванням кліматичним умов регіону. Для Запорізької області $W_{уд} = 0,08 \text{ кВт}/m^2$, для інфрачервоних обігрівачів, $W_{уд} = 0,12 \text{ кВт}/m^2$, для електричних котлів і теплових акумуляторів.

Знаючи площі цехів заводу розрахуємо кількість теплоти необхідну для опалення приміщення і отримані значення внесемо до таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Потужність обігрівачів, яка необхідна для опалення цехів заводу

Цех		Площа, m^2	W, кВт
КТЦ		17352	1388,16
ІСЦ		5819	464,72
ЕСЦ	Котельна	574	45,92
	Компресорна	760	60,8
	Водопровід	288	23,04
РМЦ		542	43,36
ТЦ		900	7,2

Для інфрачервоного обігріву обираємо високотемпературний обігрівач з відкритим теном/ИКО-6,0. Призначений для обігріву великих приміщень, з високими стелями, загальною площею до $120 m^2$. Корпус обігрівача

виконаний з металу і пофарбований термостійкою порошковою емаллю. Для поліпшення теплопередачі обігрівач має спеціальний рефлектор виконаний з дзеркального алюмінію або неіржавіючої сталі. Цей тип обігрівачів відноситься до високотемпературних інфрачервоних обігрівачів, де температура випромінюючого елемента (ТЕНа) досягає 600 °С. Штатний плаваючий кронштейн забезпечує безпечне кріплення до стелі, виконаної із звичайних матеріалів (дерево, бетон, метал). В разі використання декоративних стельових панелей дозволяється застосовувати штатне кріплення при термостійкості матеріалу панелей не нижче 80 °С. На рисунку 3.8 наведено фото ИКО-6,0. В таблиці 3.4 наведені технічні характеристики обігрівача.



Рисунок 3.8 – Інфрачервоний обігрівач ИКО-6,0

Таблиця 3.4 – Технічні характеристики ИКО-6,0

Номінальна потужність, кВт	6
Напруга живлення, В	380
Струм живлення, А	15,8
Габарити, мм	2182 x 260 x 75
Вага, кг	10,2
Висота підвісу, м	До 20

Оскільки площі цехів значно більше за площу яку може обігріти один обігрівач, тому треба розрахувати необхідну кількість обігрівачів(табл.3.5).

Таблиця 3.5 – Необхідна кількість інфрачервоних обігрівачів для кожного цеху

Цех		Кількість, од	$W_{сп},$ кВт·год
КТЦ		232	$2,34 \cdot 10^6$
ІСЦ		78	$7,86 \cdot 10^5$
ЕСЦ	Котельна	8	$8,06 \cdot 10^4$
	Компресорна	10	$1 \cdot 10^5$
	Водопровід	5	$5,04 \cdot 10^4$
РМЦ		8	$8,06 \cdot 10^4$
ТЦ		13	$1,31 \cdot 10^5$

3.3.3 Розрахунок системи опалення за допомогою електричних котлів

Обираємо електричний котел великої потужності «Титан». Підлогові електрокотли потужністю 145 - 540 кВт, призначені для опалення виробничих приміщень площею от 1450 до 5400 м². Можуть встановлюватись як і в нові, так і в існуючі системи опалення разом з раніше установленими нагрівачами, працюючи паралельно. Автоматика дозволяє підтримувати необхідну температуру та регулювати витрати електроенергії відносно до опалювальної площі приміщення. При цьому немає необхідності постійного контролю роботи котла. Електричні котли «Титан» мають сучасний дизайн, невеликі габаритні розміри. Як

нагрівальний елемент використовуються туди з високоякісної неіржавіючої сталі. Як теплоносій можна застосовувати воду або воду з додаванням антифризу.

На рисунку 3.9 наведено зовнішній вигляд електричного котла «Титан».



