

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
ЗДП «Кремнійполімер»

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1411з
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)

Оверченко О. С

(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)

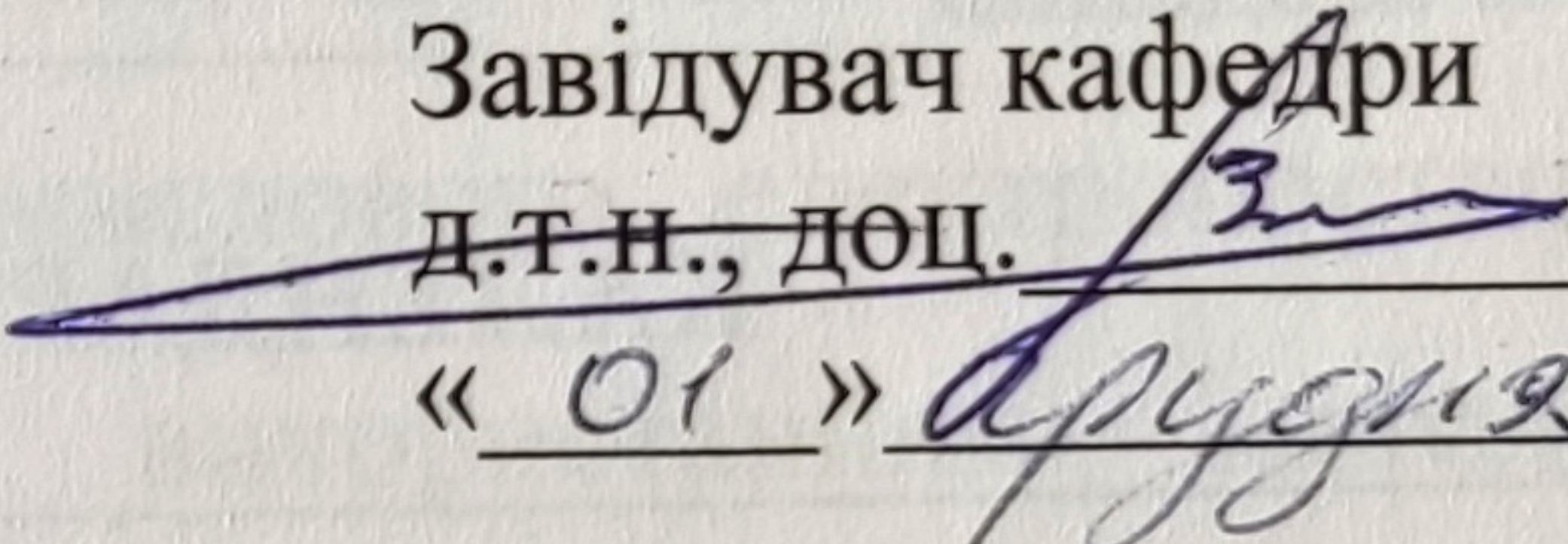
Запоріжжя
2022

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

Оверченко Олександр Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи Дослідження можливості підвищення ефективності електроспоживання ЗДП «Кремнійполімер»

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.

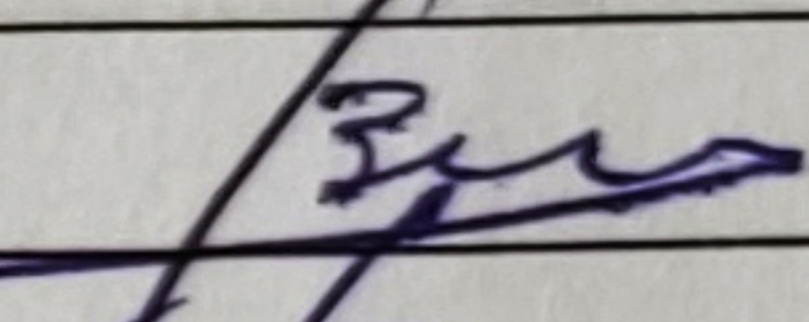
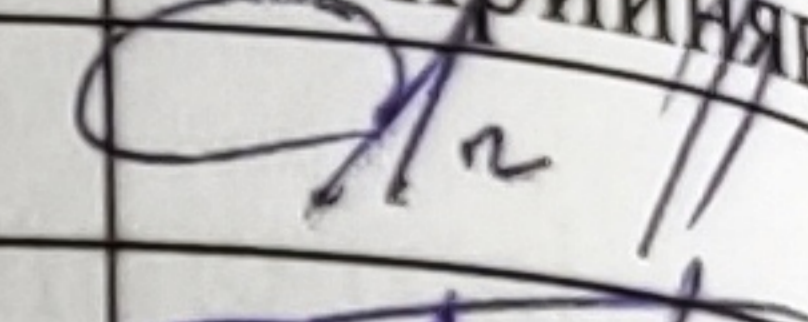
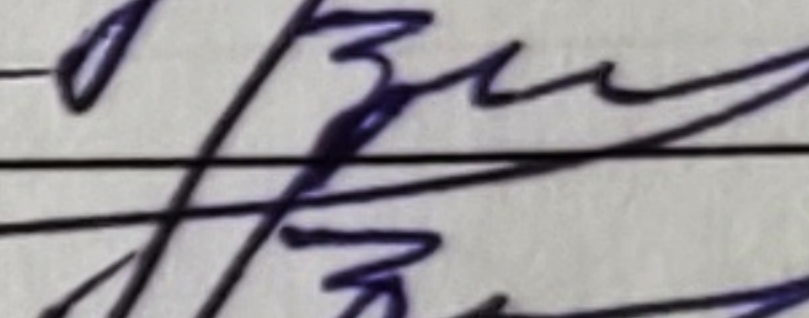
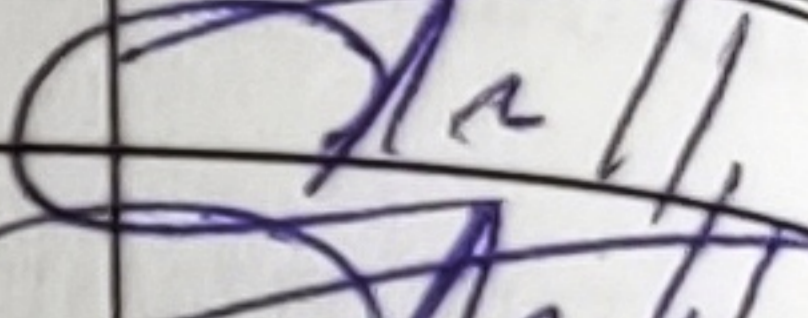
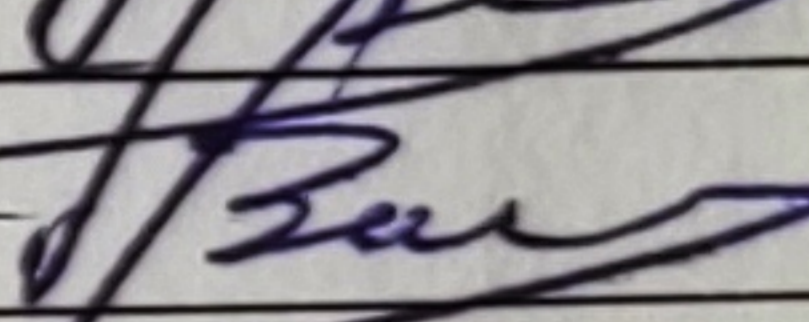
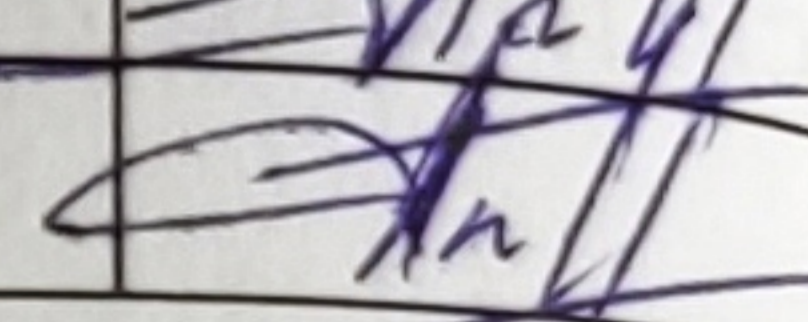
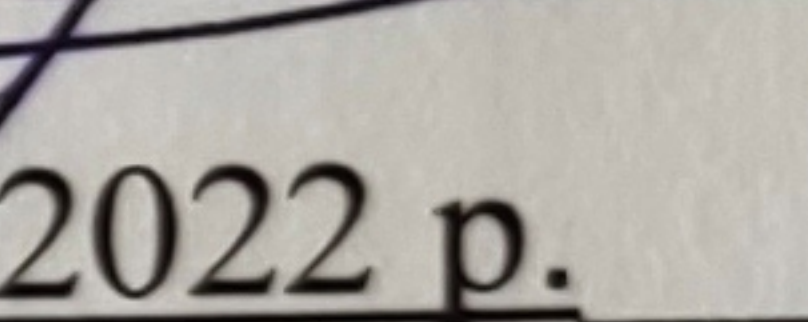
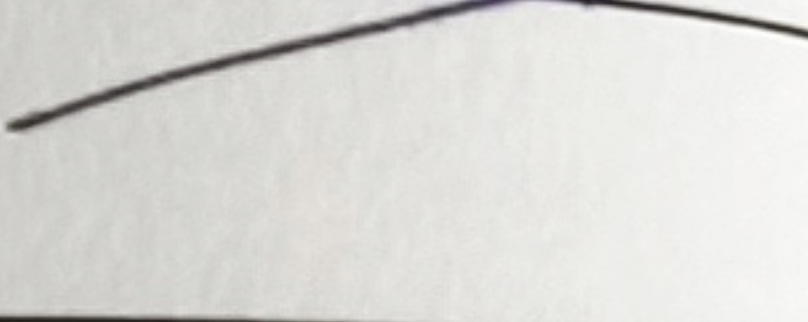
3 Вихідні дані до роботи: Річне споживання електроенергії обладнанням за II класом – 2,04 грн/кВт·год; час роботи обладнання ТП на рік – 5760 годин; загальне питоме електроенергоспоживання; перелік основного обладнання

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1) Аналіз існуючих методів оцінювання втрат електроенергії в системах електропостачання промислових підприємств 2) Розрахунок моделі втрат електроенергії в системах електропостачання 3) Приклад застосування результатів на прикладі ЗДП «Кремнійполімер» 4) Охорона праці та техногенна безпека.

5 Перелік графічного матеріалу 1) Споживання енергоресурсів 2) План цеху з розміщенням обладнання 3) Однолінійна схема 4) Розробка моделі втрат електричної енергії 5) Втрати електроенергії в системі електропостачання при мінімізації функції

6) Техніко-економічні розрахунки зниженні втрат електроенергії 7) Охорона праці і техногенна безпека

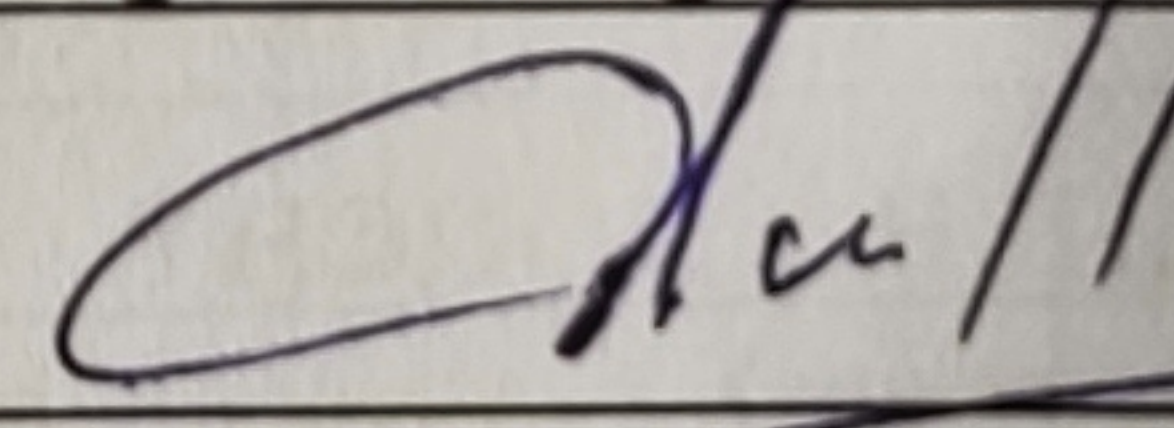
6 Консультанти розділів роботи

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		

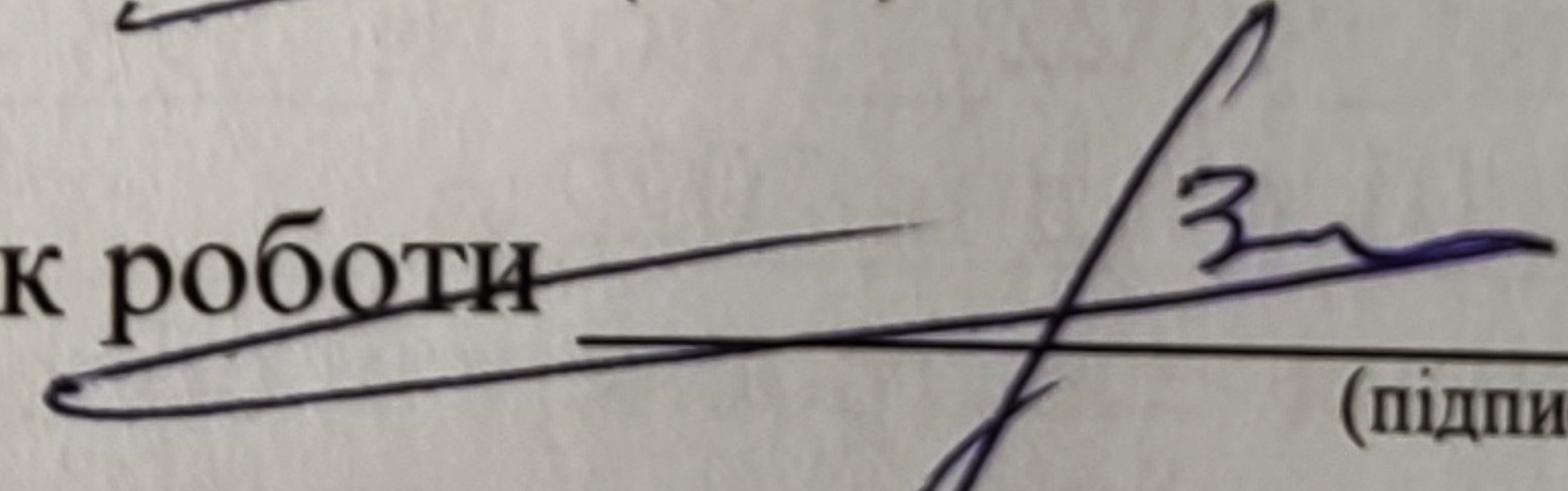
7 Дата видачі завдання 01.09.2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз існуючих методів оцінювання втрат електроенергії в системах електропостачання промислових підприємств	30.09.2022	
2	Розрахунок моделі втрат електроенергії в системах електропостачання	30.10.2022	
3	Приклад застосування результатів на прикладі ЗДП «Кремнійполімер»	19.11.2022	
4	Охорона праці та техногенна безпека	30.11.2022	

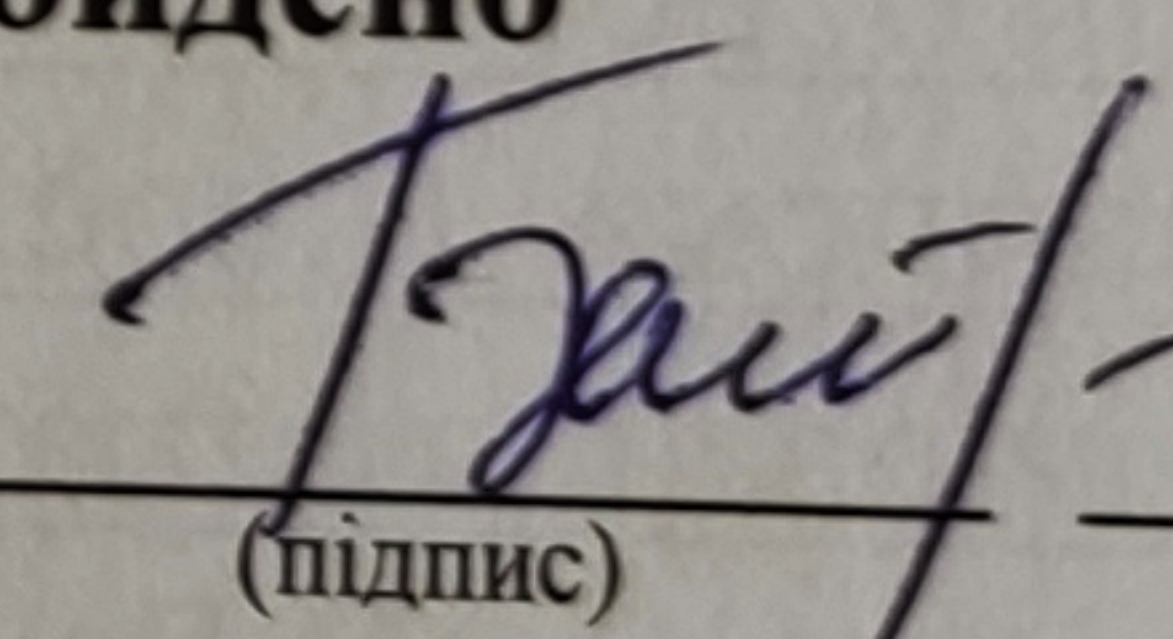
Студент 
(підпис)

О.С Оверченко
(ініціали та прізвище)

Керівник роботи 
(підпис)

В.Л. Коваленко
(ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер 
(підпис)

С.В. Башлій
(ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Оверченко О.С. Дослідження можливості підвищення ефективності електроспоживання ЗДП «Кремнійполімер».

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. Потєбні. Кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем, 2022.

Проведено аналіз параметрів, що найбільш впливають на втрати електроенергії в системах промислового електропостачання. Проведено математичне моделювання з використанням методики планування багатофакторного експерименту, отримано функцію оцінки втрат. Проведено мінімізацію цієї функції для визначення найприйнятніших значень параметрів, при яких втрати електроенергії будуть найменшими. Застосовано методику на конкретному підприємстві.

Ключові слова: СИСТЕМА ПРОМИСЛОВОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, КОЕФІЦІЄНТ ЗАВАНТАЖЕННЯ, ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНА СИСТЕМА, ВТРАТИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

ABSTRACT

Overchenko O.S. Study of the possibility of increasing the efficiency of electricity consumption of ZDP "Kremniypolimer".

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 Cyberphysical Systems, 2022.

The analysis of the parameters that most influence the losses of electric power in the systems of industrial electric power supply is carried out. A mathematical modeling was carried out using the method of planning a multifactorial experiment,

and a loss estimation function was obtained. Minimization of this function is carried out to determine the most acceptable values of the parameters at which the losses of electricity will be the smallest. Applied methodology for a particular enterprise.

Keywords: INDUSTRIAL ELECTRICAL SUPPLY SYSTEM,
ELECTRICITY SYSTEM, ELECTRICITY, ELECTRICITY LOSS

ЗМІСТ

Вступ.....	8
1 Аналіз існуючих методів оцінювання втрат електроенергії в системах електропостачання промислових підприємств.....	11
1.1 Метод оцінки втрат електроенергії в системах електропостачання промислових підприємств.....	11
1.2 Принципи і методи оцінювання енергетичних станів систем промислового електропостачання.....	16
1.3 Методи оцінювання структурних станів систем промислового електропостачання.....	21
1.4 Методи оцінювання ефективності топології мережі системи промислового електропостачання.....	25
1.5 Організаційно-економічні фактори підвищення ефективності функціонування промислових підприємств.....	29
2 Розробка моделі втрат електроенергії в системах електропостачання.....	35
2.1 Розрахунок втрат електроенергії та визначення параметрів, що впливають на зменшення цих втрат.....	35
2.2 Планування експерименту та функція втрат електроенергії в системах електропостачання.....	38
2.3 Перевірка моделі втрат електроенергії на адекватність.....	42
2.4 Мінімізація функції втрат електроенергії в системі електропостачання.....	45
3 Приклад застосування результатів дослідження на прикладі цеху механічної обробки ЗДП «Кремнійполімер».....	48
3.1 Коротка характеристика об'єкта дослідження.....	48
3.2 Огляд споживачів електроенергії підприємства	52
3.3 Аналіз електроспоживання цеху.....	53

3.3.1. Характеристика встановлених електроприймачів та електроустановок цеху.....	53
3.3.2. Динаміка споживання електроенергії.....	60
3.4 Техніко-економічні розрахунки втрат електроенергії в системах електропостачання цеху.....	60
3.4.1 Розрахунок втрат потужності в трансформаторах.....	60
3.4.2 Розрахунок втрат потужності в лініях.....	62
3.4.3 Розрахунок втрат в асинхронних двигунах.....	66
3.5 Визначення потенційно можливої економії електричної енергії в цеху.....	68
4 Охорона праці та техногенна безпека.....	73
4.1 Аналіз потенційних і шкідливих чинників виробничого середовища.....	73
4.2 Технічні рішення по гігієні праці і виробничій санітарії.....	74
4.2.1 Природне і штучне освітлення	75
4.2.2 Санітарно - побутові приміщення	76
4.2.3 Шум і вібрація в цеху	78
4.3 Заходи з поліпшення умов праці	79
4.4 Електробезпека... ..	80
4.5 Засоби індивідуального захисту.....	82
4.6 Інженерні рішення щодо забезпечення умов роботи з точки зору електробезпеки	83
4.7 Пожежна безпека.....	88
4.8 Охорона навколишнього середовища.....	90
Висновки.....	93
Перелік посилань.....	94

ВСТУП

Питання економії енергетичних ресурсів на сьогоднішній день є актуальним і виникає перед кожним представником сучасного суспільства. Запасів енергоресурсів на Україні залишається все менше, а процес їх видобутку стає дуже складним і небезпечним. Використання нетрадиційної енергетики ще не знайшло широкого розповсюдження в Україні. Єдиний вихід - це економія енергоресурсів. В даний час у світовій енергетиці простежується стійка тенденція до збільшення виробництва і споживання енергії, особливо електричної. Навіть з урахуванням значних структурних змін в промисловості та переходу на енергозберігаючі технології, потреби в тепло- і електроенергії в найближчі десятиліття будуть тільки збільшуватися.

Об'єкт дослідження – система електропостачання цеху механічної обробки ЗДП «Кремнійполімер».

Предмет дослідження – втрати електричної енергії в системі електропостачання цеху.

Мета дослідження – дослідити можливість підвищення енергоефективності цеху механічної обробки ЗДП «Кремнійполімер» шляхом створення алгоритму для визначення комбінації параметрів, при яких мінімізуються втрати електроенергії.

Завдання роботи – провести аналіз можливих втрат електроенергії в системі електропостачання промислового підприємства; встановити комбінацію параметрів, які найбільше впливають на втрати електроенергії на промислових підприємствах, здійснити мінімізацію функції втрат електроенергії; провести техніко-економічні розрахунки втрат електроенергії на прикладі системи електропостачання цеху механічної обробки ЗДП «Кремнійполімер».

В більшості держав світу енергозбереження вважається одним з головних пріоритетів енергетичної політики, а питання підвищення

ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів у всіх без виключення секторах економіки з кожним роком стає все актуальнішим. Тому основним завданням українського уряду стає забезпечення відповідного рівня енергоефективності національної економіки як запоруки її незалежності від інших країн.

Отже, основне завдання на шляху підвищення енергоефективності української економіки полягає в тому, щоб з однієї сторони зберегти інтелектуальний і творчий потенціал нації, а з іншого боку - забезпечити ринковий попит на нього.

В процесі впровадження енергозберігаючих заходів на промисловому підприємстві основною стратегічною метою є підвищення енергоефективності, отже поняття потенціалу енергозбереження підприємства можливо визначити як систему взаємопов'язаних поточних та перспективних, внутрішніх та зовнішніх можливостей, мобілізаційних здатностей керівників та персоналу підприємства до перетворення доступних вхідних ресурсів з метою підвищення енергоефективності виробництва.

Сучасний стан економіки надає багато можливостей щодо раціонального використання енергоресурсів. Однак, на мікрорівні ще недостатньо приділяють уваги питанню впровадження енергозберігаючих технологій. Процес впровадження енергозберігаючих заходів на підприємстві ускладнюються недостатністю фінансових ресурсів, зростанням тарифів на енергетичні ресурси, дефіцитом кваліфікованого персоналу та відсутністю мотивації промислових підприємств у ході реалізації заходів щодо зниження витрат на електроенергію. Отже, управління інноваційним розвитком систем енергозбереження та впровадження енергозберігаючих заходів стає можливим лише за умов створення ефективного економіко-організаційного механізму господарювання, що базується на використанні інноваційного потенціалу енергозбереження промислового підприємства.

Основний потенціал енергозбереження – це економія енергії у процесі її споживання. Це стосується, насамперед, електричної енергії. Тому вагомим

напрямок енергозбереження, для подібних об'єктів, що розглядається в дипломному проекті, є зменшення втрат в проміжних ланках обладнання, споживачах електричної енергії, а також електромережах, в яких втрати сягають 30 відсотків.