Рисунок 3.9 – Електричний котел «Титан»

У таблиці 3.6 наведені технічні характеристики котла

Таблиця 3.6 – Технічні характеристики котла «Титан»

Потужність, кВт	Напруга мережі живлення, В	Складові потужності рівнів, кВт	Максимальна опалювальна площа м ²	Габаритні розміри, мм	Вага, кг
1	2	3	4	5	6
145	380	2.72	1450	645x900x1330	160

Продовження таблиці 3.6

1	2	3	4	5	6
180	380	2·90	1800	645x900x1330	160
225	380	2·90+45	2250	910x900x1330	190
270	380	3·90	2700	910x900x1330	224
315	380	3·90+45	3150	1166x900x1330	228
360	380	4·90	3600	1166x900x1330	310
405	380	4·90+45	4050	1422x900x1330	360
450	380	5·90	4500	1422x900x1330	420
495	380	5·90+45	4950	1678x900x1330	465
540	380	6·90	5400	1678x900x1330	505

Електричні опалювальні котли Kospel (виробництво Польща), потужністю 4 - 36 кВт., призначені для обігріву приміщень різного призначення: торгового, житлового, промислового і т.д. Переваги котлів Kospel:

- Не потрібно виділяти окреме приміщення (котельню) і димохід.
- Екологічність – немає шкідливих викидів і запахів.
- Не вимагає особливого догляду – не треба очищати котел від кіптяви (як газові і котли на рідкому паливі).
- Компактність і легкість монтажу на існуючі системи опалення.
- Електрокотли зроблено зі сталі, тому вони відносно легкі, їх можна вшпати на стіну. Це заощаджує місце.
- Електрокотел працює безшумно.
- Відсутність потреби в підвозі і збереженні запасів палива.
- Невисока вартість і висока надійність.

На рисунку 3.10 зображено зовнішній вигляд електричного котла Kospel.



Рисунок 3.10 - Електричний котел Kospel

У таблиці 3.7 наведені технічні характеристики котла.

Таблиця 3.7 - Технічні характеристики котла Kospel

Потужність, кВт	Максимальна опалювальна площа, м ²	Вага, кг
24	300	15
30	375	16
36	450	17

Необхідно розрахувати необхідну кількість котлів, отримані розрахунки внесемо в таблицю 3.8.

Таблиця 3.8 – Необхідна кількість електричних котлів для кожного цеху

Цех		Кількість x потужність, шт. x (кВт)	$W_{сп}$, кВт·год
КТЦ		3х(540)	$2,72 \cdot 10^6$
ІСЦ		2х(270)	$9,07 \cdot 10^5$
ЕСЦ	Котельна	2х(24)	$8,06 \cdot 10^4$
	Компресорна	2х(36)	$1,21 \cdot 10^5$
	Водопровід	1х(24)	$4,03 \cdot 10^4$
РМЦ		2х(24)	$8,06 \cdot 10^4$
ТЦ		2х(36)	$1,21 \cdot 10^5$

3.3.4 Розрахунок системи опалення за допомогою теплових акумуляторів

Тепловий акумулятор — засіб для акумулювання теплової енергії, який оснований на використанні фізичного або хімічного процесу, пов'язаного з поглинанням і виділенням теплоти. До основних з них відносяться накопичення - виділення внутрішній енергії при нагріві - охолодженні твердих або рідких тіл, фазові переходи з поглинанням-виділенням прихованої теплоти, процес сорбції - десорбції або оборотна хімічна реакція, що протікає з виділенням-поглинанням тепла. Акумуляцією теплової енергії або акумуляцією теплоти називається процес накопичення теплової енергії в період її найбільшого надходження для подальшого використання, коли в цьому виникне необхідність. Процес накопичення енергії називається зарядкою, процес її використання – розрядкою. В таблиці 3.9 наведені

технічні характеристики теплових акумуляторів типу ETS electronic. На рисунку 3.11 наведено загальний вигляд ETS...electronic.

Таблиця 3.9 – Технічні характеристики ETS electronic

Модель	Потужність, кВт	Час заряду	Номінальна потужність заряду, кВт
ETS 200	2	Максимум 8 годин	16
ETS 300	3		24
ETS 400	4		32
ETS 500	5		40
ETS 600	6		48



Рисунок 3.11 – Тепловий акумулятор ETS electronic

- Підключення 220/380В.
- Потужність приладу от 1500 до 7000 Вт.
- 4 ступені об'єму заряду (75 / 83,3 / 91,6 / 100 %).
- Можливість об'єднання в систему от 2 до 1500 приладів
- Вбудоване чи виносне управління температурою.
- Ручне чи автоматичне управління зарядом.