Раціональне використання електроенергетичних ресурсів являється однією з найбільш актуальних проблем як в Україні так і за її межами. Для досягнення максимальної ефективності їх використання необхідно розглядати схему виробництва та потреб електроенергії.

Оцінюючи ефективність споживання енергоресурсів промисловими підприємствами України, вітчизняні і закордонні експерти прийшли до висновку, що багато хто з них витрачає енергоресурсів на виробничі потреби не більш як 50%, а останнє втрачається. Основною енергією, що використовується підприємствами під час здійснення виробничої діяльності, є електрична енергія, яку вони споживають в обсязі 60% від виробленої в країні.

Зниження втрат електроенергії в розподільних електромережах та трансформаторах на промислових підприємствах є важливою складовою всього комплексу енергозберігаючих заходів.

Завдання роботи – провести аналіз можливих втрат електроенергії в системах електропостачання промислових підприємств; встановити комбінацію параметрів, які найбільше впливають на втрати електроенергії на промислових підприємствах, здійснити мінімізацію функції втрат електроенергії; провести техніко-економічні розрахунки втрат електроенергії на прикладі системи електропостачання цеху спеціальних металоконструкцій промислового підприємства ЗДП «Кремнійполімер».

В технічній літературі досить детально розглядаються методи розрахунку та аналізу втрат електроенергії в електричних мережах та трансформаторах, а також вибір заходів для їх зниження. В той же час питанням практичного застосування цих методів, не приділяється достатньої уваги. В зв'язку з цим представляє інтерес систематизація методів розрахунку втрат електроенергії та оцінка ефективності їх використання на підприємствах.

У даній магістерській роботі пропонується розглянути систему промислового електропостачання та розробити методику оцінювання втрат електроенергії в цій системі, а також оцінити її економічну ефективність при застосуванні на конкретному підприємстві.

1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ОЦІНЮВАННЯ ВТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

1.1 Метод оцінки втрат електроенергії в системах електропостачання промислових підприємств

Передача електроенергії від джерела струму до споживача пов'язана з втратою частини електроенергії в системі електропостачання (трансформаторах, лініях). Ці втрати визначаються током, що протікає по лініям, та величиною напруги, що передається.

Застосування завищеної напруги в електричних мережах, наприклад 10 кВ (замість 6 кВ), 380 В і $U_3-380 \text{ В} = 660 \text{ В}$, а також глибокого вводу напруги 35 кВ і вище значно знижує втрати електроенергії.

Потрібно відмітити, що втрати в трансформаторах визначаються також і числом годин їх роботи, тому однією з умов, що забезпечує економію електроенергії в трансформаторах, являється відключення їх при малих навантаженнях. Це можливо здійснювати, якщо в нічний час (не робочий) підживлювати електроустановки, призначені для ремонтних робіт, чергового освітлення та ін., від одного трансформатора. Живлення вказаних споживачів при цьому забезпечується знаходженням перемичок на нижчій напрузі між цеховими підстанціями. Іншими умовами економії електроенергії в трансформаторах являється установка раціонального режиму роботи включених трансформаторів, що забезпечується установкою оптимального коефіцієнту навантаження, що залежить від співвідношення між активними і реактивними складовими втрат.

Звідси, вміня правильно розрахувати втрати у всіх ланках системи електропостачання, виявити їх складові і установити основні напрямки по

зниженню втрат і економії електроенергії - основні умови правильного проектування та експлуатації електричної мережі.

Розглянемо метод знаходження втрат електроенергії в окремих точках системи електропостачання.

Втрати потужності та електроенергії в повітряних та кабельних лініях. Електричне навантаження, як правило, має змінний характер, тому втрати потужності та електроенергії в лініях залежать від зміни навантаження. Втрати потужності та електроенергії по проектуваному об'єкту можна розраховувати або за величиною середньоквадратичного струму I_{cp} з урахуванням часу включення лінії T_e , або максимальному току I_{max} при часі втрат τ .

Середньоквадратичний струм представляє собою еквівалентний струм, який, проходячи за час T_e , викликає ті ж втрати потужності і електроенергії, що і діючий, змінюється за той самий час струм.

Час втрат τ - це розрахунковий час, протягом якого лінія, працюючи з незмінним максимальним навантаженням I_{max} , мала б ті ж втрати потужності та електроенергії, що і при роботі по дійсному змінному графіку навантаження. Визначити величину τ можна по графіку (рисунок 1.1), [1].

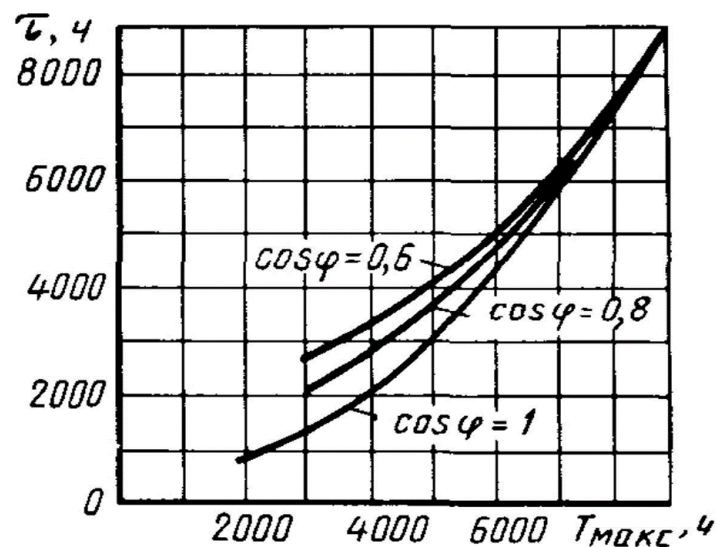


Рисунок 1.1 – Графік для знаходження часу втрат

Середньоквадратичний струм знаходять по середньому струму I_{cp} і коефіцієнту форми графіка навантаження κ_ϕ :

$$I_{ск} = \kappa_\phi \cdot I_{cp}, \quad (1.1)$$

$$I_{cp} = W / (T_v \cdot \sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos\phi), \quad (1.2)$$

Тут W – розхід активної електроенергії (кВт·год) за час T_v (доба, рік); $\cos\phi$ - середньозважений коефіцієнт потужності.

З достатньою для розрахунків точністю по даним проектних організацій при будь-якому числі (більше двох) струмоприймачів з довготривалим режимом роботи і числом струмоприймачів більше двадцяти з повторно-короткочасним режимом коефіцієнт форми $\kappa_\phi = 1,05—1,1$.

Втрати активної потужності та електроенергії по середньоквадратичному струму знаходять по формулам:

$$\Delta P = 3 \cdot I_{ск}^2 \cdot R \cdot 10^{-3}; \Delta W = \Delta P \cdot T_v, \quad (1.3)$$

Втрати реактивної потужності і реактивної енергії складають:

$$\Delta Q = 3 \cdot I_{ск}^2 \cdot X \cdot 10^{-3}; \Delta V = \Delta Q \cdot T_v, \quad (1.4)$$

Якщо відомі витрата електроенергії W , врахована за певний час (доба, рік), а також максимальна потужність навантаження $P_{макс}$, то можна знайти час $T_{макс}$, протягом якого така лінія могла б передати цю електроенергію:

$$T_{макс} = W / P_{макс}, \quad (1.5)$$

Час використання максимуму навантаження $T_{макс}$ [див. (2.73), 1] визначається характером виробництва та змінності роботи споживача і

становить у середньому в рік: для освітлювальних навантажень-1500-2000; для однозмінних підприємств-1800-2500; для двозмінних - 3500-4500; для тризмінних-5000-7000.

При розрахунку втрати потужності та електроенергії по максимальному струму вводиться поняття часу втрат τ , яке залежить від часу використання максимуму T_{\max} і коефіцієнту потужності $\cos\varphi$. Знаючи ці величини, по кривих залежності $\tau = f(T_{\max}, \cos\varphi)$ знаходять час втрат, а потім визначають активні і реактивні втрати електроенергії:

$$\Delta W_l = 3 \cdot I_{\max}^2 \cdot R \cdot \tau; \Delta V = 3 \cdot I_{\max}^2 \cdot X \cdot \tau, \quad (1.7)$$

Знаючи втрати електроенергії, можна знайти відповідні їм втрати потужності:

$$\Delta P = \Delta W / \tau; \Delta Q = \Delta V / \tau, \quad (1.8)$$

Втрати електроенергії в трансформаторах складаються із втрат в міді та втрат в сталі.

Втрати електроенергії в міді можна визначити по втратах потужності міді $\Delta P_{m \text{ ном}}$, максимальному навантаженні S_{\max} і часу втрат τ , знайденим по кривій залежності $\tau = f(T, \cos\varphi)$, де $\cos\varphi$ приймають незмінним за певний час (доба, рік і т. д.):

$$\Delta W_m = \Delta P_{m \text{ ном}} \cdot \kappa_3^2 \cdot \tau, \quad (1.9)$$

Втрати електроенергії в сталі визначаємо втратами потужності при холостому ході ($\Delta P_{cm} = \Delta P_{xx}$) та часом включення трансформатора T_6 :

$$\Delta W_{cm} = \Delta P_{cm} \cdot T_6, \quad (1.10)$$

Сумарні активні втрати електроенергії визначаємо за формулою:

$$\Delta W_{тр} = \Delta P_{м ном} \cdot \kappa^2 \cdot \tau + \Delta P_{ст} \cdot T_{в}, \quad (1.11)$$

Сумарні реактивні втрати електроенергії визначаємо за формулою:

$$\Delta V = \Delta Q \cdot \tau + \Delta Q \cdot \mu \cdot T_{в}, \quad (1.12)$$

Зниження втрат електроенергії. Це зниження може бути отримано в основних ланках системи електропостачання промислових підприємств - у трансформаторах, силових і освітлювальних мережах і шинопроводах.

Втрати електричної енергії в трансформаторах. Вони складають значну величину і повинні бути доведені до можливого мінімуму шляхом правильного вибору потужності і числа трансформаторів, раціонального режиму їх роботи, а також виключення холостого ходу при малих завантаженнях. Кількість одночасно працюючих трансформаторів в залежності від навантаження повинне визначатися черговим персоналом з умов мінімальних втрат електричної енергії в трансформаторах.

Втрати електричної енергії в лінії. Ці втрати залежать від опору, струму лінії і часу втрат; тому для зменшення втрат слід знижувати не тільки величину струму, а й величину опору лінії, для чого при наявності парних ліній необхідно включати їх паралельно.

Застосування підвищених напруг 20 кВ і 660 В для мереж промислових підприємств також значно скорочує втрати електроенергії в живильних і розподільних мережах промислових підприємств.

При складанні схеми зовнішнього і внутрішнього електропостачання слід вибирати варіант, при якому відсутні на лініях реактори, або варіант, при якому втрати в реакторах мінімальні. Наприклад, варіант електропостачання підприємств на напрузі 6 кВ з реакторами порівнюється з техніко-економічними показниками з варіантом електропостачання на напрузі 20 кВ без реакторів.

Регулювання графіків навантаження. Слід прагнути до отримання рівномірного графіка навантаження, завдяки чому підвищується використання встановленого обладнання і одночасно знижуються втрати електроенергії. Зниження значення сумарного максимуму навантаження дозволяє при незмінній встановленій потужності трансформаторів забезпечити харчування більшого числа споживачів. Зниження значення сумарного максимуму навантаження підприємства та вирівнювання графіка можуть бути досягнуті (за домовленістю з енергосистемою) зміщенням часу початку роботи (підприємств та обідніх перерв цехів), а також встановленням годин роботи цехів.

1.2 Принципи і методи оцінювання енергетичних станів систем промислового електропостачання

Принципи оцінювання енергетичних станів ДСПЕП за найбільшим тривалим нагріванням устаткування розроблені на основі аналізу моделей, що відображають процес перегрівання (відносно температури навколишнього середовища) провідника під дією електричного навантаження $I(t)$, що змінюється за законом [8]:

$$I(t) = \begin{cases} I_1(t) = \text{const}, & t \in (t_0, t_1) \\ I_2(t) = \text{const}, & t \in (t_1, t_2) \end{cases}, \quad (1.13)$$

За такі моделі використані рішення класичного диференційного рівняння теплового балансу в однорідному провіднику, що перегрівається незмінним струмом $I(t)$ протягом часу dt . Припускаючи, що перегрів провідника в момент t_0 дорівнює нулю, а постійна часу нагріву провідника (T_0) незмінна під час дії на нього навантаження, що відображається залежністю

виду (1.13), розв'язання цього рівняння на інтервалі (t_1, t_2) являє собою таку залежність [8]:

$$\theta = \theta_1 \left(1 - e^{-\frac{t_1 - t_0}{T_0}} \right) e^{-\frac{t}{T_0}} + \left(\frac{I_2(t)}{I_1(t)} \right)^2 \frac{R_2}{R_1} \theta_1 \left(1 - e^{-\frac{t}{T_0}} \right), \quad (1.14)$$

де θ_1 – стале значення перегріву провідника від дії навантаження $I_1(t)$;

R_1, R_2 – опір провідника при проходженні по ньому струмів $I_1(t)$ і $I_2(t)$ відповідно [8].

З виразу випливає, що результуюче перегрівання провідника за час (t_1, t_2) залежить від початкового перегріву і відношення втрат активних потужностей, що супроводжують проходження струмів $I_2(t)$ і $I_1(t)$. Він може бути будь-яким відносно початкового перегріву: залишатися рівним йому, збільшуватися або зменшуватися. При множині навантажень $I_2(t)$ найбільший перегрів провідника існуватиме на інтервалі (t_1, t_2) , де втрати активної потужності будуть максимальні. При цьому тривалість кожного інтервалу повинна бути достатньою для найбільшого перегріву провідника від дії $I_2(t)$. Цій умові задовольняє відрізок часу в $6T_0$, після закінчення якого навантаження $I_1(t)$ практично припиняє свою дію на провідник [8].

У ДСПЕП $I_2(t)$ в загальному випадку змінюється випадково. Тому адекватність реальних та оціночних втрат активної потужності у провіднику від їхньої дії досягається при квадратичних осереднених оцінках $I_2(t)$. Оцінювані втрати активної потужності (P) у провіднику опором R_2 , від дії дискретного навантаження $I_2(t)$ протягом (t_1, t_2) відображаються такою моделлю [8]:

$$P = R_2 \frac{\sum_{i=1}^n (I_2(\Delta t_i))^2}{n}, \quad (1.15)$$

де $I_2(\Delta t_i)$ – значення $I_2(t)$ на i -ому дискретному інтервалі (t_i, t_{i+1}) тривалістю $\Delta t_i = \text{const}$, $i=1, n$;

n – кількість інтервалів (t_i, t_{i+1}) , які знаходяться в інтервалі (t_1, t_2) .

Щоб не упустити (t_1, t_2) , на якому P у провіднику будуть максимальні від дії $I(t)$ за час T (T багато більше тривалості (t_1, t_2)), (t_1, t_2) повинний ковзати в інтервалі $(0, T)$. Алгоритмічно така процедура зводиться до пошуку глобального на інтервалі $(0, T)$ максимуму (I_p) середньоквадратичного на всіляких інтервалах (t_1, t_2) навантаження $I(t)$ і відображається залежністю такого вигляду [8]:

$$I_p = \left(\max_{j=1}^{j+n-1} \frac{\sum_{i=j}^{j+n-1} (I(\Delta t_i))^2}{n} \right)^{0.5}, \quad (1.16)$$

де j – початковий номер дискретного інтервалу Δt_i , який належить ковзному інтервалові (t_1, t_2) тривалістю $n \Delta t_i$; $j=1, T/\Delta t$ [8].

Розрахункове значення, що задовольняє умові (1.16), є оцінкою навантаження $I(t)$ провідника за найбільшим тривалим нагріванням. Якщо діюче на провідник навантаження подане дискретними потужностями $P(t)$, $Q(t)$ і модулем лінійної напруги $U(t)$, то алгоритм оцінювання її відображається залежністю такого вигляду [8]:

$$I_p = \left(\max_{j=1}^{j+n-1} \frac{1}{3n} \sum_{i=j}^{j+n-1} \frac{(P(\Delta t_i))^2 + (Q(\Delta t_i))^2}{(U(\Delta t_i))^2} \right)^{0.5}, \quad (1.17)$$

Процедура оцінювання T_0 провідника опором R (при температурі θ_R) і теплоємністю C (при температурі θ_C) під час дії на нього навантаження $I(t)$ відображає така залежність, яка відома з фізики:

$$T_0 = \frac{C(1 + \beta(\theta - \theta_c)) \cdot (\theta - \theta_{SR})}{I^2(t)R(1 + \alpha(\theta - \theta_R))}, \quad (1.18)$$

де α , β – температурні коефіцієнти опору і теплоємності провідника відповідно;

θ – температура нагріву провідника під час проходження по ньому навантаження $I(t)$;

θ_{SR} – температура навколишнього середовища, при якій визначена θ [8, с.34-35].

З формул (2) – (6) випливає, що коректність оцінки I_p обумовлюється коректністю оцінки T_0 , коректністю математичного відображення характеру та дії $I(t)$ на кожному інтервалі осереднення (t_1, t_2) , тривалостями інтервалів $(t_i, t_{i+1}), (t_1, t_2)$ і $(0, T)$. Наявність функціональної залежності між T_0 і $I(t)$ вносить невизначеність до оцінки T_0 (а разом з нею й в тривалість інтервалів (t_1, t_2)), що обумовлює необхідність застосування ітераційного підходу під час пошуку I_p . Зворотньоквадратичний характер цієї залежності та характерна для ДСПЕП відсутність усталених режимів на інтервалах (t_1, t_2) обумовлюють доцільність введення при пошуку I_p динамічного підходу до осереднення $I(t)$ варіюванням тривалостей (t_1, t_2) [8].

З виразу видно, що для практичної реалізації динамічного підходу до осереднення $I(t)$ треба використовуватися значеннями тривалостей (t_1, t_2) , які належать ряду чисел від $3T_0$ до $6T_0$ з кроком Δt_i . При цьому залежності (1.16) і (1.17), які відображають алгоритм пошуку I_p , повністю зберігаються, але розширюється область значень параметру n [8].

Наявність кореляційних зв'язків між параметрами $P(t)$, $Q(t)$, $U(t)$ фактичного ЕС ДСПЕП вносить непевність в аналогічні параметри енергетичних станів, прогнозованих на основі фактичного. Чисельні оцінки цих зв'язків дозволяють побудувати модельні рівняння регресії одних

параметрів стану на інші. За допомогою рівнянь регресії з'являється можливість спрогнозувати очікувані вихідні параметри нових станів з використанням передбачуваних регулюючих впливів на фактичне та потім оцінити їх. Прийнятний для практичних цілей результат прогнозування можна одержати за допомогою лінійних регресивних залежностей, що і показано в дисертаційній роботі [8].

У загальному випадку осереднені на інтервалах (t_1, t_2) втрати активної потужності в провіднику не еквівалентні осередненим втратам на інтервалі $(0, T)$. Тому перші не можуть застосовуватися для оцінювання ВЕ в ДСПЕП. Коректне оцінювання ВЕ вимагає граничної інтеграції навантажень в інтервалі $(0, T)$. Для цього у формулах (1.15) – (1.17) параметр n повинен дорівнювати відношенню тривалостей інтервалів $(0, T)$ і (t_i, t_{i+1}) [8].

Похибка оцінювання ВЕ в ДСПЕП залежить від тривалостей інтервалів (t_i, t_{i+1}) , $(0, T)$ і врахування характерних для ній стійких функціональних зв'язків між параметрами навантажень і напруг. Вона залежить також від достовірності оцінок опорів провідників і повноти врахування структурних станів ДСПЕП. Опори змінюються зі зміною температури нагріву провідників. А в силовому трансформаторі з РПН опір змінюється ще і зі зміною його технічних характеристик, коли змінюються параметри $P(t)$, $Q(t)$, $U(t)$ енергетичного стану ДСПЕП. У роботі викладена методика формування емпіричної залежності величини опору такого трансформатора від його змінного коефіцієнту трансформації [8].

Звичайно ДСПЕП характеризується множиною структурних станів об'ємом m (m не дорівнює одиниці). Кожному j -му структурному стану ДСПЕП відповідає енергетичний стан з параметрами $P_j(t)$, $Q_j(t)$, $U_j(t)$. Перехід ДСПЕП з одного структурного стана в інші в загальному випадку не детермінований, що обумовлює стохастичність тривалості кожного з них. Оцінюючи імовірність (q_j) працездатності кожного j -го структурного стану на інтервалі $(0, T)$, можна оцінити сумарні ВЕ під час $(0, T)$ з урахуванням усіх m

енергетичних станів ДСПЕП. Наприклад, втрати активної електроенергії (ΔW_a) у провіднику опором R на інтервалі $(0, T)$ відображає модель вигляду [8]:

$$\Delta W_a = \frac{RT}{n} \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n q_j \frac{(P_j(\Delta t_i))^2 + (Q_j(\Delta t_i))^2}{(U_j(\Delta t_i))^2}, \quad (1.18)$$

У розділі сформульовані вимоги, що пред'являються до вихідних параметрів енергетичних станів ДСПЕП, запропоновані алгоритми їх коректування. Сформульовано принципи і викладені методологічні основи оцінювання енергетичних станів ДСПЕП за найбільшим тривалим нагріванням устаткування та ВЕ в її мережі. Подано результати їх застосування для оцінювання енергетичних станів декількох ДСПЕП з використанням розроблених здобувачем шести формалізованих обчислювальних процедур для ЕОМ [8].

1.3 Методи оцінювання структурних станів систем промислового електропостачання

Методологія заснована на розкладанні структури системи електропостачання, що містить n елементів-"містків" (які виконують у системі функцію резервних електричних зв'язків, що нерідко іменують перемичками), на логічно тотожну сукупність структур, що не містять "містків". У дисертаційній роботі теоретично обґрунтована можливість подібного розкладання з використанням апарата математичної логіки [9].

Всі перемички системи одночасно можуть перебувати в одному з 2^n станів за працездатністю і кожному стану можна поставити у відповідність булеву послідовність із n булевих змінних (за числом перемичок) вигляду $(x_1,$

повної ймовірності. Стосовно до системи (1.19) формула повної ймовірності настання події B така:

$$p(B) = \sum_{j=1}^{2^n} p(B_j) \cdot p(B/B_j) , \quad (1.21)$$

де $p(B_j)$, $p(B/B_j)$ – ймовірності настання гіпотези B_j і події B при цій гіпотезі відповідно [9].

Тому що стан працездатності кожної i -ої перемички не залежить від станів працездатності всіх інших $(n-1)$ перемичок у j -ої їх комбінації, то алгоритм обчислення ймовірностей $p(B_j)$ можна відобразити системою алгебраїчних виразів вигляду [9]:

$$\begin{cases} p(B_1) = p(\bar{A}_1) \cdot p(\bar{A}_2) \cdot \dots \cdot p(\bar{A}_{n-1}) \cdot p(\bar{A}_n) \\ p(B_2) = p(\bar{A}_1) \cdot p(\bar{A}_2) \cdot \dots \cdot p(\bar{A}_{n-1}) \cdot p(A_n) \\ \dots \dots \dots \\ p(B_{2^{n-1}}) = p(A_1) \cdot p(A_2) \cdot \dots \cdot p(A_{n-1}) \cdot p(\bar{A}_n) \\ p(B_{2^n}) = p(A_1) \cdot p(A_2) \cdot \dots \cdot p(A_{n-1}) \cdot p(A_n) \end{cases} , \quad (1.22)$$

Ймовірність $p(B/B_j)$ є ймовірністю переходу перетвореної системи електропостачання до структурного стану B у випадку, що оцінюється, при умові, що настала гіпотеза B_j . Структура перетвореної системи відрізняється від структури вихідної тим, що в ній комутаційні стани перемичок апіорі задані відповідно до логіки гіпотези B_j . Тобто стану за працездатністю i -ої перемички, що поданий в B_j подією A_i , відповідає комутаційний стан "замкнутий", а подією – "розімкнутий". У результаті такого перетворення вихідна система електропостачання структурно буде являти собою сукупність нескладних послідовно-паралельних і (або) паралельно-послідовних схем. Застосовуючи до перетвореної схеми традиційні моделі математичної логіки і теорії ймовірностей, нескладно обчислити кожну ймовірність $p(B/B_j)$. Загальна

кількість перетворень вихідної системи електропостачання і відповідно імовірностей $p(B/B_j)$ дорівнює кількості гіпотез B_j [9].

Переваги такої методології полягають у такому: спрощує логічний аналіз складних за структурою систем електропостачання; дозволяє поряд із непрацездатними станами елементів системи через аварії врахувати непрацездатні їх стани через вивід у плановий ремонт; формалізується. Крім цього з її допомогою можна оцінити не тільки структурні стани системи електропостачання, що обумовлюють порушення електропостачання споживача, а і стани, які обумовлюють надійне (повне або часткове) електропостачання споживача, але супроводжувані зміною енергетичних станів системи електропостачання. Тобто методологія дає можливість оцінити тривалість кожного енергетичного стану системи, що обумовлюється працездатністю відповідного йому структурного стану, сприяючи тим самим підвищенню достовірності оцінок ВЕ в мережі системи і дозволяючи моделювати систему електропостачання з раціональним рівнем структурного резерву з метою зниження ВЕ в її мережі [9].

Достовірність результатів оцінювання структурних станів синтезованих і діючих систем електропостачання залежить від багатьох чинників. Серед них недостатньо досліджуваними є такі: вплив представності статистичних показників (не)працездатності елементів ДСПЕП і принципи забезпечення її; вплив непевності початкових умов оцінювання. Під початковими умовами здобувач розуміє таке: принцип поділу працездатних і непрацездатних структурних станів системи електропостачання; ступінь відповідності пропускної спроможності елементів системи та її структурного резерву; ступінь повноти відображення станів за працездатністю елементів системи. У дисертаційній роботі на прикладі дворівневої системи електропостачання показано, як перелічені початкові умови позначаються на область припустимих рішень і достовірність рішень [9].

Вплив представності статистичних показників (не)працездатності елементів ДСПЕП досліджувався на прикладі аварійних виходів з ладу

захисно-комутаційних і передавальних елементів діючої високовольтної електричної мережі ГПП М1 комбінату "Запоріжсталь" з використанням закону розподілу випадкових величин Стюдента (характерного для статистики малих вибірок). У роботі подана технологічна програма, за допомогою якої досліджувалися такі чинники, що впливають на представність статистичних показників непрацездатності електроустаткування: принцип формування статистичного ряду первинної інформації, вплив конструктивних особливостей устаткування і ступеня його зносу, вплив об'єму статистики і ремонтних циклів. У результаті виконання цієї програми сформульовано сім принципів формування представницької бази даних для оцінювання структурних станів ДСПЕП [9].

1.4 Методи оцінювання ефективності топології мережі системи промислового електропостачання

В цьому розділі подане теоретичне обґрунтування розробленого здобувачем нового методологічного підходу до вирішення топологічної задачі електричної мережі.

Обґрунтована доцільність до визначення поняття «центр електричних навантажень», тому що воно обумовлює принципи формування раціональної топології електричної мережі. З цією метою виділені і досліджувані такі чинники, що впливають на вирішення топологічної задачі: чинник енергетичної двоїстості вузлів мережі, чинник суміщеності потужностних навантажень вузлів у мережі, чинник неоднозначності електричних зв'язків між вузлами розподільчої і живлячої мереж, чинник обумовленості параметрів мережі і чинник критеріальної функції вибору раціональних рішень. Запропоновано під «центром електричних навантажень» розуміти точку плану мережі, що обумовлена екстремумом обраної критеріальної функції, яка

враховує енергетичну двоїстість вузлів мережі й їх навантаження за струмом при фіксованих електричних зв'язках між вузлами й фіксованим конструктивно-параметричному виконанні мережі, що задовольняє технічним вимогам до її експлуатації [11].

Показано, що фізико-технічна суть топологічної задачі перекичується, коли вона вирішується відповідно принципам теорії функціонального аналізу з використанням адитивних критеріальних функцій (зокрема річних зведених витрат на мережу). Це обумовлено множиною стаціонарних точок критеріальних функцій (критеріальні функції не опуклі). До того ж топологічна задача електричної мережі є задача із змінними параметрами, що не дозволяє апіорі здійснити ідентифікацію критеріальної функції на опуклість класичними методами. Таким чином, топологічна задача вимагає нових математичних підходів до вирішення [11].

Запропоновано вирішувати топологічну задачу з використанням імітаційного детермінованого моделювання раціональної мережі, враховуючи перелічені вище чинники. Імітація мережі вимагає обумовленості її конструктивного виконання, параметрів аварійного режиму, електричних зв'язків і метрики між вузлами мережі, координат топологічного базису (x_0, y_0) . Детермінованість стосується варіювання координат вузлів мережі, що утворюють суміжний (з живлячими і розподільчими вузлами мережі) рівень. Варіювання координат пропонується здійснювати за дугами концентричних кіл із центром у точці з координатами (x_0, y_0) відповідно до алгоритму [11]:

$$\begin{cases} x_{ij}(y_{ij}) = x_0(y_0) + r_i(r_i) \cos \varphi_j (\sin \varphi_j) \\ r_i = i \frac{R}{m_i}, \varphi_j = j \frac{360}{m_2} \\ i = 1, m_1; j = 1, m_2 \end{cases}, \quad (1.23)$$

де R – радіус метричної області моделювання мережі;

m_1, m_2 – параметри моделювання [11].

Моделювання містить у собі обчислення параметрів аварійного режиму в точках (x_{ij}, y_{ij}) , оцінювання параметрів мережі на відповідність цьому режиму, обчислення абсолютного і відносного значень критеріальної функції в точках (x_{ij}, y_{ij}) . Воно дозволяє врахувати багаточинність при розв'язуванні топологічної задачі, оцінити потенціал енергозбереження у мережі конкретної ДСПЕП і з'являється ефективним інструментом при синтезі раціональної електричної мережі. На його підставі в роботі експериментально обґрунтована можливість та доцільність заміни вартісних складових річних зведених витрат на "технічні" функціонали M_{1j} , M_{2j} , M_{3j} , які ізоморфно збігаються з першими при варіюванні метричних параметрів мережі (l_{ij}) . Функціонали відображаються залежностями вигляду [11]:

$$\begin{cases} M_{1j} = \sum_{i=1}^N I_{\partial l_{ij}} \cdot \ell_{ij} \\ M_{2j} = \sum_{i=1}^N \frac{(I_{pi}^n)^2}{I_{\partial l_{ij}}} \cdot \ell_{ij} \\ M_{3j} = \sum_{i=1}^N I_{pi} \cdot \ell_{ij} \end{cases}, \quad (1.24)$$

де $I_{\partial l_{ij}}$ – технічно нормоване значення тривало припустимого струму провідника i -ої ділянки мережі в j -ому топологічному рішенні, що відповідає перетину і матеріалові провідника та конструктивному виконанню ділянки;

I_{pi}^n – параметр енергетичного стану провідника i -ої ділянки мережі за втратами потужності;

I_{pi} – параметр енергетичного стану провідника i -ої ділянки мережі за найбільшим тривалим нагріванням [11].

Використання імітаційного детермінованого моделювання подане в роботі на прикладі діючої розподільчої мережі 10 кВ з чотирнадцятьма трансформаторними підстанціями 10/0,4 кВ, які електрично зв'язані з

живлячим вузлом ФПС1 за радіальною схемою. Воно дозволило виявити 30%-ий потенціал енергозбереження у цій мережі [1].

Зниженню ВЕ в ДСПЕП сприяє не тільки раціональна топологія мережі, але й раціональна структура ДСПЕП. Для оцінювання ефективності фактичної структури ДСПЕП (щодо ВЕ) вимагається порівняння її з раціональною (гіпотетичною) структурою, що не може обійтися без вирішення топологічної задачі, але в умовах непевності електричних зв'язків між вузлами розподільчої та живлячої мереж. При такій постановці топологічна задача являє собою комбінаторну задачу цілочисленого математичного програмування з булевими змінними Z_{ij} (електричні зв'язки між i -ми та j -ми вузлами мережі), апріорі відомими L_j (метричні параметри m ділянок живлячої мережі) і C_j (кількість відгалужень живлячих вузлів для приєднання до них вузлів розподільчої мережі) й являє собою таке: знайти мінімум цільової функції вигляду [11]:

$$\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n I_{ij} \cdot \ell_{ij} \cdot Z_{ij} + \sum_{j=1}^m \left(\sum_{i=1}^n I_{ij} \cdot Z_{ij} \right) \cdot L_j, \quad (1.25)$$

при обмеженнях:

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^m Z_{ij} = 1; i = \bar{1}, n; & j = 1, m \\ \sum_{i=1}^n Z_{ij} \leq C_j; & Z_{ij} \geq 0; & Z_{ij} \end{cases}, \quad (1.26)$$

де I_{ij} – техніко-економічні параметри задачі, що відповідають вибраній меті моделювання. Так, при оцінюванні потенціалу енергозбереження ці параметри будуть параметрами функціоналу M_{2j} .

У розділі наведена математична модель цільового формування раціональної структури ДСПЕП на рівнях розподільчої та живлячої мереж разом [11].

1.5 Організаційно-економічні фактори підвищення ефективності функціонування промислових підприємств

Підвищення ефективності функціонування первинної ланки економіки – підприємства – зумовлює необхідність проведення поглиблених досліджень, які відбуваються в діяльності суб'єктів господарювання різних форм власності в умовах ринкової трансформації економіки України. Серед першочергових – проблема комплексної оцінки ефективності функціонування підприємницьких структур. Така постановка проблеми за своєю сутністю не є новою, однак зміна базисних відносин супроводжується глибокими змінами не тільки в структурі та організації виробництва, а й у підходах до оцінки їх діяльності [29].

В економічній літературі поняття “ефективність” є широко вживаним. Як правило, воно ототожнюється з ефективністю виробництва. Однак, як показує досвід, набутий в процесі економічних реформ, на практиці виникає потреба в розмежуванні понять “ефективність виробництва” та “ефективність функціонування підприємства”, оскільки ці категорії мають різне змістове навантаження. Якщо для визначення ефективності виробництва загальноприйнятим є використання таких показників, як фондвіддача, фондомісткість, фондоозброєність, матеріаломісткість та матеріаловіддача, продуктивність праці, трудомісткість і т.д., то оцінка ефективності діяльності промислового підприємства в ринковому економічному середовищі включає в себе, крім перерахованих показників, ще й оцінку суто ринкових індикаторів, зокрема рівня конкурентоспроможності підприємства, його інвестиційної привабливості, фінансової стійкості, платоспроможності, ділової активності, тобто показників, які характеризують якісні параметри діяльності [29].

З урахуванням всієї сукупності показників під поняттям “ефективність функціонування підприємства” розуміється його здатність раціонально вирішувати завдання формування необхідного обсягу матеріальних, трудових і фінансових ресурсів та оптимального їх розподілу і використання з метою забезпечення стабільного розвитку та досягнення стратегічних цілей [29].

Багатоаспектна діяльність підприємств здійснюється під впливом сукупності факторів, які формують економічне середовище функціонування підприємницьких структур. Чисельність екзо- й ендогенних факторів зумовлює потребу в їх ранжуванні за ступенем і важливістю впливу на господарську діяльність суб'єктів господарювання. Запропонована в дисертаційному дослідженні класифікація факторів, які визначають фінансово-економічний та техніко-технологічний стан промислових підприємств, включає дві найбільш істотні групи: 1) фактори, об'єднані за характером їх походження; 2) фактори, об'єднані за способом впливу [29].

Запропонований підхід до структуризації факторів впливу на діяльність підприємств є вкрай важливим, оскільки фактори, віднесені до першої групи, показують місце формування кожного з них у структурі соціально-економічної ієрархії. Зокрема, макро і мезоекономічні в основному пов'язані з діяльністю галузей, регіонів, та ринків. На відміну від них, мікроекономічні визначають поведінку окремих суб'єктів господарювання. Другу групу становлять фактори за способом їх впливу на діяльність підприємств. В їх структурі основну роль відіграють внутрішні фактори, що включають економічні та організаційні чинники. В цій групі важливу роль посідають соціально-психологічні детермінанти, які “проникають” на підприємство через психологічні особливості найманих працівників, акціонерів, представників владних органів тощо. Окрему підсистему в цій групі становлять фактори, зумовлені горизонтальними зв'язками, які впливають на діяльність підприємств через партнерські відносини, договірну систему, взаємні поставки і т.д. [29]

Запропонована структуризація факторів суттєво підвищує можливість управління ними. Так, наприклад, якщо поведінка підприємств залежить значною мірою від факторів макроекономічного характеру, то на рівні держави та органів державного управління повинні розроблятися заходи, спрямовані на створення сприятливого макроекономічного середовища за допомогою інструментів макроекономічного впливу. Якщо превалюють мікроекономічні фактори, які залежать від самого підприємства, то для підвищення ефективності його роботи необхідно розробити гнучку комбінацію стимулюючих заходів з урахуванням характеру впливу внутрішніх факторів на діяльність господарюючого суб'єкта [29].

З метою нормалізації діяльності підприємств харчової промисловості в Україні та забезпечення успішного їх функціонування у дисертації обґрунтовується доцільність підвищення значення таких організаційно-економічних важелів, як: відновлення державного замовлення на основну продукцію сільського господарства; державна підтримка вітчизняного товаровиробника шляхом стимулювання експорту та обмеження імпорту товарів, для виробництва яких достатньо власних виробничих потужностей і сировинного забезпечення, а також внутрішніх чинників підвищення ефективності діяльності підприємств (активізацію маркетингових досліджень, зокрема бенчмаркінгу, реструктуризацію цінової політики, технічне переобладнання підприємств, заміна морально та фізично застарілого обладнання новим для виробництва високоякісних продуктів харчування, поліпшення їх упаковки, розфасовки та дизайну) [29].

Для розширення сировинної бази підприємств харчової промисловості доцільно створювати агропромислові формування у структурі “виробництво-переробка-реалізація” шляхом передачі частини акцій переробних підприємств підприємствам по заготівлі сировини з тим, щоб виробники сировини були зацікавлені у результатах реалізації кінцевої продукції населенню [29].

Основою успішної діяльності підприємства є ефективна система управління. В умовах переходу до ринку, коли кардинально змінюються принципи координації виробничо-господарської діяльності, різко зростає динамізм усіх економічних процесів, стає очевидним, що застосовувані на вітчизняних підприємствах методи формування організаційних структур управління, які найчастіше економічно не обгрунтовані, себе не виправдовують, не враховують зростаючої динаміки зовнішнього та внутрішнього середовища, появи нових управлінських функцій. У зв'язку з цим виникає необхідність структуризації такої системи, оптимізації її складових та системної оптимізації [29].

Одним із підходів до формування оптимальної структури управління є використання функціонально-вартісного аналізу, в основі якого лежить системний аналіз функцій об'єкту та затрат на їх реалізацію. У результаті практичного застосування цього методу для оцінки роботи структурних підрозділів одного з підприємств харчової промисловості Закарпаття у дисертації запропонована модифікація організаційної структури цього підприємства з виділенням центрів відповідальності (центру виробництва, центру збуту і центру фінансів). Така структура дозволяє чітко визначити відповідальність керівника кожного підрозділу, підвищити ефективність оперативного управління і, крім того, зменшити часові і вартісні витрати, пов'язані з виконанням бізнес-процесів [29].

Агреговані висновки про результати діяльності підприємства дає можливість зробити комплексна оцінка ефективності його функціонування. У дисертації розроблена методика комплексної оцінки ефективності, яка базується на використанні показників фінансового стану і дає можливість врахувати інтереси різних груп осіб, пов'язаних із підприємством [29].

Процедура здійснення комплексної оцінки передбачає проведення поетапного синтезування одиничних показників фінансового стану з тим, щоб перейти до узагальнюючих, а далі – до комплексної. Для визначення

узагальнюючої оцінки по кожній групі показників фінансового стану була використана формула середньозваженої:

$$Q_j = \sum_{i=1} k_{ij} \alpha_{ij}, \quad (1.27)$$

де Q_j – узагальнююча оцінка по j -ій групі показників фінансового стану;
 k_{ij} – значення i -го одиничного показника в j -ій групі;
 α_{ij} – вагове значення i -го показника [29].

На сучасному етапі, в умовах формування ринкових відносин, особливої актуальності набуває проблема підвищення ефективності діяльності промислових підприємств — первинної ланки економіки. Особливо це стосується підприємств харчової промисловості, успішна робота яких дозволить вирішити проблему продовольчого забезпечення, зростання обсягів випуску конкурентоспроможної продукції, раціонального використання ресурсів, сталого розвитку національної економіки [23].

Необхідність наукового підходу до керування системи електропостачання великих підприємств, застосування автоматизованих систем керування з використанням комп'ютерних технологій та обчислювальної техніки диктується, з однієї сторони, складністю сучасних систем електропостачання, наявністю різноманітних внутрішніх взаємозв'язків, а також недостатньо високими характеристиками надійності пристроїв автоматики, що знаходяться в експлуатації; з другої сторони, можливістю негативного впливу великих споживачів електроенергії на роботу енергосистеми [32].

Система електропостачання в цілому повинна бути побудована таким чином, щоб в умовах після аварійного режиму, після відповідних переключень вона була здатна, як правило, забезпечити живлення навантажень підприємства (з певним обмеженням) з врахуванням використання всіх додаткових джерел і можливостей резервування

(перемички, зв'язки по вторинній напрузі, аварійні джерела та ін), перевантажувальної здатності обладнання та ін. При цьому можливі короточасні перерви живлення електроспоживачів 2^ї категорії на час виконання необхідних переключень і перерви в живленні електроспоживачів 3^ї категорії на час до 1 доби.

Задачі оптимізації повинні вирішуватися з точки зору системного підходу. При цьому вибір раціональних режимів роботи систем електропостачання промислового підприємства необхідно проводити, оцінюючи економічну ефективність роботи всього підприємства в цілому. В деяких випадках при дефіциті потужності в системі електропостачання більш вигідним може бути пониження напруги на 5-10% порівняно з номінальним. Цей захід дозволяє для багатьох виробництв без значних збитків для технологічного процесу зменшити збитки в порівнянні зі збитками від промислового відключення, що часто застосовується в даний час.

Системний підхід при вирішенні оптимізаційних задач передбачає керування якістю електроенергії, направлений на зменшення її втрат в системах промислового електропостачання, а також на підвищення продуктивності механізмів і якості випущеної продукції. Комплексне рішення цієї проблеми забезпечує всеосяжне підвищення ефективності народного господарства.

2 РОЗРОБКА МОДЕЛІ ВТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

2.1 Розрахунок втрат електроенергії та визначення параметрів, що впливають на зменшення цих втрат

Розглянувши методи розрахунку втрат електроенергії в системах електропостачання промислових підприємств, ми можемо виділити основні параметри, що впливають на втрату електроенергії. Для подальших розрахунків встановлено мінімальні та максимальні значення цих параметрів.

Таблиця 2.1 –Мінімальні та максимальні значення вибраних параметрів

Параметри	Мінімальне значення	Максимальне значення
Довжина кабеля, $L_{каб}$	3м	60м
Площа перерізу, $S_{каб}$	2,5	35
Час втрат в трансформаторі, τ	2500	3500
Коефіцієнт завантаження трансформатора, κ_3	0,5	1,4

Електричне навантаження, як правило, має змінний характер, тому втрати потужності та електроенергії в лініях залежать від зміни навантаження. Втрати потужності та електроенергії по проектуваному об'єкту можна розраховувати або за величиною середньоквадратичного струму I_{cp} з урахуванням часу включення лінії $T_в$, або максимальному току $I_{макс}$ при часі втрат τ .

В даній роботі розрахунки проводяться по максимальному струму $I_{макс}$.

Час втрат τ - це розрахунковий час, протягом якого лінія, працюючи з незмінним максимальним навантаженням I_{\max} , мала б ті ж втрати потужності та електроенергії, що і при роботі по дійсному змінному графіку навантаження.

Якщо відомі витрата електроенергії W , врахована за певний час (доба, рік), а також максимальна потужність навантаження P_{\max} , то можна знайти час T_{\max} , протягом якого така лінія могла б передати цю електроенергію:

$$T_{\max} = W/P_{\max} \quad (2.1)$$

Час використання максимуму навантаження T_{\max} [1] визначається характером виробництва та змінності роботи споживача і становить у середньому в рік: для освітлювальних навантажень-1500-2000; для однозмінних підприємств-1800-2500; для двозмінних - 3500-4500; для тризмінних-5000-7000.

В даному випадку розглядається двозмінне підприємство і для нього обираємо $T_{\max}=4500$.

2.2 Планування експерименту та функція втрат електроенергії в системах електропостачання

Планування експерименту включає вибір числа і видів чинників, що впливають на параметр, що вивчається, встановлення нульового рівня і інтервалів їх варіювання, вибір матриці планування. Нульовий і основний рівень позначається цифрою 0 (це центр планування експерименту).

Кількісно – це ті значення параметрів, при яких раніше були досягнуті якнайкращі результати, або результати, поширені в промисловості, або результати, одержані в результаті анкетного опиту фахівців, або найкращіше

вивчені результати. Верхній рівень (+1) – це максимальне значення змінної величини (X_{max}). Нижній рівень (-1) – це мінімальне значення змінної величини (X_{min}).

При плануванні експерименту прийняте значення незалежної змінної в натуральному вигляді X замінювати на кодоване x . Для кодової x застосовують:

$$X = \frac{X - X_0}{\Delta X}, \quad (2.8)$$

де: X – натуральне значення змінної;

X_0 – значення змінної на нульовому рівні;

ΔX – інтервал варіювання.

$$\Delta X = \frac{X_{max} - X_{min}}{2}. \quad (2.9)$$

Згідно з складеною математичною моделлю технологічного об'єкту, вибираються фактори варіювання. Вибір факторів варіювання величини втрат електроенергії в лініях та трансформаторах наведений у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Фактори варіювання втрат електроенергії

№ з/п	Чинники (параметри)		Умови варіювання			Інтервал варіювання
			-1	0	+1	
1	Довжина кабелю, м	L	3	9	12	3
2	Площа перерізу кабелю, мм ²	S	2,5	5	25	2,5
3	Час втрат в трансформаторі, год	τ	2500	3000	3500	500
4	Коефіцієнт завантаження трансформатора	k_3	0,5	0,8	1,4	0,3

Вибір матриці планування. Цей вибір пов'язаний з визначенням числа, вигляду і порядку виконання експерименту. При вивченні теплотехнічних процесів мають місце лінійні, нелінійні, квадратичні залежності знаходження яких зв'язане із застосуванням повного експерименту чинника. При проведенні ПФЕ планування здійснюється на двох рівнях: верхній “+1” і нижній “-1”.

Таблиця 2.3 – Планування експерименту

№ з/П	$L, \text{ м}$	$S, \text{ мм}^2$	$\tau, \text{ год}$	k_3	$L, \text{ м}$	$S, \text{ мм}^2$	$\tau, \text{ год}$	k_3	$\Delta W, \text{ кВт}\cdot\text{год/рік}$
1	-1	-1	-1	-1	3	2,5	2500	0,5	15498,26
2	1	-1	-1	-1	12	2,5	2500	0,5	34670,85
3	-1	1	-1	-1	3	25	2500	0,5	9746,486
4	1	1	-1	-1	12	25	2500	0,5	11663,74
5	-1	-1	1	-1	3	2,5	3500	0,5	19104,61
6	1	-1	1	-1	12	2,5	3500	0,5	45946,23
7	-1	1	1	-1	3	25	3500	0,5	11052,12
8	1	1	1	-1	12	25	3500	0,5	13736,28
9	-1	-1	-1	1	3	2,5	2500	1,4	33453,26
10	1	-1	-1	1	12	2,5	2500	1,4	52625,85
11	-1	1	-1	1	3	25	2500	1,4	27701,49
12	1	1	-1	1	12	25	2500	1,4	29618,74
13	-1	-1	1	1	3	2,5	3500	1,4	44241,61
14	1	-1	1	1	12	2,5	3500	1,4	71083,23
15	-1	1	1	1	3	25	3500	1,4	36189,12
16	1	1	1	1	12	25	3500	1,4	38873,28

Число дослідів L залежить від числа чинників k і визначається по формулі:

$$L = 2^k, \quad (2.10)$$

Експериментальна частина. Отримання початкової інформації для статичної обробки здійснюється на ЕОМ шляхом реалізації програми відповідно за розробленою математичною моделлю.

Вводимо матрицю планування в ЕОМ - Data Fit з урахуванням прийнятих значень параметрів, станів об'єкта управління. За розрахованими даними обираємо найбільш відповідну модель втрат електроенергії:

$$\begin{aligned} \Delta W = & 29764,17 + 10286 \cdot L - 7124 \cdot S + 5362 \cdot \tau + 11632 \cdot k_3 + 4987 \cdot L \cdot S + \\ & + 1128 \cdot L \cdot \tau - 1294 \cdot S \cdot \tau + 2019 \cdot \tau \cdot k_3 + 1013 \cdot L \cdot S \cdot \tau \end{aligned} \quad (2.11)$$

Таблиця 2.4 – Параметри впливу на втрату електроенергії

№ з/п	Параметри	Значення
1	L	10286
2	S	-7124
3	τ	5362
4	k_3	11632
5	LS	4987
6	$L\tau$	1128
7	$S\tau$	-1294
8	τk_3	2019
9	$LS\tau$	1013

Проаналізувавши отриману функцію будується гістограма, щоб наглядно оцінити вплив кожного з параметрів, а також вплив при комбінації цих параметрів на втрату електроенергії.