- Можливість підключення погодозалежної автоматики.
- Безшумний вбудований вентилятор.
- Вбудований фільтр.
- Компактні розміри.
- Ефективна теплоізоляція thermosolid®.
- Підлоговий або настінний монтаж.
- Технологія швидкого монтажу Profi-Rapid.

Необхідно розрахувати необхідну кількість теплових акумуляторів, отримані розрахунки внесемо в таблицю 3.10.

Таблиця 3.10 – Необхідна кількість теплових акумуляторів для кожного цеху

Цех		Кількість, од	$W_{сп}$, кВт·год
КТЦ		231	$2,33 \cdot 10^6$
ІСЦ		78	$7,86 \cdot 10^6$
ЕСЦ	Котельна	8	$8,06 \cdot 10^4$
	Компресорна	10	$1 \cdot 10^5$
	Водопровід	4	$4,03 \cdot 10^4$
РМЦ		7	$7,06 \cdot 10^4$
ТЦ		2	$2,02 \cdot 10^4$

3.4 Вибір джерела опалення для заводу за методикою приведених витрат

Впродовж довгого часу у вітчизняній практиці для цілей економічного обґрунтування господарських рішень широко використовувався підхід, заснований на критерії мінімуму приведених витрат.

Показник приведених витрат трактується як сума собівартості і капітальних вкладень, приведених до однієї розмірності відповідно до нормативу ефективності.

Переваги методу розрахунку приведених витрат:

- враховує альтернативність інвестиційних витрат як втрачений прибуток від можливого альтернативного використання відповідних інвестицій; до деякої міри величина Ен·К відображає час, показуючи розмір прибутку, який міг бути отриманий за певний проміжок часу, а саме за рік; доступність і достовірність вихідних даних;
- простота розрахунків;
- відсутність потреби в прогнозуванні поточних витрат, цін, прибутків, терміну дії проєкту;
- можливість визначення абсолютної ефективності загальної суми інвестицій якого-небудь окремо взятого інвестиційного проєкту;
- можливість оцінки порівняльної ефективності будь-якої кількості альтернативних проєктів і вибору з них найбільш ефективного.

Недоліки методу:

- показник приведених витрат не відповідає суті економічної ефективності, оскільки в ньому відсутнє співвідношення результатів і витрат і повинен представляти не порівняльну економічну ефективність, а порівняльну економічну оцінку варіантів за витратами;
- показник приведених витрат не враховує розміру капітальних вкладень, хоча в типовій методиці визначення економічної ефективності капітальних вкладень;
- показник приведених витрат критикується на тій підставі, що капітальні вкладення враховуються в нім двічі: один раз прямо, другий раз в собівартості у вигляді амортизації;
- принцип приведених витрат, використовуваний в методиці, ґрунтується на вживанні нормативних коефіцієнтів економічної ефективності, які мають усереднений характер, не враховують

підприємницький ризик і обмежуються або усередненим роком, або терміном окупності. Термін окупності нормується п'ятьма роками, а інвестора, природно, цікавить весь термін експлуатації проекту;

- показники порівняльної економічної ефективності не враховують чинник часу при оцінці поточних витрат і прибутку по роках реалізації проекту;

- величина нормативних коефіцієнтів ефективності капвкладень в значній мірі занижена. Їх величина повинна адекватно змінюватися залежно від зміни рівня інфляції і має бути не нижче за процентну ставку або інший аналогічний критерій, наприклад, ставки дивіденду;

- складність і певна умовність приведенні альтернативних варіантів технічного або організаційного рішення (проекту) до порівнянного вигляду, якщо ці варіанти істотно розрізняються обсягами виробництва, якістю і асортиментом продукції, вартістю інвестиційних ресурсів;

- відсутність обліку відстрочення при виплаті основної суми боргу;
- ігнорування амортизації як джерела грошових коштів.

Критерій приведених витрат на їх мінімум по своєму економічному змісту повністю відповідає методу попарного порівняння варіантів по строкам простої (без дисконтної) окупності, тому при впровадженні заходів з енергозбереження на системах теплопостачання доцільно використовувати саме цей метод.

Показник мінімуму приведених затрат розраховується за формулою:

$$Z_i = V + E_n K \rightarrow \min, \quad (3.4)$$

де V – поточні витрати;

E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень
($E_n = 0,12$);

K – капіталовкладення.