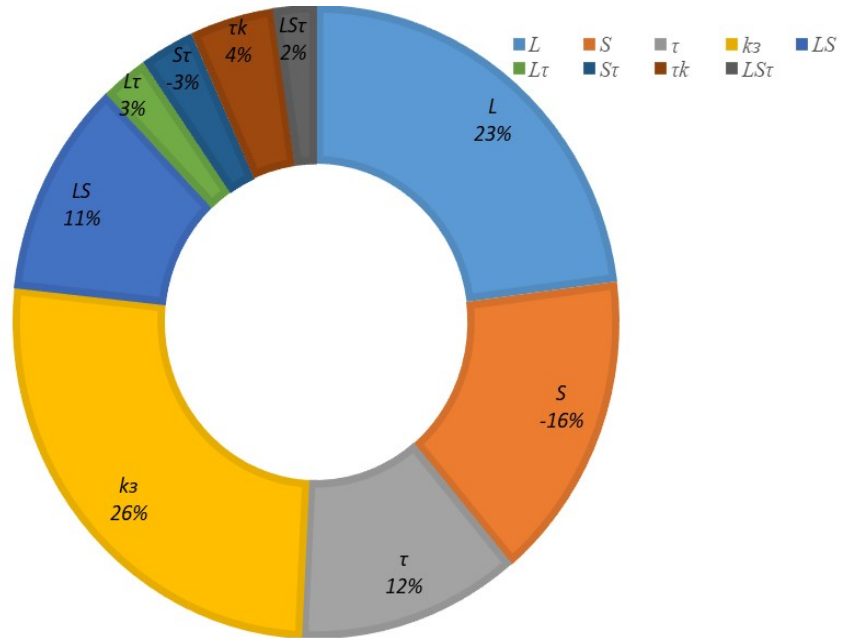


Рисунок 2.1 – Діаграма впливу параметрів на втрату електроенергії

За рисунком 2.1 видно, що на втрату електроенергії в системах електропостачання найбільше впливають довжина кабелю та коефіцієнт загрузки трансформатора. Тобто, для того щоб добитися зниження втрат електроенергії на промислових підприємствах, потрібно працювати над заходами по зменшенню довжин кабеля, а також зменшення і коефіцієнта загрузки трансформатора. А от площу перерізу кабеля необхідно, навпаки, збільшувати.

2.3 Перевірка моделі втрат електроенергії на адекватність

Відповідність прогнозованих втрат електроенергії системою електропостачання представимо у вигляді:

$$Y_{II}^* = a_0 + a_1 \cdot Y_{II}, \quad (2.12)$$

де:
$$a_0 = \bar{Y}_{II} - r_{Y_{II}Y_{II}} \cdot \sigma_{Y_{II}} / \sigma_{Y_{II}} \cdot \bar{Y}_{II}; \quad (2.13)$$

$$a_1 = r_{Y_{II}Y_{II}} \cdot \sigma_{Y_{II}} / \sigma_{Y_{II}}. \quad (2.14)$$

де \bar{Y}_{II} - середнє значення прогнозованого значення втрат електроенергії

\bar{Y}_{II} - середнє значення дійсного значення втрат електроенергії;

$r_{Y_{II}Y_{II}}$ - коефіцієнт кореляції між цими значеннями;

$\sigma_{Y_{II}}, \sigma_{Y_{II}}$ - середньоквадратичні відхилення.

Вказані величини обчислювалися за формулами:

$$r_{Y_{II}Y_{II}} = \frac{\sum_1^L (Y_{II} - \bar{Y}_{II})(Y_{II} - \bar{Y}_{II})}{L \cdot \sigma_{Y_{II}} \cdot \sigma_{Y_{II}}}; \quad (2.15)$$

$$\sigma_{Y_{II}} = \sqrt{\sum_1^L (Y_{II} - \bar{Y}_{II})^2 / (L - 1)}; \quad (2.16)$$

$$\sigma_{Y_{II}} = \sqrt{\sum_1^L (Y_{II} - \bar{Y}_{II})^2 / (L - 1)}, \quad (2.17)$$

де: L – кількість дослідів.

Результати розрахунків занесені в таблицю 2.4. Визначаємо a_0 a_1 за формулами (2.13) та (2.14):

$$a_0 = 240,86 - 0,919066 \cdot 87,196 / 90,357 \cdot 237,42 = 37,428;$$

$$a_1 = 0,919066 \cdot 87,196 / 90,357 = 0,952381.$$

Підставляємо у формулу (2.12):

$$Y_{II}^* = 37,428 + 0,952381 \cdot Y_D.$$

Таблиця 2.5 – Розрахунок середньоквадратичного відхилення

L	Y_{II}	Y_D	$r_{Y_{II}Y_D}$	σ_{Y_D}	$\sigma_{Y_{II}}$	Y_{II}^*	$\sigma_{Y_{II}}^*$
1	15498,26	18400,05	0,270251	2256,296	2215,305	63,08027	-11,9274
2	34670,85	31053,95	0,20803	1948,903	1519,697	97,51036	-11,1774
3	9746,486	1144,718	0,131484	1239,188	954,7819	131,9404	-9,17736
4	11663,74	13798,62	0,053917	382,188	520,5609	166,3705	-5,67736
5	19104,61	26556,02	0,014904	70,045	217,0337	200,8006	-3,17736
6	45946,23	39209,93	-0,00046	0,330605	44,20018	235,2307	-1,17736
7	11052,12	9300,692	0,000294	2,866305	2,060429	269,6608	-0,92736
8	13736,28	21954,6	0,00129	7,902005	14,41784	279,7195	-0,67736
9	33453,26	39946,05	0,003757	25,4734	37,93015	289,7783	-0,17736
10	52625,85	52599,95	0,00635	38,0091	72,59738	299,837	0,072645
11	27701,49	22690,72	0,00958	53,0448	118,4195	309,8958	0,322645
12	29618,74	35344,62	0,013449	70,5805	175,3965	319,9545	0,572645
13	44241,61	48102,02	0,004338	74,38764	17,31595	281,2706	0,622645
14	71083,23	60755,93	0,069238	1016,33	322,8153	340,072	5,822645
15	36189,12	30846,69	0,022358	99,33048	344,4077	342,5899	0,922645
16	38873,28	43500,6	0,024105	108,4448	366,699	345,1077	1,022645

За таблицею 2.5 визначаємо середні значення прогнозованого і дійсного значення втрат електроенергії:

- $\bar{Y}_{II} = 30950,86,$
- $\bar{Y}_D = 30945,42.$

Середньоквадратична абсолютна похибка вимірів дорівнює:

$$\Delta Y_{II} = t_p \cdot \sigma_{Y_{II}}^* = 1,6444 \cdot 5,248 = 8,6298,$$

де t_p - коефіцієнт Стюдента, який визначається за таблицями відповідного розподілу ($t_p = 1,6448$);

$\sigma_{Y_{II}}^*$ - залишкове середньоквадратичне відхилення, яке обчислюється за формулою:

$$\sigma_{Y_{II}}^* = \sqrt{\sum_1^L (Y_{II} - \bar{Y}_{II}^*)^2 / (L - 1)} = 5,248.$$

У результаті середньоквадратична відносна похибка прогнозу визначається наступним чином:

$$\delta_{Y_{II}} = \frac{|\Delta Y_{II}|}{Y_{II\max}} \cdot 100\%.$$

$$\delta_{Y_{II}} = \frac{8,6298}{300} \cdot 100\% = 2,88\% \leq 5\%$$

Результати перевірки математичної моделі втрат електроенергії показали, що модель є адекватною, похибка складає 2,88%.

2.4 Мінімізація функції втрат електроенергії в системі електропостачання

Для мінімізації функції втрат електроенергії була використана методика планування багатофакторного експерименту. В якості вихідного параметра

процесу обрано втрати електроенергії. Мінімізацію функції проводимо за допомогою комп'ютерної програми MatCad.

Mathcad - система комп'ютерної алгебри з класу систем автоматизованого проектування, орієнтована на підготовку інтерактивних документів з обчисленнями і візуальним супроводженням, відрізняється легкістю використання і застосування для колективної роботи. Mathcad був задуманий і спочатку написаний Алленом Раздовом з Массачусетського технологічного інституту (MIT), співзасновником компанії Mathsoft, яка з 2006 року є частиною корпорації PTC (Parametric Technology Corporation).

Mathcad має простий і інтуїтивний для використання інтерфейс користувача. Для введення формул і даних можна використовувати як клавіатуру, так і спеціальні панелі інструментів.

Деякі з математичних можливостей Mathcad (версії до 13.1 включно) засновані на підмножині системи комп'ютерної алгебри Maple (МКМ, Maple Kernel Mathsoft). Починаючи з 14 версії - використовує символне ядро MuPAD.

Робота здійснюється в межах робочого аркуша, на якому рівняння і вирази відображаються графічно, на противагу текстового запису в мовах програмування. При створенні документів-програм використовується принцип WYSIWYG (What You See Is What You Get - «що бачиш, те й отримуєш»).

Незважаючи на те, що ця програма в основному орієнтована на користувачів-непрограмістів, Mathcad також використовується в складних проектах, щоб візуалізувати результати математичного моделювання, шляхом використання розподілених обчислень і традиційних мов програмування. Також Mathcad часто використовують у великих інженерних проектах, де велике значення має трасуванню і відповідність стандартам.

Mathcad досить зручно використовувати для навчання, обчислень і інженерних розрахунків. Відкрита архітектура додатку у поєднанні з

підтримкою технологій. NET і XML дозволяють легко інтегрувати Mathcad практично в будь-які ІТ-структури і інженерні додатки. Є можливість створення електронних книг(e-Book).

$$f(L,S,\tau,k_3) = 29764,17 + 10286 \cdot L - 7124 \cdot S + 5362 \cdot \tau + 11632 \cdot k_3 + \\ + 4987 \cdot L \cdot S + 1128 \cdot L \cdot \tau - 1294 \cdot S \cdot \tau + 2019 \cdot \tau \cdot k_3 + 1013 \cdot L \cdot S \cdot \tau \quad (2.18)$$

При початкових середніх значеннях параметрів:

$$L := 10\text{м} \quad S := 5\text{мм}^2 \quad \tau := 3000\text{год} \quad k := 0.8,$$

щорічні втрати електроенергії становлять $-f(L,S,\tau,k_3) = 70000$ кВт·год/рік.

Задавшись граничними умовами:

$$1 < L < 60$$

$$2.5 < S < 35$$

$$2500 < \tau < 3500$$

$$0.5 < k_3 < 1.4$$

проводимо мінімізацію функції:

$$Q := \text{Minimize}(f,L,S,\tau,k)$$

$$Q = \begin{pmatrix} 1 \\ 35 \\ 2.5 \times 10^3 \\ 0.5 \end{pmatrix}$$

$$L := Q0 \quad S := Q1 \quad \tau := Q2 \quad k := Q3$$

і отримуємо, що втрати електроенергії будуть складати - $f(L,S,\tau,k) = 35614$ кВт·год/рік.

Мінімізація функції втрат здійснюється для того, щоб отримати найбільш прийнятні значення параметрів, при яких втрати електроенергії будуть найменшими.

3 ПРИКЛАД ЗАСТОСУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ НА ПРИКЛАДІ ЦЕХУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗДП «КРЕМНІЙПОЛІМЕР»

3.1 Коротка характеристика об'єкта дослідження

Кремнійполімер - українська компанія основною діяльністю якої є виробництво кремнійорганічних продуктів. Юридична адреса компанії: 69009, м. Запоріжжя, вул. Теплична, 7

Компанія займається випуском такої продукції:

- мономери кремнійорганічні;
- продукти, які містять бензил хлористий;
- різні електроізоляційні лаки;
- продукція на основі етил силікатів;
- знеболюючі препарати;
- відбілюючі препарати;
- дезінфікуючі препарати;
- миючі засоби;
- поліруючі засоби;
- препарати для догляду за волоссям;
- засоби для догляду за тваринами.

Розвиток кремнійорганічної галузі в світі йде швидкими темпами і на українському ринку компанія Кремнійполімер займає лідируючі позиції в цій ніші. В даний час немає жодної галузі промисловості, як цивільного, так і військового призначення, в якій не використовувалися б кремнійорганічні продукти, які пропонує наша компанія. Для багатьох галузей промисловості саме їхнє існування на сучасному технологічному рівні залежить від забезпеченості необхідними кремнійорганічними продуктами.

Для одержання інформації про те де саме і в якій кількості споживається енергія, необхідно ознайомитися якомога ґрунтовніше з виробничим процесом на об'єкті.

Як правило для одержання цих знань необхідне обговорення з керівництвом виробничих дільниць, екскурсія на підприємство і складання схеми технологічного процесу (блок-схеми процесу). Для кожного елемента блок-схеми визначається вхідні потоки енергії і сировини, потоки виробів, а також відгалуження і втрати.

На основі доступної інформації і візуальних перевірок оцінюють відносні танення потоків енергії і втрат та складають список основних споживачів енергії як на виробничі потреби так і на опалення та інші потреби для створення належних, умов праці

Для визначення споживання енергії кінцевими енергоприймачами корисним може бути використання інформації від додаткових лічильників, чи інших вимірювачів, якщо вони наявні.

Особливу увагу слід звернути на крупних споживачів енергії. Невелика відносна економія для крупного споживача часто виявляється значнішою (й легше досяжною), ніж велика відносна економія для малого споживача Це, однак, не означає, то дрібними споживачами можна нехтувати, але початкові зусилля слід зосередити на тих ділянках, де одержання значних заощаджень є найімовірнішим.

Час, необхідний для ознайомлення з технологічним процесом, залежить від розмірів підприємства і рівня інформаційного забезпечення. Нижче кожен із згаданих кроків розглянутий детальніше.

Енергетичний баланс представляє собою систему взаємопов'язаних показників одержання і використання усіх видів ПЕР. Він дозволяє встановити необхідні обсяги і співвідношення виробництва і споживання різних видів ПЕР.

Баланс електроспоживання - частина складаємого на підприємстві паливно-енергетичного балансу. Він потрібен для аналізу ефективності використання електроенергії, розробки прогресивних норм витрат електроенергії

по окремим агрегатам, цехам та підприємству в цілому, для визначення змін структури електроспоживання, а також для аналізу ефективності заходів з економії електроенергії.

Всі об'єкти, на яких проводиться енергоаудит, повинні мати вимірювальне обладнання, принаймні, це можуть бути лічильники підприємства, за якими здійснюють розрахунки за комунальні послуги. Деякі підприємства можуть мати розвинену мережу додаткових лічильників. Крім того, завжди є можливість використати тимчасові портативні вимірні прилади. Безпосереднє вимірювання саме енергії здійснюють по суті лише лічильники електроенергії. За допомогою, наприклад, амперметра чи струмовимірних кліщів вимірюють лише один показник споживаної енергії, а саме - струм. Термометром можна виміряти концентрацією енергії. Визначити енергію, що пішла на нагрівання води, можна за показами лічильника гарячої води. Вимірюючи параметри викидів, наприклад, димових газів, можна визначити втрати енергії з цими викидами.

Споживання енергії чи енергоносіїв можна також визначити за показами стаціонарних або тимчасових, вимірників, які дають значення певних параметрів, що стосуються споживання енергії. Щоб звести ці покази до одиниць споживання енергії, необхідні певні припущення щодо інших параметрів процесу споживання енергії. Так для визначення потужності споживання електроенергії за величиною струму, одержуваною з допомогою стаціонарного амперметра чи струмовимірних кліщів, необхідно знати також значення напруги і коефіцієнта потужності без великої похибки їх можна прийняти номінальними для даного електроприймача (вказані на його щитку). Для визначення витрат енергії за показами параметра необхідно знати ентальпію пари та ентальпію конденсату. Визначення споживання енергії за вимірниками тривалості роботи можливе для обладнання, яке працює зі сталим навантаженням. Однак, в багатьох випадках досвідчений енергоаудитор може оцінити вплив кожного з тих факторів, значення яких за

часткових вимірювань не визначається, і відповідно скорегувати показники енергоспоживання.

Споживання енергії може бути виміряне також посередньо. Аналіз даних, одержаних для змінних виробничих умов, часто дає кількісні показники для розподілу виміряних витрат енергії на компоненти енергоспоживання. Найчастіше для нього використовують метод регресивного аналізу і метод тестового контролю.

Метод регресивного аналізу являє собою математичний прийом, що ґрунтується на порівнянні кількості використаної енергії з іншою змінною, від якої може залежати споживання енергії. Наприклад, можна порівнювати значення місячного споживання енергії з випуском продукції підприємством за відповідний місяць. Регресивний аналіз поділяє обсяг спожитої енергії на стале споживання (тобто на ту кількість енергії, яка необхідна для підтримання на підприємстві нульового рівня виробництва) та змінне споживання (кількість енергії, яка витрачається на виробництво продукції і залежить від її обсягу). Регресивний аналіз також дає характер залежності зміни кількості енергії від кількості продукції, що виробляється. Найпростішою є лінійна залежність - так звана лінійна регресія. Існують також різного виду нелінійні залежності і, відповідно, квадратична, показникова, експоненційна, логарифмічна регресії. Регресивний аналіз дозволяє виявити шляхи заощадження енергії, встановити обґрунтовані рівні споживання і контролювати використання енергії.

Електробаланс складається з прихідної та витратної частин, що визначаються по показникам лічильників. В прихідну частину включають всю електроенергію, отриману струмоприймачами підприємства від енергосистеми, з мережі інших споживачів та від власних джерел підприємства .

Витратна частина балансу електроспоживання за звичай враховує окремо:

- прямі витрати електроенергії на основний технологічний процес,
- втрати електроенергії в елементах мережі електропостачання,
- відпуск електроенергії стороннім споживачам.

3.2 Огляд споживачів електроенергії підприємства

Споживачів можна класифікувати за принципом перетворення електричної енергії в інші види, за такими групами:

Загальнопромисловий електропривод, де відбувається перетворення електричної енергії в механічну. Такий вид приймачів зустрічається на всіх промислових підприємствах, де для електропривода на сучасних верстатах застосовуються всі види двигунів. Потужність двигунів надзвичайно різноманітна і коливається від часток до сотень кіловат і більше.

Група електротехнологічних установок:

а) електротермічні - перетворення електричної енергії в теплову (до них відносяться: печі опору, індукційні печі і установки, дугові електричні печі, печі електрошлакового переплаву, установки електроннопроменевого нагріву, контактна і дугове зварювання);

б) електрохімічні - перетворення електричної енергії в хімічну (до них відносяться: установки електролізу, гальваніка, електрохімічна обробка, анодування);

в) електрофізичні - перетворення електричної енергії в різні види механічної енергії, яка використовується для обробки виробів (до них відносяться: ультразвукова обробка, магнітоімпульсна обробка, електростатичні фільтри).

Освітлювальні установки (перетворення електричної енергії в світлову): лампи розжарювання, люмінесцентні, газорозрядні.

Окремим видом навантаження є установки для вентиляції виробничих приміщень. Вентиляцією називається сукупність заходів і пристроїв, що використовуються при організації повітрообміну для забезпечення заданого стану повітряного середовища в приміщеннях і на робочих місцях відповідно до СНіП (будівельними нормами і правилами). Системи вентиляції

забезпечують підтримку допустимих метеорологічних параметрів в приміщеннях різного призначення.

Класифікація систем вентиляції:

При всьому різноманітті систем вентиляції, обумовленому призначенням приміщень, характером технологічного процесу, видом шкідливих виділень і т.ін., їх можна класифікувати за наступними характерними ознаками [11]:

- 1) за способом створення тиску для переміщення повітря:
 - з природним;
 - з штучним (механічним);
- 2) за призначенням:
 - приточна;
 - витяжна;
- 3) за зоною обслуговування:
 - місцева;
 - загальнообмінна;
- 4) за конструктивним виконанням:
 - канална;
 - безканална.

3.3 Аналіз електроспоживання цеху

3.3.1 Характеристика встановлених електроприймачів та електроустановок цеху

Основними споживачами електричної енергії на підприємстві є технологічне та зварювальне обладнання. Вони живляться від трифазної

мережі з частотою 50 Гц напругою 0,38 кВ. Також проектом передбачається загальне робоче та аварійне освітлення напругою 220В.

Основні електроприймачі цеху:

- технологічне обладнання (всього близько 180 шт.: станки, преси, електричні пічі, компресори стисненого повітря – 4 шт.);
- зварювальне обладнання (близько 100 од., в т.ч. зварювальні випрямлячі типу ВС-600 – 9 шт., ВДУ-506У – 14шт., КИУ-501 – 8шт., ВДУЧ-350 – 3шт., ВДМ-1001 – 6шт., «КЕМРІ» - 1ШТ., ВДУ-1201 – 2шт., ВКСМ-1000 – 1шт., ВДУ-504 – 4шт., ВДУ-1202 – 2шт., обладнання для зварювання MIG/MAG ВАРИО СТАР 457/2 – 2шт.,обладнання дугового зварювання УДГУ-251 АС/DC – 1шт., УДГУ-301, газоплазморізальна машина «Кристалл ППлКП-М» - 2шт). Споживання електроенергії наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Річне споживання електроенергії за 2021 р.

Місяць 2021 р.	Споживання електроенергії, <i>W</i> тис. кВт·год	Витрати, <i>K</i> тис. грн.
Січень	174,4	256,368
Лютий	158,25	232,6275
Березень	163,74	240,6978
Квітень	142,21	209,0487
Травень	131,5	193,305
Червень	134,16	197,2152
Липень	133,64	196,4508
Серпень	126,63	186,1461
Вересень	132,99	195,4953
Жовтень	164,15	241,3005
Листопад	157,6	231,672
Грудень	198,73	292,1331
Усього	1818	5344,92

Таблиця 3.2 - Динаміка споживання електроенергії в 2020-2022 р.

Роки	2020	2021	2022
Споживання електроенергії, тис. кВт·год	1610	1671	1818
Витрати, тис. грн.	1074,80	1115,61	1213,75

Динаміка споживання електроенергії у 2020-2022 р. наведена у таблиці 3.2.

Дані про місячне споживання електроенергії основними споживачами та тарифи на електроенергію 2021 р. [2] представлені в таблиці 3.3 і динаміка місячного споживання електроенергії на рисунку 3.1 та 3.2.

Таблиця 3.3 - Структура споживання енергоресурсів цехом

Енергоносій	Споживання, нат.од.	Витрати за 2021 рік, грн	%
Технічна вода	3900	11700	8,27
Питна вода	712	7832	5,54
Газ природний	4227	30434,4	21,52
Електроенергія на обладнання	37914	60662,4	42,89
Електроенергія на освітлення	12625	20200	14,28
Кисень	124	2,7	0,002
Вентиляція	6625	10600	7,49
Всього	66127	141431,5	100

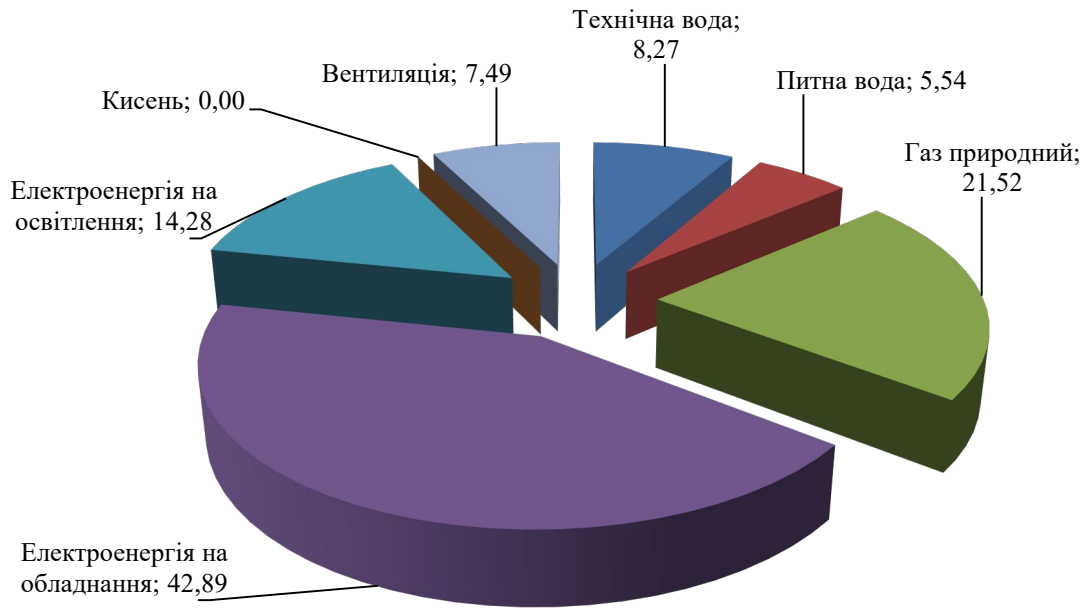


Рисунок 3.1 - Структура споживання енергоресурсів цехом

З вищенаведених даних видно, що протягом останніх 3 років споживання електроенергії заводом стабільно збільшується. Це пов'язано з ростом випуску товарної продукції і розширенням її асортименту. Приріст обсягу електроспоживання в 2021 р. у порівнянні з 2016 р. склав 13%.

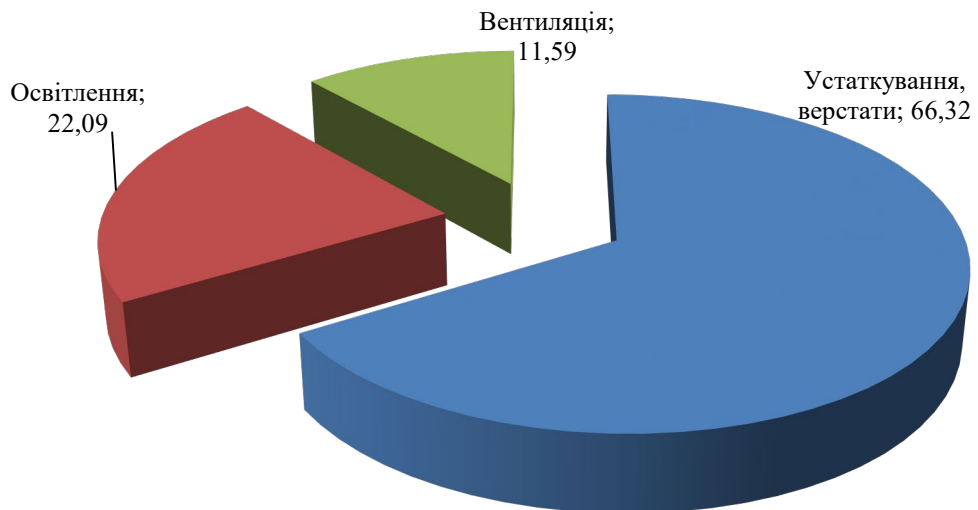


Рисунок 3.2 – Діаграма співвідношення електроенергоспоживання обладнання

Процентне співвідношення витрат електричної енергії на живлення споживачів наведено в таблиці 3.4.