В таблиці 3.11 наведені отримані розрахунки затрат на інфрачервоне опалення, опалення за допомогою електричних котлів та на опалення за допомогою теплових акумуляторів.

Таблиця 3.11 – Витрати на опалення

Цех		Інфрачервоне опалення, тис.грн	Опалення за допомогою електричних котлів, тис.грн	Опалення за допомогою теплових акумуляторів, тис.грн
КТЦ		2011,59	812,38	3362,53
ІСЦ		674,77	270,76	7006,62
ЕСЦ	Котельня	69,19	24,59	116,4
	Компресорна	86,53	36,56	144,89
	Водопровід	43,27	12,43	58,21
РМЦ		69,19	24,59	101,92
ТЦ		112,49	36,56	29,15

Аналізуючи дані таблиці 3.11, робимо висновок, що для КТЦ, водопроводу, РМЦ і ТЦ найдорожчим з варіантів є інфрачервоне опалення, для ІСЦ, котельної і компресорної опалення за допомогою теплових акумуляторів. Тому їх в подальшому розрахунку не враховуємо.

Знайдемо різницю між варіантами опалення що залишились після попереднього розрахунку. Якщо $\Delta Z < 5\%$, то варіанти опалення є рівномірними і не має значення який з них використовувати, а якщо $\Delta Z > 5\%$, то треба обрати варіант з мінімальними затратами. Отримані результати вносимо до таблиці 3.12.

Таблиця 3.12 – Обраний вид опалення для кожного цеху

Цех	Вид опалення з мінімальними зведеними витратами	
КТЦ	Опалення за допомогою електричних котлів	
ІСЦ	Опалення за допомогою електричних котлів	
ЕСЦ	Котельна	Опалення за допомогою електричних котлів
	Компресорна	Опалення за допомогою електричних котлів
	Водопровід	Опалення за допомогою електричних котлів
РМЦ	Опалення за допомогою електричних котлів	
ТЦ	Опалення за допомогою теплових акумуляторів	

Далі розрахуємо значення чистої теперішньої вартості від впровадження обраної системи теплопостачання і внесемо їх до таблиці 3.13 і 3.14.

Таблиця 3.13 – Розрахунок NPV від впровадження обраної системи теплопостачання для КТЦ

Рік	Економія, тис.грн	Кап. витрати, тис. грн	ГП, тис грн	Кд	ДГП, тис грн	КДГП, тис грн.
0	-	192,64	-192,64	1	-192,64	-192,64
1	126,54	-	126,54	1,1	115,04	-77,6
2	126,54	-	126,54	1,21	104,58	26,98
3	126,54	-	126,54	1,33	95,14	122,12
4	126,54	-	126,54	1,46	86,67	208,79
5	126,54	-	126,54	1,61	78,59	287,38

Таблиця 3.14 .– Розрахунок NPV від впровадження обраної системи теплопостачання для цехів заводу

Цех		Кап. витрати, тис. грн	Економія, тис.грн	NPV, тис.грн
КТЦ		192,64	126,54	287,38
ІСЦ		63,91	44,02	103,05
ЕСЦ	Котельна	10,04	6,9	16,14
	Компресорна	12,3	5,03	6,78
	Водопровід	6,15	3,51	7,16
РМЦ		10,04	5,22	9,76
ТЦ		103,17	30,73	13,41

Для розрахунку терміна окупності використовуємо формулу:

$$T_{ок} = \frac{K}{\Delta}, \quad (3.5)$$

Для КТЦ термін окупності:

$$T_{ок} = \frac{192,64}{126,54} = 1,52 \text{ року} .$$

Термін окупності впровадження системи теплопостачання для цехів наведено на рисунку 3.12.