Ця електроенергія на промпідприємствах широко застосовується для приводів різних механізмів, для освітлення, для різних електротехнологічних установок, в які входять: електротермічні, електрозварювальні, установки електролізу та інше.

Таблиця 3.4 – Структура споживачів цеху

Споживач	Витрати за 2021 рік, грн	%
Устаткування, верстати	60662,4	66,32%
Освітлення	20200	22,09%
Вентиляція	10600	11,59%
Всього	91462,4	100,00%

З табл. 3.4 видно, що великий відсоток споживання електроенергії припадає на електродвигуни, більшу частину яких складають асинхронні двигуни.

3.3.2. Динаміка споживання електроенергії

Динаміка споживання електроенергії у 2018-2021 р. наведена у таблиці 3.5.

Дані про місячне споживання електроенергії основними споживачами та тарифи на електроенергію 2021 р.[2] представлені в таблиці 3.5 і динаміка місячного споживання електроенергії на рисунку 3.3.

Таблиця 3.5 - Річне споживання електроенергії в 2021 р.

Місяць 2021 р.	Споживання електроенергії, млн. кВт·год	Витрати, млн. грн.
Січень	6,52	11,8664
Лютий	6,38	11,6116
Березень	6,12	11,1384
Квітень	5,98	10,8836
Травень	6,72	12,2304
Червень	6,14	11,1748
Липень	6,05	11,011
Серпень	6,76	12,3032
Вересень	6,85	12,467
Жовтень	6,97	12,6854
Листопад	6,51	11,8482
Грудень	7,2	13,104
Усього	78,2	142,324

млн.кВт·год

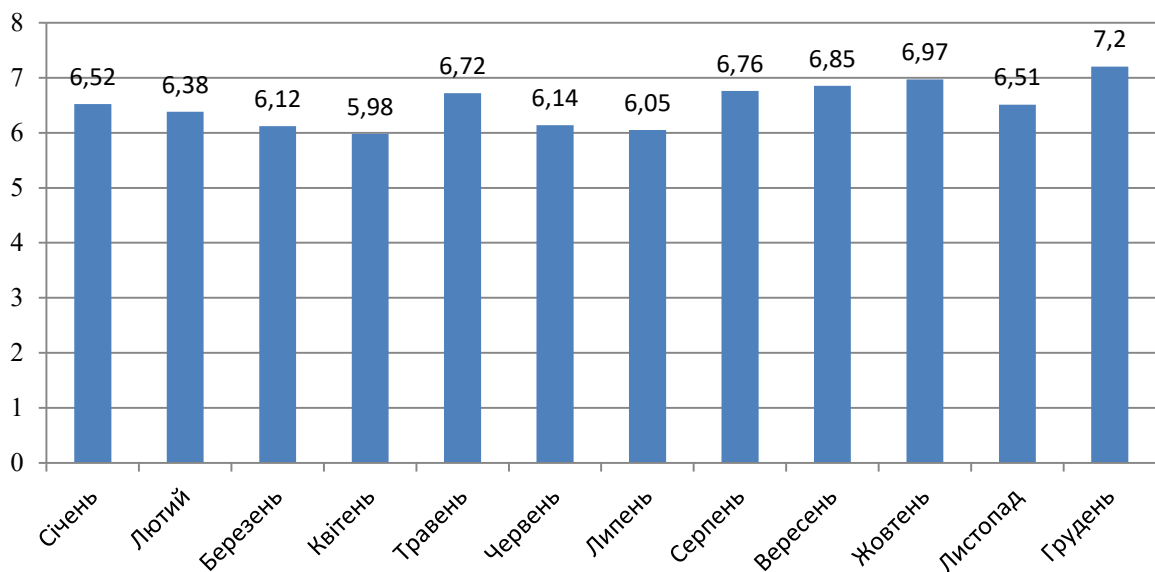


Рисунок 3.3 - Динаміка помісячного споживання електроенергії в 2021 р.

Обладнання цеху наведено в таблиці 3.4.

Таблиця 3.6 – Обладнання цеху

№	Найменування	Потужність P , кВт	Кількість n , штук	Коефіцієнт використання
1	2	3	4	5
1	Відрізні верстати	10	1	0,12
2	Токарно-карусельні	28	2	0,13
3	Вальцепроточні верстати	14	4	0,12
4	Зварювальні перетворювачі	14	2	0,2
5	Токарно-гвинторізні	28	6	0,12
6	Перетворюв. автоматич.	28	3	0,5
7	Протяжний верстат	10	1	0,14
8	Точильно-шліфувальні верстати	10	2	0,13
9	Калорифери	14	2	0,75
10	Вентилятор	28	1	0,57
11	Шліфувальні верстати	7	1	0,12
12	Шліфувальні верстати	10	2	0,12
13	Горизантально-фрезерні верстати	28	2	0,17
14	Вертикально-свердлильний	7	1	0,17
15	Токарно-револьв. верстат	14	1	0,18
16	Стругальні верстати	14	3	0,17
17	Універсально-фрезерні	14	2	0,12

Приріст обсягу електроспоживання в 2021 р. у порівнянні з 2016 р. склав 10%.

3.4 Техніко-економічні розрахунки втрат електроенергії в системах електропостачання цеху

3.4.1 Розрахунок втрат потужності в трансформаторах

Проведемо розрахунок втрат потужності і енергії в трансформаторах виходячи з даних, наведених в таблиці 3.7.

Річні втрати активної енергії в трансформаторах визначаються за формулою:[3]

$$\Delta W_{mp} = n \cdot \Delta P_x \cdot T_n + \frac{1}{n} \cdot k_{з.м}^2 \cdot \Delta P_{кз} \cdot T_{роб} , \quad (3.1)$$

де ΔP_x , $\Delta P_{кз}$ - втрати холостого ходу і короткого замикання трансформаторів, кВт;

n - кількість трансформаторів;

$k_{з.м}$ - коефіцієнт завантаження трансформаторів;

T_n - річний час включення трансформаторів, годин;

$T_{роб}$ - річний час роботи трансформаторів під навантаженням, годин.

Коефіцієнт завантаження трансформаторів визначаємо з формули:

$$k_{з.м} = I_{ср} / I_n , \quad (3.2)$$

де $I_{ср}$ - середній струм, А;

I_n - номінальний струм низької сторони, А.

Знаходимо струм навантаження:

$$I_n = S / \sqrt{3} \cdot U_{н2} \quad (3.3)$$

$$I_n = 1000/\sqrt{3} \cdot 0,4 = 1443,37$$

Таблиця 3.7 – Паспортні дані трансформаторів

Тип трансформатора	Номинальна потужність, кВ·А	$U_{ном}$, кВ		$U_{к.з.}$, %	$I_{х.х.}$, % $I_{ном}$	Втрати, кВт	
		ВН	НН			хх	кз
ТМЗ-250/10	250	10	0,4	6,5	1,6	1,15	5,4
ТМЗ-630/10	630	10	0,4	5,5	1,63	1,25	7,9
ТМЗ-1000/10	1000	10	0,4	5,5	1,7	1,9	12,2

За розрахунковий період (рік) спожито:

- активної енергії $E_a = 1818$ тис. кВт·год.

- реактивної енергії $E_p = 1363,5$ тис кВар·год.

Для комбінату річний час включення трансформаторів:

$$T_n = 8760 \text{ годин};$$

$$T_{роб} = 6024 \text{ годин}.$$

Знаходимо середній струм:

$$I_{cp} = \sqrt{E_a^2 + E_p^2} / \sqrt{3} \cdot U_{н2} \cdot T_{роб}. \quad (3.4)$$

$$k_{з.м} = 544 / 1443,37 = 0,38.$$

Визначимо активні втрати в трансформаторі:

$$\Delta W_{mp} = 2 \cdot 2,45 \cdot 8760 + 0,38^2 \cdot 12,2 \cdot 6024 = 48230 \text{ кВт·год/рік}.$$

Річні втрати реактивної електроенергії:

$$\Delta W_{mp.p.} = \Delta Q_{xx} \cdot T_n + k_{3.m}^2 \cdot \Delta Q_{кз} \cdot T_p, \quad (3.5)$$

де ΔQ_{xx} та $\Delta Q_{кз}$ - втрати реактивної енергії,

$$\Delta Q_{xx} = 1000 \cdot 1,4 / 100 = 14 \text{ кВар},$$

$$\Delta Q_{кз} = 1000 \cdot 5,5 / 100 = 55 \text{ кВар}.$$

$$\Delta W_{mp.a.} = 14 \cdot 8760 + 18 \cdot 0,38^2 \cdot 6024 = 170482 \text{ кВар/рік}.$$

3.4.2 Розрахунок втрат потужності в лініях

Втрати активної та реактивної потужності і електроенергії за відповідний розрахунковий період визначаються за формулами відповідно.[3]

$$\Delta P_l = 3 \cdot K_\phi^2 \cdot I_{сер}^2 \cdot l \cdot R_e \cdot 10^{-3} \cdot T_p \quad (3.6)$$

$$\Delta Q_l = 3 \cdot k_\phi^2 \cdot I_{сер}^2 \cdot l \cdot X_e \cdot 10^{-3} \cdot T_p \quad (3.7)$$

де R_e – еквівалентний активний опір лінії, Ом;

X_e – еквівалентний реактивний опір лінії, Ом.

$I_{сер}$ – середнє значення струму в лінії за характерну добу, А:

$$I_{сер} = W_a / T_p \cdot \sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi_{св} \quad (3.8)$$

де $\cos \varphi_{св}$ – середньозважений коефіцієнт потужності;

W_a - споживання активної електроенергії за розрахунковий період, за 2011 рік $W_a=78,2$ млн. кВт·год.

$$I_{сер} = 1818000 / 6024 \cdot \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,8 = 5,7 \text{ А.}$$

Для розрахунку коефіцієнта форми графіка навантаження лінії розглянемо добовий графік навантаження цеху за 12.12.2017.

K_ϕ – коефіцієнт форми графіка навантаження лінії:

$$K_\phi = P_{ср.кв} / P_{ср} ; \quad (3.9)$$

де $P_{ср}$ - середня потужність,

$P_{ср.кв}$ - середньоквадратична потужність,

$$P_{ср.кв} = \sqrt{\Sigma(P_{ср}^2 \cdot \Delta t) / T} \quad (3.10)$$

K_ϕ – коефіцієнт форми графіка навантаження лінії:

$$K_\phi = P_{ср.кв} / P_{ср} ; \quad (3.9)$$

де $P_{ср}$ - середня потужність,

$P_{ср.кв}$ - середньоквадратична потужність,

Добовий графік споживання активної потужності цехом наведено в таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 - Добовий графік споживання активної потужності цехом за 12.12.2021.

Години	Потужність, кВт
00:00-01:00	280
01:00-02:00	280
02:00-03:00	280
03:00-04:00	280
04:00-05:00	280
05:00-06:00	280
06:00-07:00	280
07:00-08:00	640
08:00-09:00	1040
09:00-10:00	1300
10:00-11:00	1420
11:00-12:00	1360
12:00-13:00	1550
13:00-14:00	1600
14:00-15:00	1500
15:00-16:00	1230
16:00-17:00	1150

$$P_{cp.kв} = \sqrt{\Sigma(P_{cp}^2 \cdot \Delta t) / T} \quad (3.10)$$

$$P_{cp} = P_{cp\Sigma} / t_{роб}, \quad (3.11)$$

$$P_{cp.kв.} = 98,11 \text{ кВт.} \quad (3.12)$$

Тоді

$$K_{\phi} = 98,11 / 83,16 = 1,1.$$

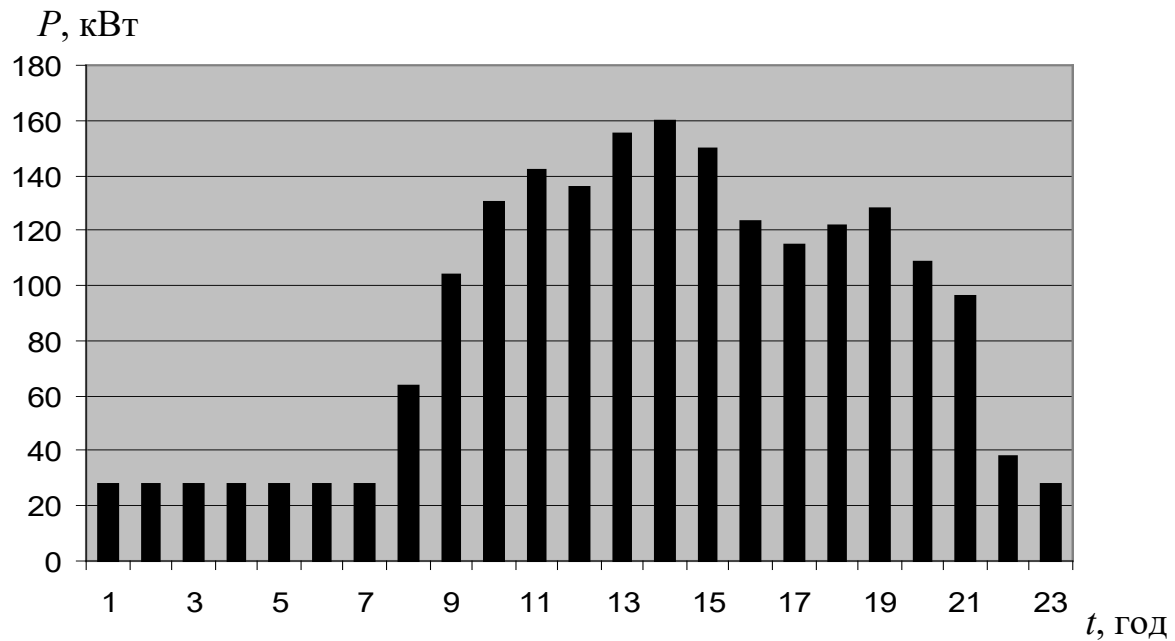


Рисунок 3.4 Добовий графік споживання активної потужності за 12.12.2017р.

Електропостачання цеху здійснюється двома кабельними лініями АВВГ 3·70+1·25 довжиною 0,05 км.

Втрати активної електроенергії в лінії АВВГ 3·70+1·25:

$$\Delta P_l = 3 \cdot 1,1^2 \cdot 57,32^2 \cdot 0,05 \cdot 0,46 \cdot 10^{-3} \cdot 6024 = 1652,4 \text{ кВт/рік};$$

Втрати реактивної електроенергії в лінії АВВГ 3·70+1·25:

$$\Delta Q_l = 3 \cdot 1,1^2 \cdot 57,32^2 \cdot 0,05 \cdot 0,364 \cdot 10^{-3} \cdot 6024 = 1307,6 \text{ квар/рік.}$$

Визначаємо втрати потужності в розподільній мережі, кВт:

$$\Delta P_i = n_{KL} \cdot 3 \cdot I_{роз}^2 \cdot r_0 \cdot l \cdot 10^{-3}, \quad (3.13)$$

де r_0 - питомий активний опір кабельної лінії, Ом/км;

$I_{роз}$ - розрахунковий струм в кабельній лінії розподільної мережі, А;

l – довжина кабельної лінії, км;

n_{KL} - число кабельних ліній, шт.

Визначення втрат потужності в КЛ-10кВ представлено в таблиці 3.9.

Таблиця 3.9 - Визначення втрат потужності в КЛ-10 кВ

Найменування КЛ	Марка та перетин кл, мм ²	Довжина,	r_0 , $\frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	Варіант I		Варіант II		Варіант III	
				$I_{\text{роз}}$, А	ΔP , кВт	$I_{\text{роз}}$, А	ΔP , кВт	$I_{\text{роз}}$, А	ΔP , кВт
РУ-КТП1	ААШВ 3x150	0.4	0.165	92.5	3.39	99.7	3.94	108.4	4.96
РУ-КТП2	ААШВ 3x35	0.2	0.894	36.1	0.87	36.1	0.87	51.4	2.51
РУ-КТП3	ААШВ 3x35	0.1	0.894	41.6	0.46	52.6	0.78	64.7	1.12
РУ-КТП4	ААШВ 3x35	0.1	0.894	24.8	0.33	26.2	0.55	36.4	0.71
РУ-КТП5	ААШВ 3x35	0.1	0.894	8.5	0.07	18.5	0.33	18.5	0.33

Розрахунковий струм в кабельній лінії визначимо за допомогою наступної формули, А:

$$I_{\text{роз}} = \sqrt{P_{\text{роз}}^2 + (Q_{\text{роз}} - Q_{\text{HKY}})^2} / \sqrt{3} \cdot U_c \quad (3.14)$$

де $P_{\text{роз}}$ - розрахункове активне навантаження кабельної лінії, кВт;

$Q_{\text{роз}}$ - розрахункове реактивне навантаження кабельної лінії, квар;

Q_{HKY} - сумарна номінальна потужність компенсуючих приладів, квар;

U_c - номінальна напруга кабельної лінії, кВ.

3.4.3 Розрахунок втрат в асинхронних двигунах

Сумарні втрати активної потужності двигуна визначаються за формулою:[5]

$$\Delta P_{\text{сум}} = [Q_{xx} \cdot (1 - K_n^2) + K_n^2 \cdot Q_n] \cdot K_{i.n} + \Delta P_{xx} + K_n^2 \cdot \Delta P_{\text{в.н.}}, \quad (3.15)$$

де $Q_{xx} = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_{n.x}$ реактивна потужність, яка використовується двигуном з мережі при номінальному навантаженні, квар;

U_n - номінальна напруга, В;

$I_{n.x}$ - струм електродвигуна, А;

$K_n = P_{\text{ср}} / P_n$ - коефіцієнт завантаження електродвигуна;

$P_{\text{ср}}, P_n$ - середнє навантаження і номінальна потужність електродвигуна, кВт;

$Q_n = P_n / \eta_n \cdot \text{tg } \varphi_n$ - реактивна потужність електродвигуна при номінальному навантаженні, квар;

η_n - ККД електродвигуна при номінальному навантаженні;

$\text{tg } \varphi_n$ - виробнича від номінального коефіцієнта потужності електродвигуна.

Втрати активної потужності при неробочому ході електродвигуна, кВт:

$$\Delta P_{xx} = P_n \cdot (1 - \eta_n) \cdot \gamma / [\eta_n \cdot (1 + \gamma)], \quad (3.16)$$

Приріст втрат активної потужності в електродвигуні при 100% навантаженні, кВт

$$\Delta P_{\text{в.н.}} = P_n \cdot (1 - \eta_n) / [\eta_n \cdot (1 + \gamma)], \quad (3.17)$$

Розрахунковий коефіцієнт, який залежить від конструкції електродвигуна:

$$\gamma = \Delta P_{xx} / [(100 - \eta_n) \cdot \Delta P_{xx}]. \quad (3.18)$$

3.5 Визначення потенційно можливої економії електричної енергії в цеху

Зводимо вихідні дані до розрахунку та отримані результати застосування моделі до таблиць 3.10, та 3.11.

Таблиця 3.10 – Річне споживання електроенергії

№	Найменування	Встановлена потужність, кВт	Час роботи, години	Кв	Річне споживання електроенергії, 10 ³ ·кВт·год
1	2	3	4	5	6
1	Відрізні верстати	20	4000	0,17	13,6
2	Токарно-карусельні верстати	56	4000	0,17	38,08
3	Вальцепроточні верстати	56	4000	0,8	179,2
4	Зварювальні перетворювачі	36	4000	0,8	115,2
5	Токарно-гвинторізні верстати	168	4000	0,7	470,4
6	Перетворювачі зварювання	84	4000	0,65	218,4
7	Протяжний верстат	10	4000	0,05	2
8	Точильно-шліфувальні верстати	20	4000	0,8	64
9	Калорифери	28	4000	0,8	89,6
10	Вентилятор	28	4000	0,65	72,8

Продовження таблиці 3.10

1	2	3	4	5	6
11	Шліфувальні верстати	7	4000	0,7	19,6
12	Шліфувальні верстати	10	4000	0,5	20
13	Горизонтально-фрезені верстати	56	4000	0,5	112
14	Вертикально-свердильний верстат	7	4000	0,65	18,2
15	Токарно-револьверний верстат	14	4000	0,18	10,08
16	Стругальні верстати	42	4000	0,17	28,56
17	Універсально-фрезерні верстати	28	4000	0,12	13,44
Всього					1508,68

Таблиця 3.11 - Техніко-економічні розрахунки втрат електроенергії

№	Найменування	$L_{поч}$, м	$L_{кін}$, м	S , мм ²	$\Delta W_{поч}$, кВт·год/рік	$\Delta W_{кін}$, кВт·год/рік
1	2	3	4	5	6	7
1	Відрізний верстат	8	4	4	27328	20937
2	Токарно-карусельний верстат	6	3	10	18381	16464
3	Токарно-карусельний верстат	10	3	10	20937	16464
4	Вальцепроточний верстат	9	3	6	24133	17742
5	Вальцепроточний верстат	10	5	6	25198	19872
6	Вальцепроточний верстат	7	3	6	22002	17742
7	Вальцепроточний верстат	7	5	6	22002	19872

Продовження таблиці 3.11

8	Зварювальний верстат (двиг)	9	7	6	24133	22002
9	Зварювальний верстат (двиг)	6	5	6	20937	19872
10	Токарно-гвинторізний верстат	10	8	10	20937	19659
11	Токарно-гвинторізний верстат	11	7	10	21576	19020
12	Токарно-гвинторізний верстат	9	2	10	20298	15825
13	Токарно-гвинторізний верстат	8	3	10	19659	16464
14	Токарно-гвинторізний верстат	7	4	10	19020	17103
15	Токарно-гвинторізний верстат	5	5	10	17742	17742
16	Перетвор.автомат.зварювання	6	6	10	18381	18381
17	Перетвор.автомат.зварювання	7	5	10	19020	17742
18	Перетвор.автомат.зварювання	8	4	10	19659	17103
19	Протяжний верстат	10	2	4	30524	17742
20	Точильно-шліфувальний верстат	10	4	4	30524	20937
21	Точильно-шліфувальний верстат	11	3	4	32121	19340
22	Калорифер	9	3	6	24133	17742
23	Калорифер	5	6	6	19872	20937
24	Вентилятор	8	3	10	19659	16464
25	Шліфувальний верстат	8	5	2,5	34997	27328
26	Шліфувальний верстат	10	4	4	30524	20937
27	Горизонтально-фрезерний верстат	8	7	10	19659	19020
28	Горизонтально-фрезерний верстат	7	6	10	19020	18381
29	Вертикально-свердильний верстат	12	7	2,5	45223	32441
30	Токарно-револьв.верстат	11	7	6	26263	22002
31	Стругальний верстат	5	3	6	19872	17742
32	Стругальний верстат	7	3	6	22002	17742
33	Стругальний верстат	9	3	6	24133	17742
	Всього				904793	732666

За вихідними даними цеху проведено техніко-економічні розрахунки. Вони представлені в таблиці 3.5.