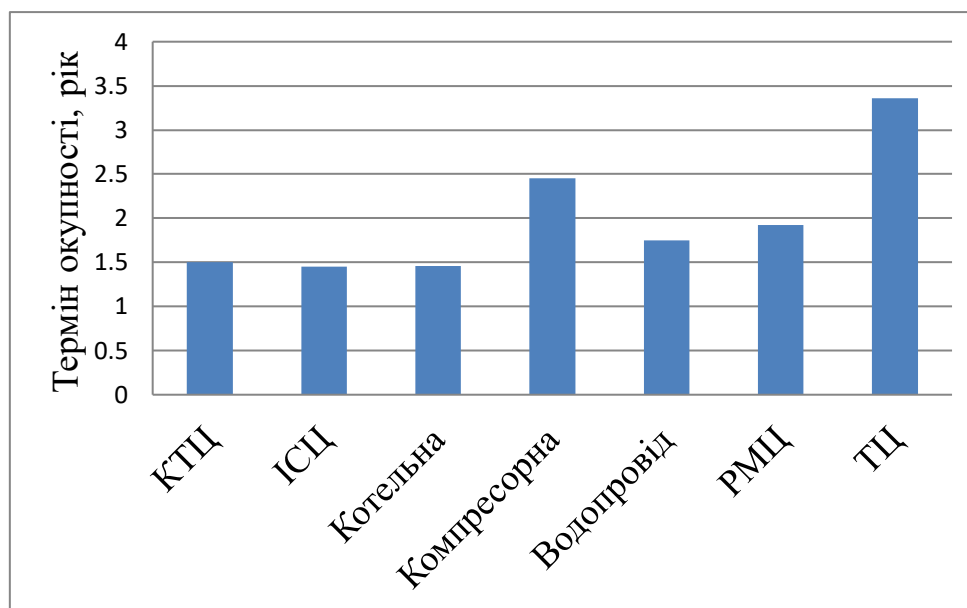


Рисунок 3.12 – Термін окупності впровадження системи теплопостачання

Аналізуючи рисунок 3.12 можна зробити висновок, що термін окупності впровадження системи теплопостачання для кожного цеху менше ніж 3,5 року, тому проєкт є доцільним.

3.5 Обґрунтування встановлення частотного перетворювача в насосній

Для економії електричної енергії в ЕСЦ, а саме в насосних установках, застосовуємо частотний перетворювач серії FR-F700. Досягається істотне енергозбереження в області низьких швидкостей, а також під час розгону і гальмування. Частотний перетворювач економить 57 % споживаної енергії. В таблиці 3.15 наведені технічні характеристики частотного перетворювача.

Таблиця 3.15 – Технічні характеристики FR-F700

Назва	Потужність, кВт		Номинальний струм, А		Розміри
	120 % пегрів. здатност і	150 % пегрів. здатност і	120 % пегрів. здатност і	150 % пегрів. здатност і	
FR-F740-02160-EC	110	90	216	180	465x620x300

Розрахуємо кількість споживаємої електричної енергії частотним перетворювачем:

$$W_{\text{сп}} = P_{\text{ном}} \cdot \cos\varphi \cdot n \cdot T_{\text{max}} \cdot K_{\text{н}}, \quad (3.6)$$

де $K_{\text{н}}$ – коефіцієнт використання, для частотних перетворювачів він дорівнює 0,7;

n – кількість працюючих частотних перетворювачів,

$$W_{\text{сп}} = 110 \cdot 0,8 \cdot 4200 \cdot 0,7 \cdot 3 = 776160 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Оцінювання ефективності ЕЗЗ за розрахунковий термін експлуатації енергозберігаючого устаткування виконується з урахування інтегрального дисконтування зміни прибутку і норми внутрішньої ефективності.

Для розрахунку чистого поточного прибутку треба:

$$\text{ГП} = \text{Доходи} - \text{Експлуатаційні витрати} - \text{Капітальні витрати},$$

де ГП – грошовий потік, тис.грн.

$$\text{ДГП} = \text{ГП}/\text{Кд}, \quad (3.7)$$

де ДГП – дисконтований грошовий потік;

Кд – коефіцієнт дисконту.

$$\text{КДГП} = \text{ДГП}_i + \text{ДГП}_{i+1}. \quad (3.8)$$

де КДГП – кумулятивний дисконтований грошовий потік;

i – номер року.

NPV - це сума дисконтованих значень потоку платежів, приведених до сьогоденішнього дня. Показник NPV є різницею між всіма грошовими припливами і відтоками, приведеними до теперішнього моменту часу.

Розрахуємо чистий поточний прибуток і отримані данні занесемо в таблицю 3.16.