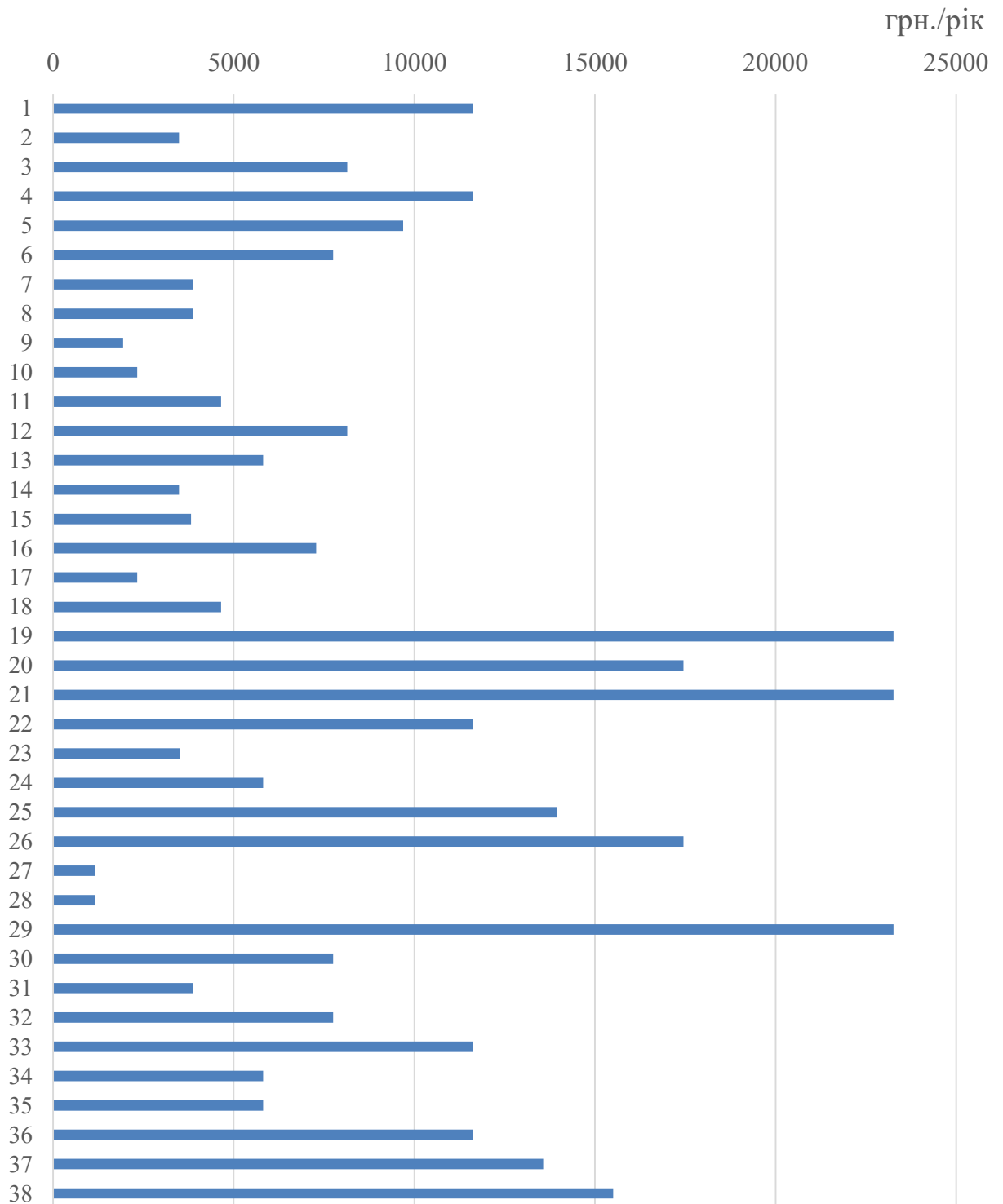


Рисунок 3.5 - Графічне зображення економії за рахунок скорочення втрат електроенергії

Ці розрахунки показали, що економія електроенергії в даному цеху може складати 172127,2 кВт·год/рік, тобто близько 14,8% від загального споживання.

При вартості електричної енергії 1,82 грн/кВт·год економія складе:

$$172127,2 \cdot 1,82 = 313 \text{ тис. грн.}$$

3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Аналіз потенційних і шкідливих чинників виробничого середовища

В дипломній роботі розглядаються питання економічної доцільності заходів підвищення енергоефективності цеху механічної обробки ЗДП «Кремнійполімер». Охорона праці при будівництві і експлуатації забезпечується прийняттям рішень у відповідності до відповідних норм і правил.

Виконання будівних, електромонтажних і налагоджувальних робіт виконується у відповідності до діючих правил ПУЕ, а також у відповідності до діючих “Будівельних норм і правил”, які затверджені Держбудом.

В умовах експлуатації обладнання ливарного цеху, існують наступні потенційні небезпеки: комутаційні, імпульсні перенапруги; перехід вищої напруги на сторону нижчої; хибна дія персоналу при оперативних переключеннях; можливість випадкових дотиків до частин, що перебувають під напругою; пошкодження ізоляції електроустановок; короткі замикання в електроустановках.

Обслуговування обладнання цеху здійснюється черговим оперативним персоналом у складі п’яти чоловік. Ремонтно-експлуатаційне обслуговування здійснюється спеціалізованими ремонтними бригадами. Електротехнологічний персонал виробничих цехів і дільниць, що не входить до складу енергослужби, яка здійснює експлуатацію електротехнологічних установок і має групу з електробезпеки II і вище, у своїх правах та обов'язках прирівнюється до електротехнічного; в технічному відношенні вона підпорядковується енергослужбі підприємства.

Керівники, в безпосередньому підпорядкуванні яких знаходиться електротехнологічний персонал, повинні мати групу з електробезпеки не

нижче, ніж у підлеглого персоналу. Вони повинні здійснювати технічне керівництво цим персоналом та контроль за його роботою.

У відповідності до ПТЕ для забезпечення норм охорони праці передбачається ряд захисних заходів, направлених на забезпечення безпечних умов праці в ливарному цеху.

Виникнення короткого замикання в електроустановках, може привести до ушкодження обладнання і створити небезпеку ураження людей електричним струмом. Для забезпечення безпеки людей та запобігання ушкодження обладнання проектом передбачено такі заходи: розташування обладнання з дотриманням нормативних відстаней між струмоведучими частинами та землею; використання обладнання без конструктивних недоліків; застосування надійного заземлення з відповідною нормативною величиною опору; встановлення релейного захисту окремих елементів обладнання.

4.2 Технічні рішення по гігієні праці і виробничій санітарії

Для виключення можливостей випадкових торкань, або небезпечного наближення до струмоведучих частин, відповідно до проекту передбачені наступні заходи згідно з вимогами ПТЕ: індивідуальні засоби захисту від ураження електричним струмом, ізолюючі та вимірювальні електрокліщі; вказівники напруги, ізолюючі пристрої і засоби для ремонтних робіт; діелектричні рукавички, гумові килими, ізолюючі підставки, та переносні заземлення, плакати та попереджувальні знаки. В процесі експлуатації, ізолюючі засоби захисту періодично проходять випробування підвищеною напругою згідно ПТЕ.

У зв'язку з тим, що ливарний цех віддалений від інших забудов, спеціальні заходи щодо шумозахисту навколишньої території в проекті не застосовуються відповідно до ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования

безпеки». Оскільки вища напруга в цеху не перевищує 1кВ, то спеціального захисту від електромагнітних полів відповідно до ГОСТ 12.1.006.-84 «Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования» не передбачається. Основні небезпечні фактори роботи електромонтера наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Оцінка факторів виробничого та трудового процесу електромонтера

№ п/п	Фактори виробничого середовища та трудового процесу	Нормативне значення	Фактичне значення	III клас: шкідливі та небезпечні умови, характер праці.			Довготри- валість дії фактору за зміну %
				1 ступ.	2 ступ.	3 ступ.	
1	3-4 кл. безпеки напруженість електромагнітного поля, кВ	5	7,5	1,5р	-	-	85
2	Вібрація локальна, дБ	92	95	3	-	-	80
3	Шум, дБА	80	90	-	10	-	80
4	Мікроклімат у приміщенні: -температура повітря, °С	27	31	-	4	-	90
	-Швидкість руху повітря, м/с	0,3	0,5	-	-	-	90
	-Відносна волога повітря,%	65	64	-	-	-	90

Отже, як видно з таблиці, умови праці відносяться до середньої тяжкості, праця помірно-напружена і потребує заходів з її поліпшення і полегшення.

4.2.1 Природне і штучне освітлення

Приміщення механічної обробки ЗДП «Кремнійполімер» забезпечено достатнім природним світлом, а у нічний час - електричним освітленням. Місця, що з технічних причин не можна забезпечити природним світлом, забезпечені електричним освітленням. Освітленість відповідає СНіП 2-4-79 «Природне і штучне освітлення».

Характеристика приміщення цеху:

- характер робіт	постійне
спостереження	
- розряд зорової роботи	8
- підрозряд роботи	В
- контрастність об'єкта розпізнавання	велика
- тіло	світле
- коефіцієнт природної освітленості E_n	
При верхньому і комбінованому. освітленні	0,9%
- коефіцієнт природної освітленості E_n	
При звичайному освітленні	0,3%

Для створення сприятливих умов праці важливе значення має раціональне освітлення. Незадовільне освітлення ускладнює проведення робіт, веде до зниження продуктивності праці та працездатності очей, і може бути причиною їх захворювань і нещасних випадків. Приміщення для прийому їжі, гардеробні, душові, вбиральні, умивальні, питного водопостачання і комору для інвентарю. На території підприємства обладнані санітарні пункти, укомплектовані аптечками й іншими медичними препаратами.

На промислових підприємствах штучне освітлення поділяється на робоче (для проведення робіт у темний час доби або в місцях без достатнього природного освітлення), аварійне (для проведення роботи при аварійному відключенні робочого освітлення), евакуаційне (аварійне освітлення для евакуації людей із приміщення при аварійному відключенні робочого освітлення) і охоронне. При необхідності частина світильників того чи іншого виду освітлення використовуються для чергового освітлення. Застосовуються дугові ртутні лампи (ДРЛ).

Штучне освітлення проектується двома системами: загальне (рівномірне або локалізоване з урахуванням розташування робочих місць) і комбіноване, коли до загального освітлення додається місцеве. Застосування одного місцевого освітлення не допускається, тому що різкий контраст між яскраво освітленими і неосвітленими місцями стомлює око сповільнює швидкість роботи і нерідко є причиною нещасних випадків. Для штучного освітлення використовуються стельові лампи типу ДРЛ-150, або світильники типу «Астра». Для місцевого освітлення використовуються лампи накаливання потужністю 150 Вт і світильники НСП-200.

У відповідності зі СНиП II-4-79 «Естественное и искусственное освещение» на території підстанції забезпечуються наступні норми освітленості: приміщення апаратного зв'язку - 150 лк; приміщення щита керування - 100 лк; зовнішнє освітлення - 0,5 лк. Зовнішнє освітлення підстанції, що реконструюється виконане прожекторними лампами типу СЗГ, які встановлені на спеціальних щоглах. Світильники типу СЗЛ встановлені на стійці СВ-95-1 на висоті 7 м ; світильники типу СЗЛ, призначені для підсвічування трансформатора. Внутрішнє здійснюється на напрузі 220 В люмінесцентними лампами і лампами накаливання. Освітлення чарунок КМ-1 Ф виконано лампами накаливання, які встановлені в стінці чарунки , доступ до яких передбачений лише для персоналу ПС, який повинен дотримуватися усіх вимог з безпеки згідно [2].

4.2.2 Санітарно - побутові приміщення

При улаштуванні санітарно-побутових приміщень у дипломній роботі керуємося СНіП 2.09.04-87 «Адміністративні і побутові будинки». Конструкція стін, вікон, стель тощо у виробничому приміщенні відповідає нормам санітарії, і забезпечує сприятливі умови праці робочому персоналу.

До числа побутових відносяться приміщення для задоволення санітарних і побутових потреб працівників під час їхнього перебування на роботі: приміщення для прийому їжі, гардеробні, душові, вбиральні, умивальні, питного водопостачання і комору для інвентарю. На території підприємства обладнані санітарні пункти, укомплектовані аптечками й іншими медичними препаратами.

4.2.3 Шум і вібрація цеху

Робота устаткування, а також пульсація потужного електричного поля всередині печей ливарного цеху створюють шум і вібрацію. Тому існують різні види шуму. Серед них розрізняють механічні (вентилятори, двигуни), аеродинамічні (газоходи, насоси, вентилятори), гідродинамічні (трубопроводи). Найбільший шум - у електролізному цеху, середній - на робочому місці оператора, найменший - у побутових і допоміжних приміщеннях.

Сильний шум має шкідливий вплив на здоров'я людей. Тривалий шум пригнічуючи діє на центральну нервову систему і через неї на весь організм. Це свідчить про необхідність розроблення і впровадження заходів для ослаблення шуму і захисту від нього обслуговуючого персоналу.

З метою зменшення шуму застосовують звукоізолюючі конструкції:

- звукоізоляційна місця керування поста оператора електролізера;
- звукоізоляція трубопроводу.

Джерелом вібрації в ливарному цеху слугують насоси, двигуни, печні трансформатори тощо. Гранично припустимий рівень вібрації 92 дБ. Вплив вібрації приводить до різних порушень здоров'я людини і може стати причиною вібраційної хвороби. Загальна вібрація впливає на нервову, серцево-судинну систему людини, відбувається порушення у вестибулярному апараті, порушується обмін речовин, виникають головні болі, погіршується сон і та ін.

Як захисні міри використовують віброізоляцію. Для ослаблення передачі вібрацій і шуму по воздуховодах і трубопроводах, приєднання їх до вентиляторів і насосів відбувається за допомогою гнучкої вставки з прогумованої тканини. Під джерелом вібрації встановлений міцний фундамент.

Відповідно до ГОСТ 12.1.012-90 «Вибрация. Общие требования безопасности», на проектованій підстанції захист від вібрацій здійснюється застосуванням віброгасіння, зниження рівня вібрації шляхом установки трансформаторів на фундаменти.

4.3 Заходи з поліпшення умов праці

Відповідно до вимог охорони праці виконане компонування устаткування цеху, а також визначено комплекс заходів щодо охорони праці. Застосовано засоби контролю за параметрами системи автоматичного регулювання технологічними процесами, а також системи протиаварійних мір і блокувань. Електроустаткування і заходи щодо його безпечної експлуатації. Умови безпечної експлуатації залежать значною мірою від захищених пристроїв.

Відповідно до ГОСТ 12.1.009-76 «ССБТ. Электробезопасность. Термины и определения» обладнання котельні забезпечено робочою ізоляцією - електрична ізоляція струмоведучих частин електроустановки, що забезпечує її нормальну роботу і захист від поразки електричним струмом.

Згідно ГОСТ 12.2.007.0-75 «ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности» електротехнічні вироби котельні по способу захисту людини від поразки електричним струмом відносяться до 1 класу в якому є робоча ізоляція, а також є елемент для заземлення. З урахуванням вимог «Правил устрою електроустановок», НПАОП 40.1-1.01-97 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів», ГОСТ 12.2.007.0-75 «ССБТ. Система стандартів безпеки труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности» обладнання котельні забезпечено від перевантажень автоматизованою системою керування. Для запобігання ураження електричним струмом при дотику до металевих струмоведучих частин, які можуть виявитися під напругою в результаті пошкодження ізоляції, слід використовувати захисне заземлення. Для розподілення електроенергії котельні встановлюють модульну шафу з автоматичним вимикачем, магнітним пускачем.

Перед пуском електродвигунів, подається попереджувальний сигнал. Особи, що обслуговують електроустановки мають кваліфікаційну групу не нижчу 3-ої. Усі частини, які проводять струм, ізолювані. Як захисну ізоляцію застосовують теплостійкі лаки, плівки, емалеві й олійні фарби, а також блокування апаратів для запобігання помилкових операцій за допомогою автоматичних вимикачів.

Захисне заземлення електроприймачів виконується сталевими трубами, опір пристрою, що заземлює, не перевищує 4 Ом. На проводах комутаційних апаратів чітко зазначені положення «включено» і «виключено». Для захисту від короткого замикання використовують швидкодіючий релейний захист і вимикачі, плавкі запобіжники.

У цеху впровадженій комплекс організаційних заходів спрямованих на профілактику аварійних ситуацій. До таких заходів відноситься чіткий розподіл обов'язків між обслуговуючим персоналом, закріплення обслуговування окремих одиниць устаткування за конкретними

працівниками, розроблення посадових інструкцій для всіх категорій працівників і періодична перевірка знань персоналу.

З метою профілактики аварійних ситуацій, такий об'єкт, як електролізний цех, підлягає періодичному огляду й іспиту обладнання місцевими органами Держгорпромнагляд. Для запобігання витoku газу через зварні й болтові з'єднання, запірну арматуру, газопровід у зборі проходити іспит Держнаглядохоронпраці України.

Дотримання всіх норм і правил техніки безпеки приводить до значного зниження нещасних випадків на виробництві.

4.4 Електробезпека

Для забезпечення електробезпеки обслуговуючого персоналу і нормальної роботи систем РЗА, ПА і АСУ ТП виконується захисне і робоче заземлення пристроїв цих систем згідно з вимогами ПУЕ.

Для вимірювальних кіл трансформаторів струму і трансформаторів напруги повинні використовуватись кабелі з металевією оболонкою або оболонкою і бронею. В одному контрольному кабелі не припускається об'єднання кіл різних класів по рівню випробувальної напруги, вимірювальних кіл напруги і струму, кіл управління с колами вимірів і сигналізації, а також з силовими колами.

Рекомендується кабельні лінії різного призначення прокладати по різних трасах, виконуючи з'єднання кабелів горизонтальними заземлювачами. Металеві оболонки і броня кабелів повинні заземлюватись в місці вводу в будівлю релейного щита ,а також в місцях кінцевого розділення кабелів. Металеві короби, по яких прокладаються кабелі слід заземлювати через 5-10 метрів.

Для кіл міжмашинного обміну повинні застосовуватись тільки екрановані симетричні кабелі. Ці кабелі повинні прокладатись на якомога більшій відстані від силових кіл.

Взагалі, в залежності, від характеру діяння ЕМІ на лінії зв'язку і підімкнену до них релейну апаратуру можуть бути рекомендовані наступні способи захисту:

- застосування дводровових симетричних ліній зв'язку, добре ізольованих між собою та від землі;
- виключення застосування однодротових зовнішніх ліній зв'язку;
- екранування підземних кабелів з мідною, алюмінієвою, свинцевою оболонкою або прокладання їх в сталевих конструкціях, трубах;
- електромагнітне екранування блоків та вузлів апаратури;
- використання різного роду захисних вхідних пристроїв і грозозахисних засобів (троси, заземлюючі контури і т. ін.).

Як заходи захисту від прямого дотику застосовані: ізоляція струмоведучих частин; огороження і оболонки; бар'єри; розміщення поза зоною досяжності. Як заходи захисту у разі непрямого дотику застосовані: Автоматичне відключення живлення; ізолювальні зони; система зрівнювання потенціалів; електричне відокремлення кіл.

Існуючі та проєктовані заходи захисту від ураження електричним струмом-відповідають вимогам ДСН 3.3.6.037, ДСНіП 239-96, ГОСТ 12.1.002-84, Д СанПіН 3.3.6-2002.

Струмоведучі частини повністю покриті ізоляцією, яка може бути усунена тільки шляхом руйнування. Ізоляція струмоведучих частин електрообладнання повинна відповідати стандартам або технічним умовам на це електрообладнання. Струмопровідні частини електрообладнання і ошиновка знаходяться поза зоною досяжності на висоті не менше 3,2 м від рівня землі.

Розподільний пристрій 6кВ і розташоване в окремому приміщенні. Струмоведачі частини РП вміщені в оболонки, якими забезпечується ступінь захисту не менше IP2X за ГОСТ 14254.

Для електрообладнання, яке може зберігати електричний заряд після відключення (наприклад, конденсатори), для запобігання дотику до нього повинен бути виконаний попереджувальний напис. Перед дотиком до струмоведачих частин відключених конденсаторних батарей необхідно провести додатковий розряд замиканням висновків накоротко і на корпус металевою шиною з заземлювальним провідником, укріпленої на ізолюючій штангі.

Для забезпечення автоматичного відключення живлення необхідно виконати систему заземлення і основну систему зрівнювання потенціалів, а також забезпечити координацію характеристик захисних пристроїв, які здійснюють це відключення.

4.5 Засоби індивідуального захисту

Для захисту органів слуху застосовують зовнішні і внутрішні противошуми (антифони). Як зовнішні противошуми рекомендують використовувати шумозахисні навушники, які покривають вушну раковину, як внутрішні противошуми – заглушки, вкладиші, які вставляють в зовнішній слуховий прохід.

Ступінь ослаблення шуму залежить від конструкції противошуму і частоти. Заглушки послаблюють шум на 5-7 дБ при частотах до 500 Гц і на 15 дБ при частотах понад 3000 Гц. Противошуми конструкції МІОТ послаблюють шум до 8 дБ при частотах до 500 Гц і до 55 дБ при частотах 5000-7000 Гц.

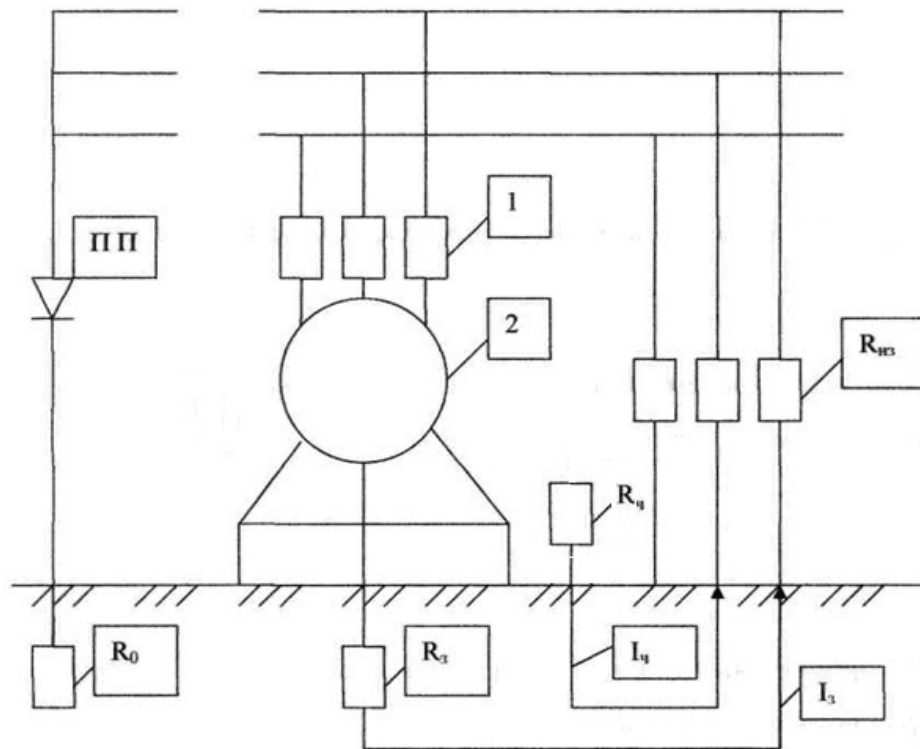
Для захисту від низькочастотних шумів придатні заглушки – кліпси, які представляють собою гумові пробочки з плоскою торцевою поверхнею, які закріплені на обідку з сталевого дроту, що пружинить, діаметром 1,5-2 мм. Для захисту від тепловиділень на об'єкті застосовують щільні матеріали з тканини, а також захисні рукавички.

Для захисту органів дихання використовують фільтр типу «тюльпан». Інших засобів індивідуального захисту не передбачається.

4.6 Інженерні рішення щодо забезпечення умов роботи з точки зору електробезпеки

Відкриті провідні частини електроустановки за допомогою захисних провідників повинні бути приєднані до системи заземлення. В цеху застосований тип системи заземлення TN-C.

Принципова схема заземлення електрообладнання показана на рисунку 4.1.



ПП - пробивний запобіжник; R_0 - заземлення нульової крапки трансформатора; R_3 - заземлюючий пристрій; $R_{из}$ - опір ізоляції; I_3 - струм, замикання на землю; I_q - струм, що протікає через людину; 1 - плавкі вставки; 2 - електродвигун

Рисунок 4.1 Принципова схема захисного заземлення

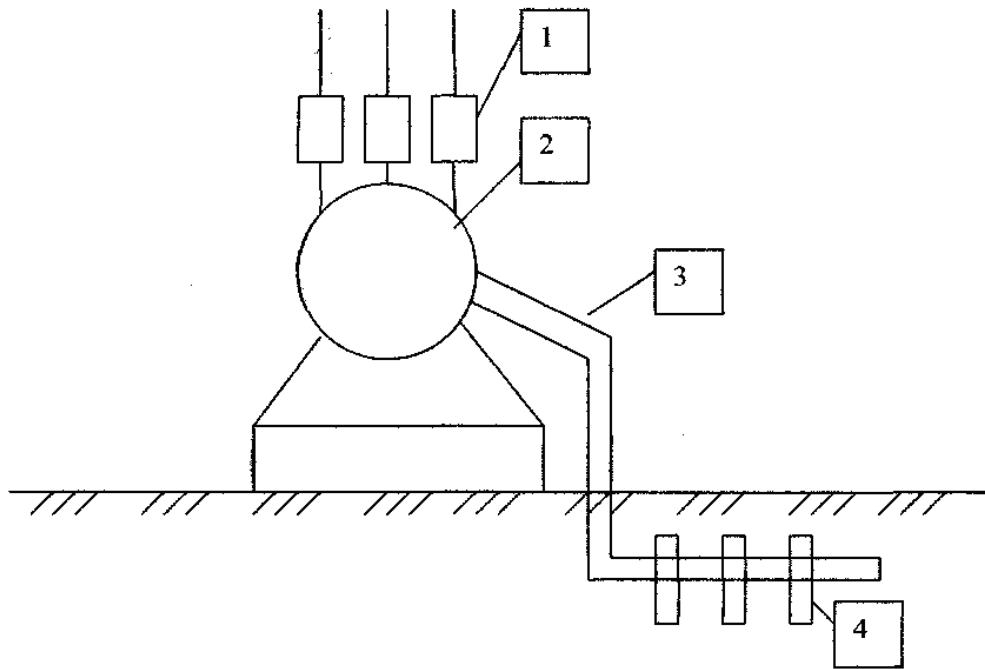
Захисне заземлення та заземлення системи блискавкозахисту будівель та споруд фабрики здійснюється за допомогою одного спільного заземлювального пристрою. В якості заземлюючих пристроїв використовуються природні і штучні заземлювачі, з'єднані сталеву смугою 40x4. Опір заземлювального пристрою, який є спільним для високовольтних і низьковольтних електроприймачів, не повинно перевищувати 0,5 Ом в будь-який час року.