Таблиця 3.16 – Розрахунок чистого поточного прибутку після встановлення частотного претворювача

Рік	Доходи, тис. грн	Експл. витрати тис. грн	Кап. витрати тис. грн	ГП, тис грн	Кд	ДГП, тис грн	КДГП, тис грн.
0	-	-	4022,43	-4022,43	1	-4022,43	-4022,43
1	2337,11	644,21	-	1692,9	1,1	1539	-2483,43
2	2337,11	644,21	-	1692,9	1,21	1399,09	-1084,34
3	2337,11	644,21	-	1692,9	1,33	1272,86	188,52
4	2337,11	644,21	-	1692,9	1,46	1159,52	1348,04
5	2337,11	644,21	-	1692,9	1,61	1051,49	2399,53

NPV = 2399,53тис.грн, проєкт є прийнятним. Ставка дисконту 30 %, NPV = 100,28тис.грн. Ставка дисконту 50 %, NPV = -1081,48тис.грн.

IRR - це процентна ставка, при якій чистий дисконтований дохід (NPV) дорівнює 0.

На рисунку 3.13 визначимо значення IRR проекту.

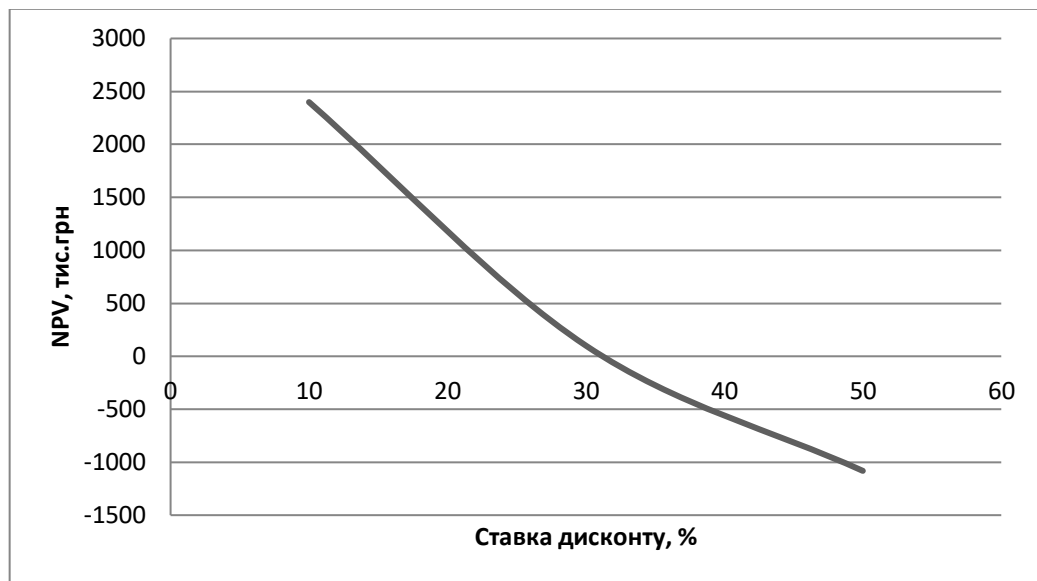


Рисунок 3.13 - Визначення IRR проекту встановлення частотного Перетворювача

IRR = 31,5 %, це більше ставки дисконту, проєкт є ефективним.

Розрахуємо термін окупності даного енергозберігаючого заходу:

$$T_{ок} = \frac{K}{\dot{\mathcal{E}}}, \quad (3.9)$$

Підставляючи данні отримуємо:

$$T_{ок} = \frac{4022,43}{2337,11} = 1,7 \text{ року} .$$

Отримане значення терміну окупності менше ніж 5 років, тому проєкт є прийнятним.

Далі розрахуємо дисконтований термін окупності РВВ, він повинен бути також менше ніж 5 років і бути більше ніж $T_{ок}$. Отримані значення занесемо в таблицю 3.17.

Таблиця 3.17 – Визначення кумулятивного дисконтованого грошового потоку проекту встановлення частотного перетворювача

Рік	ГП, тис. грн	Кд, при $\alpha=20\%$	ДГП, тис. грн	КДГП, тис.грн
1	1692,9	1,2	1410,75	-2611,68
2	1692,9	1,44	1175,63	-1436,05
3	1692,9	1,73	978,55	-457,5
4	1692,9	2,07	817,83	360,33
5	1692,9	2,49	678,88	1039,21