Поразка людини електричним струмом може трапитися не тільки при дотику її до струмоведучих частин, але і в результаті контакту з металевими корпусами електроустаткування, яке випадково опинилося під напругою в наслідок пошкодження ізоляції. Для попередження подібних випадків поразки електричним струмом широко використовують захисне заземлення і

занулення. Для розрахунку заземлюючого пристрою спочатку визначаємо опір розтікання струму одного вертикального електроду.

Прийmemo як заземлення вертикальні електроди стрижньові завдовжки 10 м і діаметром 11 мм. Питомий опір ґрунту в місці розташування заземлень 100 Ом·м.

Схема заземлюючого пристрою показана на рисунку 4.2.



1 - плавкі вставки; 2 - електродривгун; 3 - сполучна смуга; 4 – трубчасте заземлення

Рисунок 4.2 Виконання заземлюючого пристрою

У кожній споруді виконана основна система зрівнювання потенціалів, яка реалізована шляхом приєднання до головної заземлювальної шини електроустановки таких провідних частин: захисних провідників; заземлювальних провідників пристроїв захисного та блискавко заземлень; металевих труб комунікацій; металевих частин каркаса будинку (споруди) і металевих конструкцій виробничого призначення; металевих частин систем вентиляції та кондиціонування; основних металевих частин будівельних конструкцій; металевих оболонок, екранів і броні кабелів.

Всі з'єднання виконуються зварюванням. Відкрито прокладені магістралі заземлення покриваються антикорозійною фарбою.

Глибина розташування середини електрода від поверхні землі:

$$t = t_0 + \frac{1}{2};$$

де t_0 – відстань від верхньої точки трубчастого заземлення до поверхні землі, м (t_0 – від 0,5 до 1 м).

У нашому випадку $t_0 = 0,5$ м.

По-перше розрахуємо: $t = 0,5 + \frac{10}{2} = 5,5$ м;

$$R_e = \frac{\rho}{(2\pi \cdot l)} \cdot \left[\left(\ln \frac{2l}{d} \right) + \frac{1}{2} \cdot \ln \left(\frac{4t+l}{4t-l} \right) \right]. \quad (4.1)$$

де R_E – опір розтіканню струму одного вертикального електрода, Ом

ρ – питомий опір ґрунту в місці розташування заземлень, Ом·м

l – довжина трубчастого електрода, м

d – діаметр трубчастого електрода, м

t – глибина розташування середини електрода від поверхні землі, м

Тепер ми маємо всі показники для розрахунку R_E :

$$R_e = \frac{100}{(2 \cdot 3,14 \cdot 10)} \cdot \left[\left(\ln \frac{2 \cdot 10}{0,011} \right) + \frac{1}{2} \cdot \ln \left(\frac{4 \cdot 5,5 + 10}{4 \cdot 5,5 - 10} \right) \right] = 9,07 \text{ Ом.}$$

Знайдену величину R_e порівнюємо з допустимим опором заземлюючого прибудую $R_{дон}$.

R_e (9,07 Ом) > $R_{дон}$ (4 Ом), тобто потрібно шукати необхідну кількість вертикальних електродів.

Для цього спочатку підрахуємо попередню кількість заземлень без урахування сполучної штиби (повинен бути цілим числом) по формулі:

$$n' = \frac{R_e}{R_{don}} \quad (4.2)$$

де R_{don} – допустимий опір заземлюючого пристрою, визначається залежно від напруги струму, який поданий на електроустановку.

У даному випадку: 4 Ом для установок з напругою до 1000 В.

$$n' = \frac{9.07}{4} \approx 3 \text{ шт.}$$

Потім встановлюємо потрібну кількість вертикальних електродів:

$$n = \frac{n'}{\eta_e}, \quad (4.3)$$

де n - коефіцієнт використання вертикальних електродів, який враховує обопільне екранування.

Для вибору цього коефіцієнту приймаємо значення відношення відстані між електродами до їх довжини «параметр але і вибираємо зо залежно від попередньої кількості заземлень n_l і «параметру a ».

Прийmemo $a = 1$. Заземлення розміщені в ряд. Тоді,:

$$n = \frac{3}{0.73} \approx 5 \text{ шт.}$$

Знаючи кількість заземлень, знаходимо довжину сполучної штиби (L), яка сполучає всі вертикальні стрижньові електроди по формулі:

$$L = a \cdot n \cdot l, \quad (4.4)$$

де a – значення відношення відстані між електродами до їх довжини.

Розраховуємо довжину сполучної штиби:

$$L = 1 \cdot 5 \cdot 10 = 50 \text{ м.}$$

Розраховуємо опір розтіканню струму сполучної штиби без урахування екранування по формулі:

$$R_u = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L} \cdot \left[\ln \frac{2 \cdot L^2}{b \cdot t_0} \right], \quad (4.5)$$

де b – ширина сполучної штиби, м $b=d$.

$$R_u = \frac{100}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} \cdot \left[\ln \frac{2 \cdot 50^2}{0,011 \cdot 0,5} \right] = 3,64 \text{ Ом.}$$

Останнім визначаємо загальний опір заземлюючого пристрою R_3 , який складається з опору вертикальних електродів і опору сполучної штиби:

$$R_3 = \frac{R_e \cdot R_u}{R_e \cdot \eta_u + R_u \cdot \eta_l \cdot n} \quad (4.6)$$

де коефіцієнт використання сполучної штиби $\eta_u = 0,72$.

Розраховуємо загальний опір заземлюючого пристрою R_3 :

$$R_3 = \frac{9,07 \cdot 3,64}{9,07 \cdot 0,72 + 3,64 \cdot 0,72 \cdot 5} = 1,68 \text{ Ом.}$$

Набуте значення R_3 порівнюємо з $R_{доп}$.

R_3 (1,68 Ом) < $R_{доп}$ (4 Ом), тобто опір заземлюючого пристрою менше допустимого опору.

Висновок: заземлення розраховане згідно з нормами і воно забезпечує безпеку працівників.

4.7 Пожежна безпека

Відповідно до вимог СНиП 2.01.02-85 «Строительные нормы и правила противопожарные нормы» за ступенем вогнестійкості будівельних конструкцій цех відноситься до категорії "Г". Проектом передбачається можливість швидкої евакуації людей із приміщення цеху. Ливарний цех має два евакуаційних виходи в протилежних боках будівлі. Двері зі службових і допоміжних приміщень відкривається убік цеху. Мається також два пожежних сходи.

Гасіння пожеж на підстанції передбачається міською пожежною командою, а також первинними засобами гасіння пожежі, які встановлені на протипожежних щитах згідно таблиці 4.1.

Таблиця 4.2 – Первинні засоби вогнегасіння на підстанції

Найменування Споруди	Найменування та тип засобів вогнегасіння	Кіл-сть шт.
ВРУ – 35 кВ	Ящик з піском	2
	Щит с первинними засобами вогнегасіння	2
	Вогнегасник ОУ 8	2
ЗРУ-10 кВ	Вогнегасник ОУ 8	4
	Пересувний вогнегасник ОУ 80	1
ЗПК	Вогнегасник ОУ 2	4

До первинних засобів пожежогасіння в цеху належать: пінні вогнегасники ОВП -10, порошкові вогнегасники ОП-5, ОП-7, пожежний інвентар (покривало з теплоізоляційної полотнини, шухляди з піском, діжки з водою, пожежні відра, совкові лопати, багри, ломи, сокири та ін.). У цеху мається внутрішній протипожежний водопровід з пожежними кранами і рукавами, а також є пожежні щити, в комплект яких входять: два вогнегасники, шухляда з піском, два ломи, три багри, дві лопати. Для персоналу цеху проводяться протипожежні навчальні заходи раз у квартал; інструктаж із Охорони праці і пожежної безпеки. Ступінь вогнестійкості усіх будівель згідно СНиП2.01.02-85 “Противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений” приймається II. До будівель і споруд забезпечуються під’їзди пожежних машин.

Прийнятий обсяг протипожежних заходів забезпечує вимоги ГОСТ12.1.004 – 91 «Пожарная безопасность. Общие требования».

4.8 Охорона навколишнього середовища

Стан навколишнього середовища в Україні викликає серйозну стурбованість, оскільки є результатом економічних помилок і екологічних прорахунків, оскільки вже не можливе самовідновлення і самоочищення природного середовища, йде активна деградація і небезпечне знищення запасів природних ресурсів [10]. .

У зв'язку з цим сформульовані основні шляхи виходу України з важкої екологічної кризи:

- розробка комплексних програм по охороні природи на основі моніторингових спостережень;

- збільшення витрат на охорону природи і прискорення темпів будівництва природоохоронних об'єктів

- заборона відступу від проектів, які завдають шкоди навколишньому середовищу і інше.

Проектвані об'єкти системи електропостачання фабрики, шкідливих джерел впливу на навколишнє середовище не мають.

Електрообладнання цеху за технологічним процесом воду і повітря не споживає, тому викидів забруднюючих атмосферу і воду немає.

Електромагнітне випромінювання від електрообладнання та кабельних ліній промислової частоти знаходиться в межах допустимих санітарних норм СН 245-75.

Радіаційне випромінювання від установлюваного електрообладнання, підвищує природний фон відсутній.

Низький рівень шуму і вібрації від встановленого електрообладнання забезпечується їх конструктивними рішеннями за рахунок низької потреби механічної енергії і становить 20 дБ, що не перевищує допустимі норми по СНіП II-12-77 «Захист від шуму».

При будівництві максимально зберігаються зелені насадження і рослинний покрив у місцях спорудження фундаментів і установки опор, після будівництва зелені насадження і рослинний покрив відновлюється.

При аварійних ситуаціях у проектованій системі електропостачання відсутні шкідливі викиди небезпечні для життя і здоров'я людей.

Враховуючи екологічну безпеку об'єкта, заходи з охорони навколишнього середовища не передбачаються.

ВИСНОВКИ

1. В роботі проведений детальний аналіз параметрів, що найбільш впливають на втрати електроенергії в системах промислового електропостачання та створено алгоритм, за яким можливо визначити комбінацію параметрів, що впливають на ці втрати.

2. Проведено математичне моделювання з використанням методики планування багатофакторного експерименту Бокса Уїлтона, метою якого є виділення комбінації факторів, що найбільш впливають на величину втрат електроенергії.

3. За допомогою методики планування експерименту отримано функцію оцінки втрат електроенергії.

4. Проведено мінімізацію функції для визначення найприйнятніших значень параметрів, при яких втрати електроенергії будуть найменшими. Встановлено, що ці втрати потенційно можливо знизити до 33%.

5. Даний метод був опробований на прикладі цеху механічної обробки ЗДП «Кремнійполімер» і техніко-економічні розрахунки показали, що економія електроенергії може скласти приблизно 14,8%

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Розенгарт, Ю.И. Вторичные энергетические ресурсы черной металлургии и их использование [Текст]/ Ю.И Розенгарт , Б.И Якобсон., З.А. Мурадова - Киев: «Вища школа», 1988 - 328с.
2. Деев, Л.В. Котельные установки и их обслуживание [Текст]/ Л.В Деев, Балахничев Н.А. - М.: «Высшая школа», 1990 - 214с.
3. Справочник эксплуатационника газовых котельных /Под ред. Столпнера Е.Б. - Ленинград: «Недра», 1976 - 528с.
4. Александров, В.Г. Паровые котлы средней и малой мощности [Текст]/ В.Г. Александров. - М.: «Энергия», 1966 - 246с.
5. Петкин, А.М. Экономия энергоресурсов: резервы и факторы эффективности. [Текст]/ А.М. Петкин, - М.: «Техника», 1982 - 216с.
11. Михайлов, В.В. Рационально использовать энергетические ресурсы. [Текст]/ В.В. Михайлов - М.: «Высшая школа», 1980 - 228с.
12. Гольстрем, В.А. Справочник по экономии топливно - энергетических ресурсов. [Текст]/ В.А. Гольстрем , Ю.Л. Кузнецов - К.: «Техника», 1985 - 383с.
13. Алиев, Г.М. Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов: [Текст]/ Справочник. , Г.М. Алиев. - М.: «Металлургия», 1986 - 543с.
14. Беренда, Н.В. Методические указания к контрольной работе «Экономика природоиспользования». [Текст]/ Н.В Беренда. - Запорожье, ЗГИА, 2003 - 28 с
15. Колобов, А.Д. , Осипенко В.Д. Использование вторичных энергоресурсов черной металлургии. [Текст]/ А.Д. Колобов, В.Д. Осипенко. - К.: «Техника», 1979 - 168с.
16. Гичёв, Ю.А. Источники теплоснабжения промышленных предприятий. [Текст] Часть I: Конспект лекций/ Ю.А. Гичёв, Днепропетровск: НМетАУ, 2011. – 52 с.

17. Гичёв, Ю.А. Вторичные энергоресурсы промышленных предприятий. [Текст] / Часть I: Конспект лекций/ Ю.А. Гичёв, Днепропетровск: НМетАУ, 2012. – 57 с.

18. Бахвалов, Н. С. Численные методы [Текст] : учеб. пособие для физ.-мат. специальностей вузов / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков ; под общ. ред. Н. И. Тихонова. – 2-е изд. – М. : Физматлит : Лаб. базовых знаний ; СПб. : Нев. Диалект, 2002.

19. Вводный курс по экономической теории [Электронный ресурс]. – 2001. – Режим доступа до ресурсу: <http://bibliotekar.ru/biznes-38/1.htm>.

20. Повышение эффективности современных промышленных предприятий на основе информационных систем оперативного управления производством (MES) [Электронный ресурс] <http://www.sitebs.ru/blogs/734.html?comments>– Заголовок з екрану.

21. Попова, Г.И., Иванов, Б.А. Условные обозначения в чертежах и схемах по ЕСКД.-Л.:Машиностроение,1976.-106 с.

22. Про охорону прав на винаходи і корисні моделі [Электронный ресурс]: Закон України: [прийнятий Постановою Верховної Ради України №3769–ХІІ від 23 грудня 1993 р. : станом на 19 чевня 2009 р.]. – Режим доступа: <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=3687-12&p>.

23. Методичні вказівки до дипломного проектування розділу «Охорона праці» [Текст] / Укл.: Г.І. Дуднік, В.П. Порохненко, А.А. Потуремець, А.О. Писарський, О.В. Коваленко, О.М. Савчук. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2000. – 60 с.

24. Коберник, В. Ф. Охрана труда [Текст] / В.Ф. Коберник; – К.: Вища школа, 1990. – 286 с.

25. Методичні вказівки до економічного обґрунтування дипломних проектів для студентів спеціальностей 7.080203 «Системний аналіз та управління» [Текст] / Укл.: Р.Г Бобровникова, Т.М.Тіховська, О.Б. Борисенко, Н.Л. Онуфрієнко. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2011. – 20 с.

ДОДАТОК А

Демонстраційні матеріали до захисту дипломної роботи

Тема роботи: ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ
ЗДП «КРЕМНІЙПОЛІМЕР»

Магістр: гр. 8.1411з Оверченко О. С.
Науковий керівник: д.т.н., доцент Коваленко В.Л.

Об'єкт дослідження – система електропостачання цеху механічної обробки ЗДП «Кремнійполімер»

Предмет дослідження – втрати електричної енергії в системі електропостачання цеху

Мета дослідження – дослідити можливість підвищення енергоефективності цеху механічної обробки ЗДП «Кремнійполімер» шляхом створення алгоритму для визначення комбінації параметрів, при яких мінімізуються втрати електроенергії

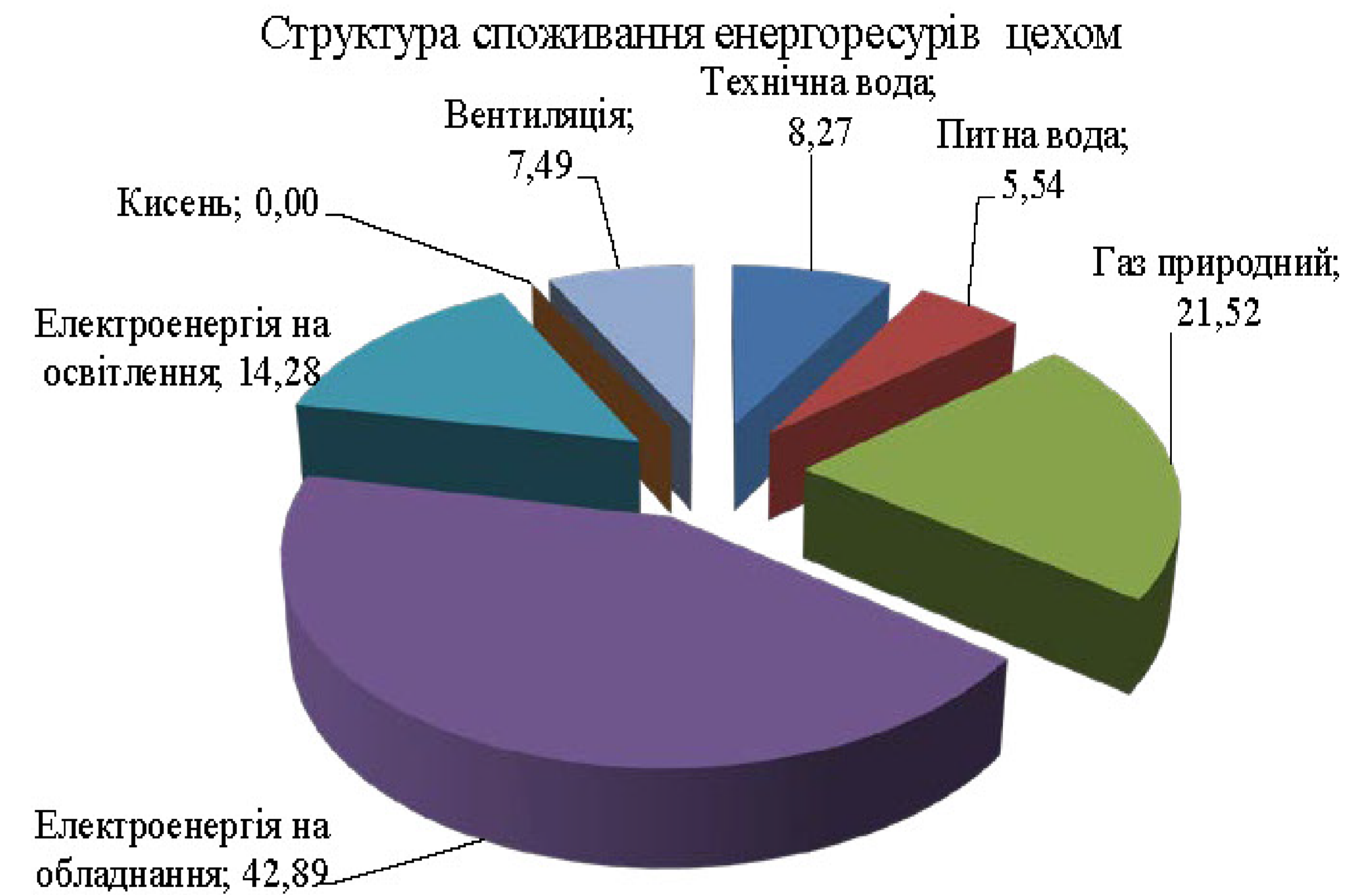
Методи дослідження – аналіз, порівняння, моделювання, статистичні методи.

Завдання роботи – провести аналіз можливих втрат електроенергії в системі електропостачання промислового підприємства; встановити комбінацію параметрів, які найбільше впливають на втрати електроенергії на промислових підприємствах, здійснити мінімізацію функції втрат електроенергії; провести техніко-економічні розрахунки втрат електроенергії на прикладі системи електропостачання цеху механічної обробки ЗДП «Кремнійполімер»

СПОЖИВАННЯ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ ЦЕХОМ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗДП «КРЕМНІЙПОЛІМЕР»

Структура споживання енергоресурсів цехом

Енергоносії	Споживання, нат. од.	Витрати за 2018 рік, грн	%
Технічна вода	3900	11700	8,27
Питна вода	712	7832	5,54
Газ природний	4227	30434,4	21,52
Електроенергія на обладнання	37914	60662,4	42,89
Електроенергія на освітлення	12625	20200	14,28
Кисень	124	2,7	0,002
Вентиляція	6625	10600	7,49
Всього	66127	141431,5	100



Структура споживання електроенергії цехом

Споживач	Витрати за 2018 рік, грн	%
Устаткування, верстати	60662,4	66,32%
Освітлення	20200	22,09%
Вентиляція	10600	11,59%
Всього	91462,4	100,00%



ПЛАН ЦЕХУ 3 РОЗМІЩЕННЯМ ОБЛАДНАННЯ

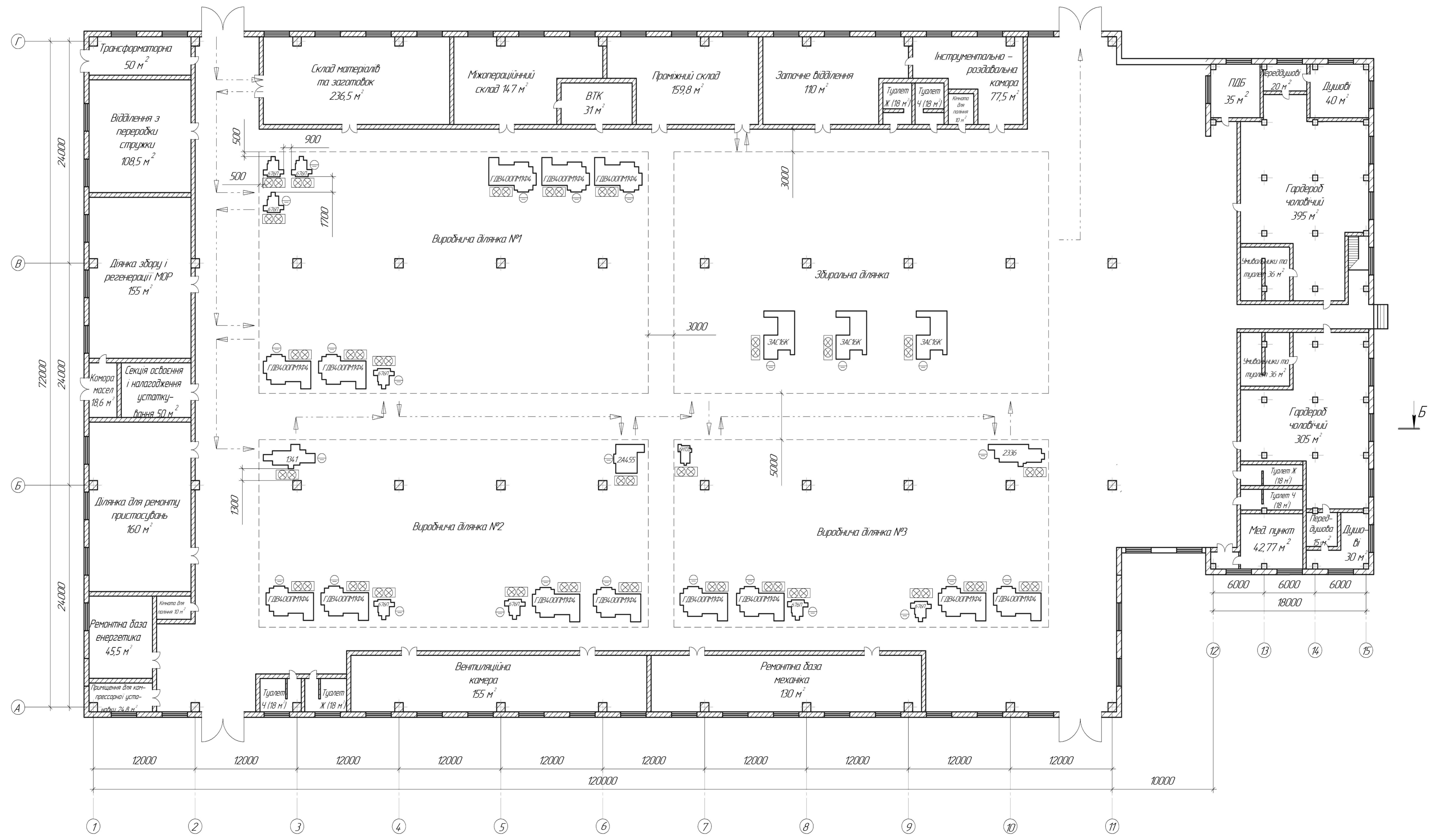
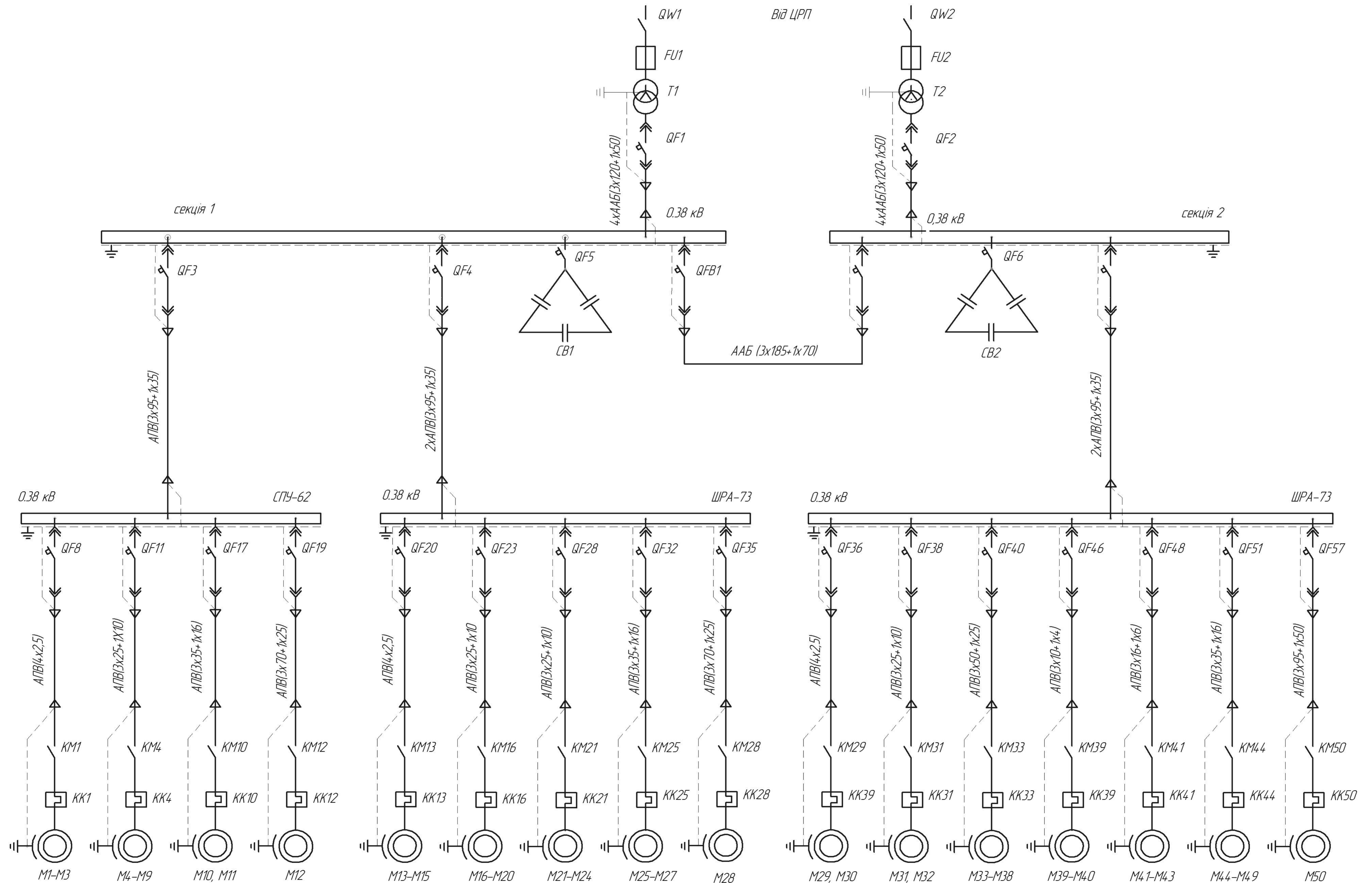


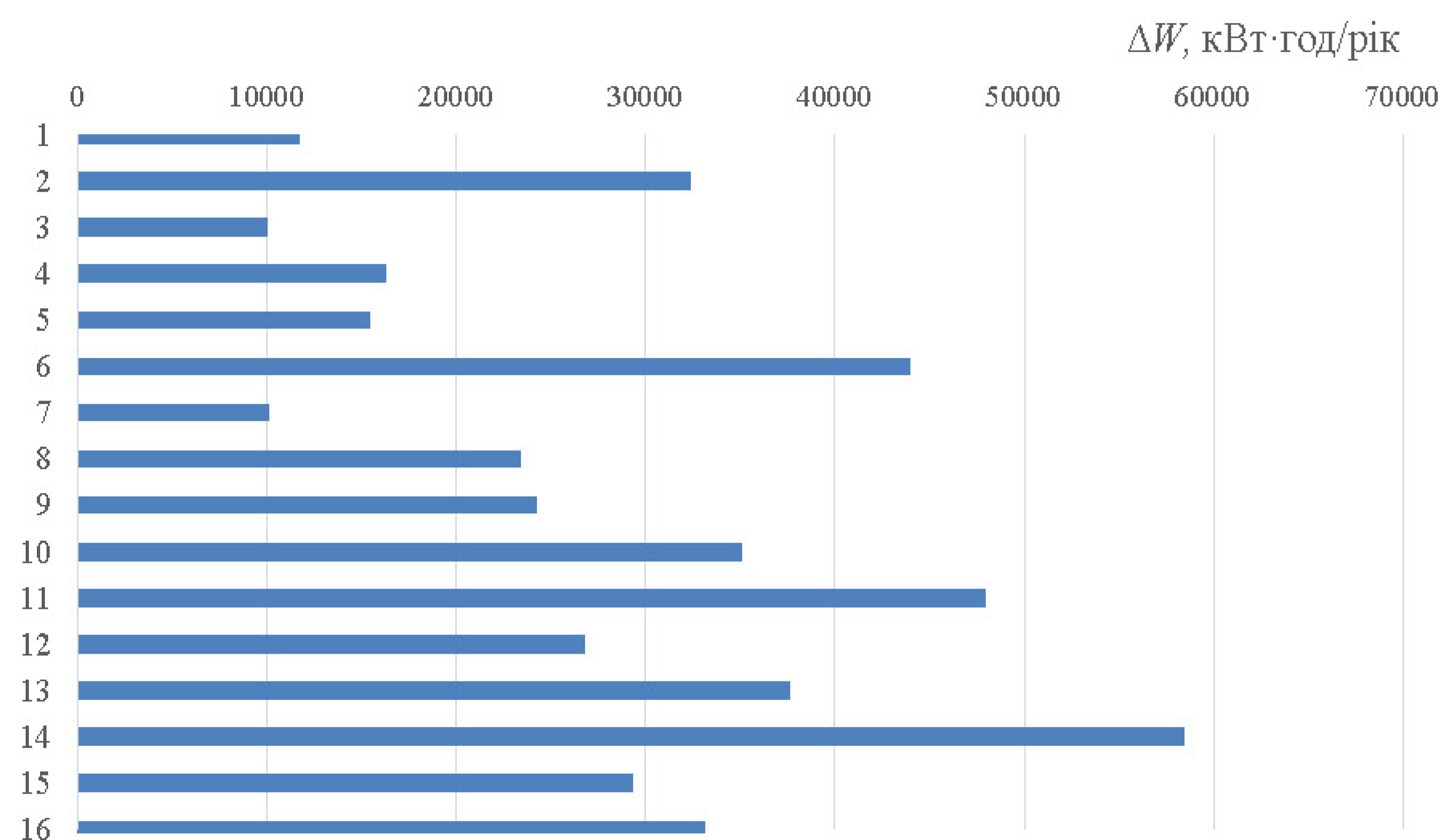
СХЕМА ОДНОЛІНІЙНА



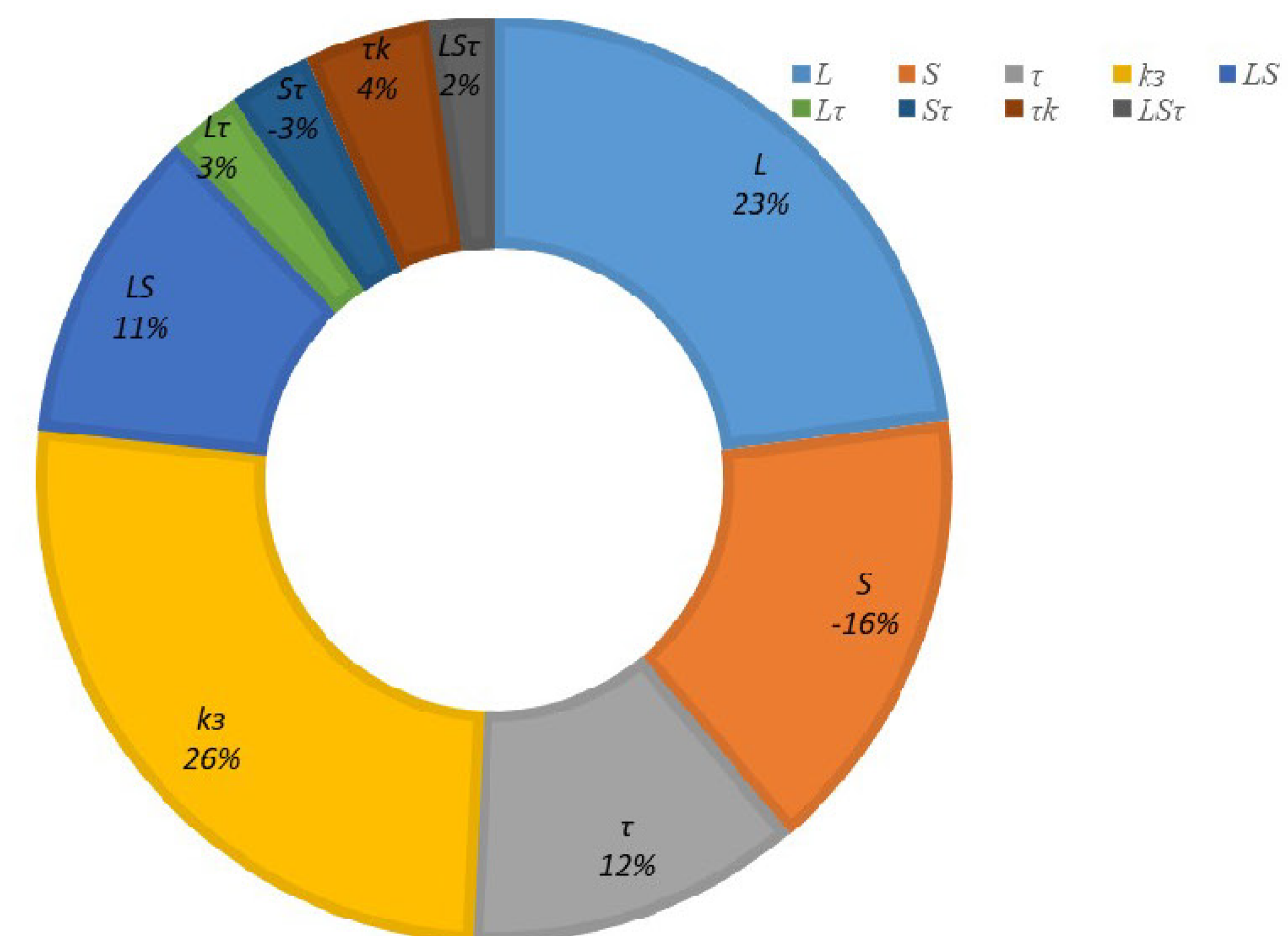
РОЗРОБКА МОДЕЛІ ВТРАТ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ЦЕХУ

$$F(L, S, \tau, k_3) = 29764,17 + 10286 \cdot L - 7124 \cdot S + 5362 \cdot \tau + 11632 \cdot k_3 + 4987 \cdot L \cdot S + 1128 \cdot L \cdot \tau - 1294 \cdot S \cdot \tau + 2019 \cdot \tau \cdot k_3 + 1013 \cdot L \cdot S \cdot \tau$$

Втрати електроенергії, в залежності від варіанта комбінації параметрів моделі



Ваговий вплив параметрів моделі



ВТРАТИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПРИ МІНІМІЗАЦІЇ ФУНКЦІЇ

$$f(L, S, \tau, k_3) = 29764,17 + 10286 \cdot L - 7124 \cdot S + 5362 \cdot \tau + 11632 \cdot k_3 + 4987 \cdot L \cdot S + 1128 \cdot L \cdot \tau - 1294 \cdot S \cdot \tau + 2019 \cdot \tau \cdot k_3 + 1013 \cdot L \cdot S \cdot \tau$$

Граничні умови:

$$1 < L < 60$$

$$2.5 < S < 35$$

$$2500 < \tau < 3500$$

$$0.4 < k_3 < 1.4$$

Мінімізація функції:

$$Q := \text{Minimize}(f, L, S, \tau, k)$$

$$Q = \begin{pmatrix} 1 \\ 35 \\ 2.5 \times 10^3 \\ 0.5 \end{pmatrix}$$

$$L := Q_0 \quad S := Q_1 \quad \tau := Q_2 \quad k := Q_3$$

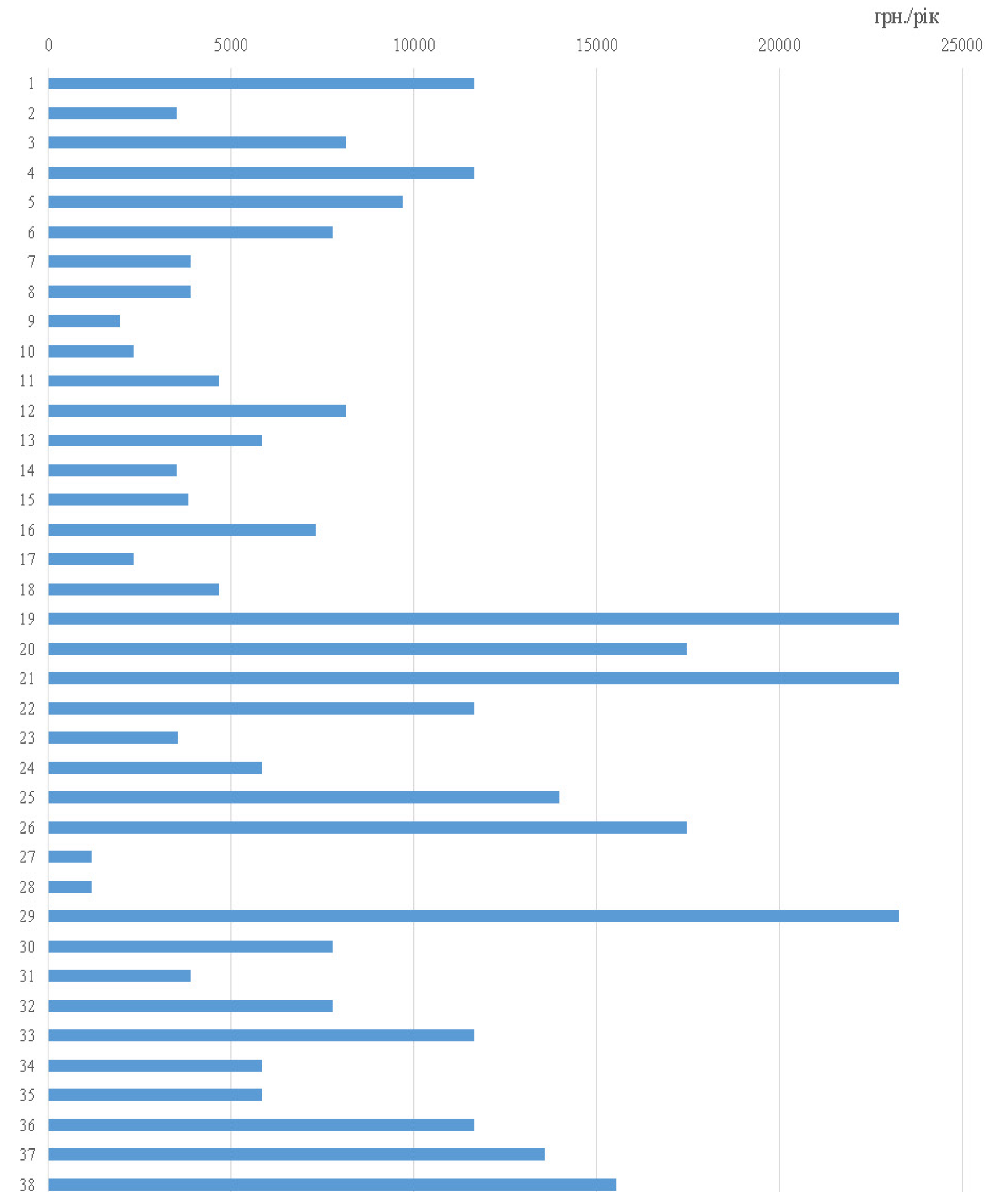
$$f(L, S, \tau, k_3) = 35614$$

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ ЗНИЖЕННЯ ВТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ 7

Розрахунок економії електричної енергії

№	Найменування	$L_{поч}$,	S ,	$\Delta W_{поч}$,	$\Delta W_{опт}$,	Економія електроенергії E , грн на рік
		м	мм ²	кВт·год/рік	кВт·год/рік	
1	Відрізний верстат	8	4	27328	20937	11631,62
2	Токарно-карусельний верстат	6	10	18381	16464	3488,94
3	Токарно-карусельний верстат	10	10	20937	16464	8140,86
4	Вальцепроточний верстат	9	6	24133	17742	11631,62
5	Вальцепроточний верстат	10	6	25198	19872	9693,32
6	Вальцепроточний верстат	7	6	22002	17742	7753,2
7	Вальцепроточний верстат	7	6	22002	19872	3876,6
8	Зварювальний верстат (двиг)	9	6	24133	22002	3878,42
9	Зварювальний верстат (двиг)	6	6	20937	19872	1938,3
10	Токарно-гвинторізний верстат	10	10	20937	19659	2325,96
11	Токарно-гвинторізний верстат	11	10	21576	19020	4651,92
12	Токарно-гвинторізний верстат	9	10	20298	15825	8140,86
13	Токарно-гвинторізний верстат	8	10	19659	16464	5814,9
14	Токарно-гвинторізний верстат	7	10	19020	17103	3488,94
15	Токарно-гвинторізний верстат	5	10	17742	15642	3822
16	Перетвор.автомат.зварювання	6	10	18381	14381	7280
17	Перетвор.автомат.зварювання	7	10	19020	17742	2325,96
18	Перетвор.автомат.зварювання	8	10	19659	17103	4651,92
19	Протяжний верстат	10	4	30524	17742	23263,24
20	Точильно-шліфувальний верстат	10	4	30524	20937	17448,34
21	Точильно-шліфувальний верстат	11	4	32121	19340	23261,42
22	Калорифер	9	6	24133	17742	11631,62
23	Калорифер	5	6	19872	17937	3521,7
24	Вентилятор	8	10	19659	16464	5814,9
25	Шліфувальний верстат	8	2,5	34997	27328	13957,58
26	Шліфувальний верстат	10	4	30524	20937	17448,34
27	Горизонтально-фрезерний верстат	8	10	19659	19020	1162,98
28	Горизонтально-фрезерний верстат	7	10	19020	18381	1162,98
29	Вертикально-свердильний верстат	12	2,5	45223	32441	23263,24
30	Токарно-револьв.верстат	11	6	26263	22002	7755,02
31	Стругальний верстат	5	6	19872	17742	3876,6
32	Стругальний верстат	7	6	22002	17742	7753,2
33	Стругальний верстат	9	6	24133	17742	11631,62
34	Універсально-фрезерний верстат	9	6	24133	20937	5816,72
35	Універсально-фрезерний верстат	10	6	25198	22002	5816,72
36	Гайко-різбовий автомат	9	6	24133	17742	11631,62
37	Гайко-різбовий автомат	10	6	25198	17742	13569,92
38	Гайко-різбовий автомат	11	6	26263	17742	15508,22
	Всього			904793	732666	313271,14

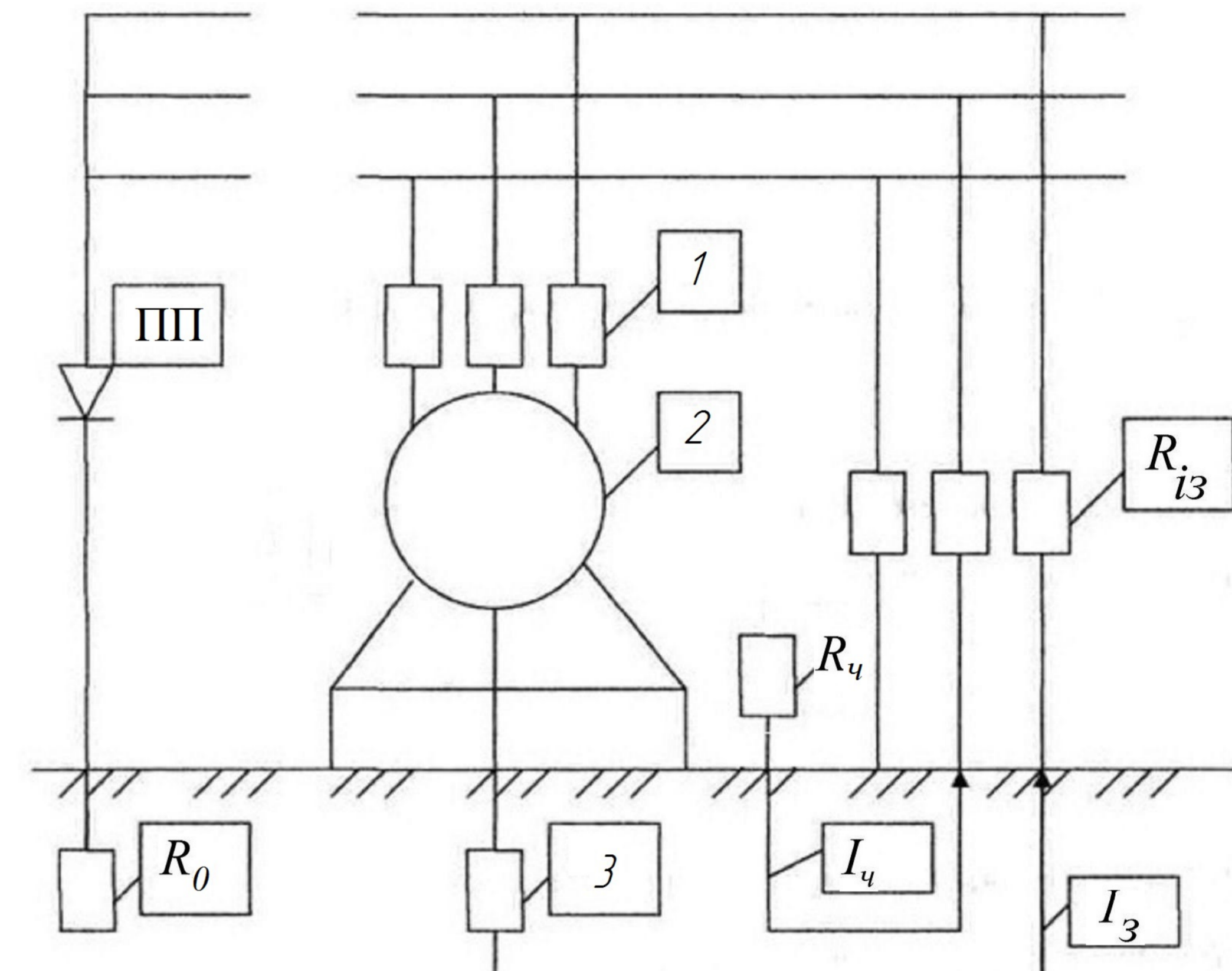
Графічне зображення економії за рахунок скорочення втрат електроенергії



Оцінка факторів виробничого та трудового процесу електрика

№ п/п	Фактори виробничого середовища та трудового процесу	Нормативне значення	Фактичне значення	III клас: шкідливі та небезпечні умови, характер праці.			Довготривалість дії фактору за зміну %
				1 ступ.	2 ступ.	3 ступ.	
1	3-4 кл. небезпеки напруженість електромагнітного поля, кВ	5	7,5	1,5р	-	-	85
2	Вібрація локальна, дБ	92	95	3	-	-	80
3	Шум, дБА	80	90	-	10	-	80
4	Мікроклімат у приміщенні: -температура повітря, °С	27	31	-	4	-	90
	-Швидкість руху повітря, м/с	0,3	0,5	-	-	-	90
	-Відносна волога повітря, %	65	64	-	-	-	90
5	Тяжкість та напруженість праці	Категорія середньої важкості 2б; помірно-напружена					

Захист від ураження електричним струмом



Принципова схема захисного заземлення електрообладнання цеху

- ПП - пробивний запобіжник;
- R_0 - заземлення нульової точки трансформатора;
- R_{i3} - опір ізоляції;
- I_3 - струм, замикання на землю;
- I_4 - струм, що протікає через людину;
- 1 - плавкі вставки;
- 2 - електродвигун;
- 3 - заземлюючий пристрій.

Довжина електродів: $l=10$ м

Діаметр електрода: $d=0,011$ м

Довжина сполучної штиби: $L=50$ м

Опір заземлюючого пристрою: $R_3=1,68$ Ом

Кількість електродів: $n=5$ шт.

Опір сполучної штиби: $R_{ш}=3,64$ Ом

Глибина розташування середини електрода: $t=5,5$ м

1. В роботі проведений детальний аналіз параметрів, що найбільш впливають на втрати електроенергії в системах промислового електропостачання та створено алгоритм, за яким можливо визначити комбінацію параметрів, що впливають на ці втрати.

2. Проведено математичне моделювання з використанням методики планування багатofакторного експерименту Бокса Уїлтона, метою якого є виділення комбінації факторів, що найбільш впливають на величину втрат електроенергії.

3. За допомогою методики планування експерименту отримано функцію оцінки втрат електроенергії.

4. Проведено мінімізацію функції для визначення найприйнятніших значень параметрів, при яких втрати електроенергії будуть найменшими. Встановлено, що ці втрати потенційно можливо знизити до 33%.

5. Даний метод був опробований на прикладі цеху механічної обробки ЗДП «Кремнійполімер» і техніко-економічні розрахунки показали, що економія електроенергії може скласти приблизно 14,8%