Розрахуємо NPV при ставці дисконту 20% за формулі:

$$NPV = \sum ДГП - К, \quad (3.10)$$

Підставляючи дані, отримуємо:

$$NPV = 5061,64 - 4022,43 = 1039,21 \text{ тис.грн.}$$

На рис.3.14 наведено графік дисконтованого терміну окупності проекту встановлення частотного перетворювача

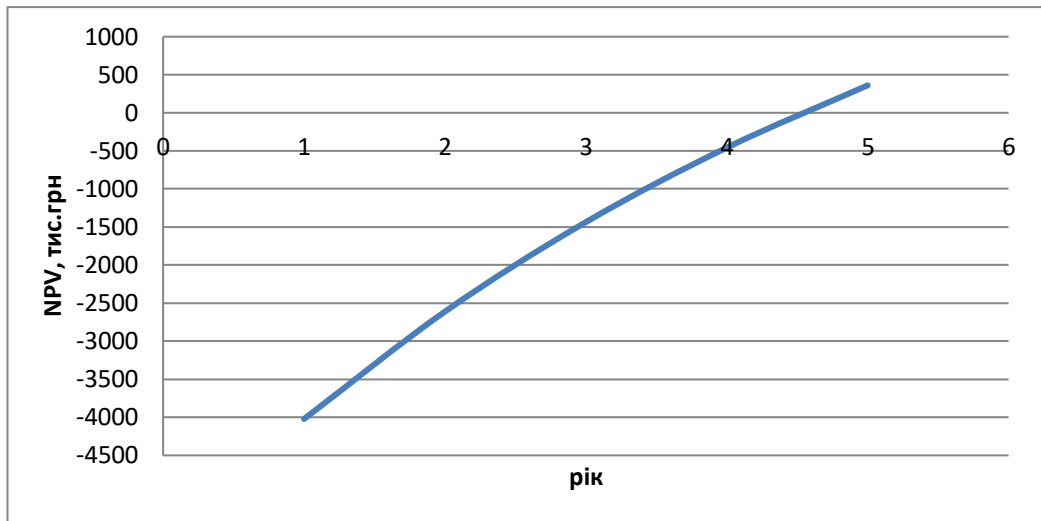


Рисунок 3.14 – Дисконтований термін окупності проєкту встановлення частотного перетворювача

$PBV = 4,5$ року, це більше ніж $T_{ок}$, якій дорівнює 1,7 року.

З отриманих розрахунків можна зробити висновок, що проєкт є ефективним, а значення $NPV = 2399,53$ тис.грн, $IRR = 31,5\%$, $T_{ок} = 1,7$ року і $PBV = 4,5$ року є прийнятними. Після впровадження цього енергозберігаючого заходу, на підприємстві буде спостерігатися підвищення енергоефективності.

ВИСНОВКИ

В ході виконання кваліфікаційної роботи було розкрито: загальні відомості про підприємство металургійної галузі, структуру енергетичного менеджменту на підприємстві, характеристика енергоспоживання заводу. Для визначення систематичних та випадкових впливів на процес енергоспоживання на підприємстві було розглянуто: технологічний процес виготовлення поковки, характеристика виробництва стиснутого повітря, оборотної та питної води, розглянуто обладнання, яке задіяне в процесі виробництва, теплопостачання цехів заводу.

Складено енергетичний баланс споживання ресурсів та аналіз енергоємності продукції заводу, з яких був визначений енергоносій який найбільше споживається – електрична енергія, майже 56%, та процес на який витрачається найбільше електричної енергії – штамповка, майже 44%. Також великий відсоток (37,12%) електричної енергії витрачається на послуги ЕСЦ, найбільше споживання електричної енергії по ЕСЦ йде на вироблення стиснутого повітря – 61%.

Для визначення залежності питомих витрат електричної енергії від обсягу товарної продукції проведено регресійний аналіз. Отримане значення коефіцієнта кореляції ближче до -1, це свідчить про зворотно пропорційну залежність, тобто зі збільшенням значення X (обсяг товарної продукції), значення Y (питомі витрати електричної енергії на виробництво продукції) зменшиться.

Було внесено пропозиції щодо підвищення енергоефективності підприємства: старі преси замінити на нові, для підвищення енергоефективності в насосних та компресорних установках запропоновано застосувати частотний перетворювач серії FR-F700.

Також проведено вибір доцільного джерела теплопостачання. Для інфрачервоного опалення обрано інфрачервоний обігрівач ИКО-6,0, для

опалення за допомогою електричного котла обрано електричний котел Титан і електричний котел Kospel, для опалення за допомогою теплового акумулятора обрано тепловий акумулятор ETS...electronic.

Для вибору оптимального джерела опалення використана методика приведених витрат. Для кожного цеху був обраний свій вид опалення. Для КТЦ - опалення за допомогою електричних котлів або теплових акумуляторів, для ІСЦ, котельної, компресорної, водопроводу і РМЦ - опалення за допомогою електричних котлів, для ТЦ - опалення за допомогою теплових акумуляторів.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Добрянський С.С., Малафєєв Ю.М., Пуховський Є.С. Проектування і виробництво заготовок / підручник. – К.: НТУУ «КПІ», 2014. – 353 с. – Бібліогр.: с. 346 – 353 – 500 пр. ISBN 978-966-7599-81-2
2. Дикань В.Л., Маслова В.О. Організація виробництва: підручник для студентів вищих навчальних закладів. – Харків: УкрДАЗТ, 2012. – 421 с.
3. ДСТУ-Н Б В.2.5-80:2015 Настанова з проектування систем електропостачання промислових підприємств. Київ : Мінрегіонбуд України, 2015. 45 с.
4. ДСТУ EN 50160:2014 (EN 50160:2010, IDT) Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загальної призначеності. Київ : Мінекономрозвитку України, 2014. 32 с
5. Електропостачання промислових підприємств: підручник для студентів електромеханічних спеціальностей / В.І. Мілих, Т.П. Павленко. – Харків : ФОП Панов А. М., 2016. – 272 с
6. Бабюк С. М. Підвищення енергоефективності підприємств за рахунок контролю характеристик режимів електропостачання / С. М. Бабюк, М. Д. Приймак, Р. В. Паськів // Збірник тез доповідей VI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 16-17 листопада 2017 року. — Т. : ТНТУ, 2017. — Том 3. — С. 90–91. — (Електротехніка та енергозбереження).
7. Визначення теплового навантаження будівель та вибір системи теплопостачання [Текст] : навч. посіб. /В.В.Дубровська, В.І. Шкляр – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – 116 с.
8. Джерела теплопостачання та споживачі теплоти: Текст лекцій для студентів напряму підготовки 6.050601 "Теплоенергетика" / Автор М.Ф. Боженко. – К.: НТУУ «КПІ», 2010. - 256 с.
9. Шепітчак В.Б. Енергоощадні системи опалення виробничих приміщень /В.М. Желих, В.Б. Шепітчак // Сучасні технології, матеріали і конструкції в

будівництві: науково-технічний збірник. – Вінниця: УНІВЕРСУМ - Вінниця. – 2012. – №2(13). – С.157-161.

10. Цал-Цалко Ю.С. Витрати підприємства: Навч. посібник. – Житомир: ЖІТІ, 2002.– 647 с.

11. Енергозбереження промислових підприємств: методологія формування, механізм управління : монографія / В. В. Джеджула. – Вінниця : ВНТУ, 2014. – 346 с.

12. Толбатов В. А. Організація систем енергозбереження на промислових підприємствах : навч. пос. / В. А. Толбатов, І. Л. Лебединський, А. В. Толбатов – Суми : Вид-во СумДУ, 2009. – 195 с

13. Системи опалення, вентиляції і кондиціонування повітря будівель [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика» / М.Ф.Боженко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 380 с.

14. Сучасні перетворювачі частоти в системах електропривода : навч. посібник / М. В. Загірняк, Т. В. Коренькова, А. П. Калінов, А. І. Гладир, В. Г. Ковальчук. – 2-ге вид., переробл. і доповн. – Харків: Видавництво «Точка», 2017. – 206 с.

15. Закладний О. М., Праховник А. В., Соловей О. І. Енергозбереження засобами промислового електропривода: Навчальний посібник, –К: Кондор, 2005. – 408 с.

16. Бондаренко Г. А. Компресорні станції : підручник / Г. А. Бондаренко, Г. В. Кирик. – Суми : Сумський державний університет, 2016. – 385 с.

17. Макаренко С.М. Підвищення конкурентоспроможності підприємства шляхом організації перманентних інноваційних процесів // Економічний простір, 2008, №19. – С. 296.