

Вінницький національний технічний університет  
Факультет електроенергетики та електромеханіки  
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного  
менеджменту

## МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

### ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПРИВАТНОГО АКЦІОНЕРНОГО ТОВАРИСТВА «МОГИЛІВ-ПОДІЛЬСЬКИЙ МАШИНОБУДІВНИЙ ЗАВОД»

Виконав: студент 2 курсу, гр. ЕМ-22м  
спеціальності 141 – Електроенергетика,  
електротехніка та електромеханіка  
Кравець В.С.

Керівник: к.т.н., доцент кафедри ЕСЕЕМ ВНТУ  
Шулле Ю.А.  
«     »     2023 р.

Опонент: к.т.н., проф. каф. ЕЕНСК  
Машеру М.М.  
«     »     2023 р.

Допущено до захисту  
Завідувач кафедри ЕСЕЕМ  
д.т.н. професор Бурбело М.Й.

« 8 » 12 2023 р.

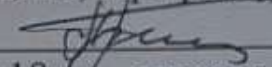
Вінниця 2023

Вінницький національний технічний університет  
Факультет електроенергетики та електромеханіки  
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту  
Рівень вищої освіти II-й (магістерський)  
Галузь знань 14 «Електрична інженерія»  
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»  
Освітньо-професійна програма – Енергетичний менеджмент

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

д.т.н., професор

 М. Й. Бурбело  
«18» вересня 2023 року

**ЗАВДАННЯ**  
**НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**  
**КРАВЦЮ ВОЛОДИМИРУ СЕРГІЙОВИЧУ**  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПРИВАТНОГО АКЦІОНЕРНОГО ТОВАРИСТВА «МОГИЛІВ-ПОДІЛЬСЬКИЙ МАШИНОБУДІВНИЙ ЗАВОД»

керівник роботи к.т.н., доцент кафедри ЕСЕЕМ ВНТУ Шулле Юлія Андріївна  
затверджені наказом ВНТУ від «18» вересня 2023 р., № 247

2. Термін подання студентом роботи «04» грудня 2023 року.

3. Вихідні дані до роботи: генплан підприємства; відомості про особливості технологічних процесів; відомості про електричні навантаження підприємства; відомості про джерела живлення (Додаток Б).

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. 1. Загальні відомості про підприємство. 2. Визначення оптимальних параметрів системи електропостачання ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод». 3. Проведення енергетичного аудиту ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод». 4. Економічна частина магістерської кваліфікаційної роботи. 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Вихідні дані. Генплан підприємства. Однолінійна схема електропостачання підприємства. Матеріали роботи.

### 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Шулле Ю. А., к.т.н., доц. каф. ЕСЕЕМ		
Економічна частина	Шулле Ю. А., к.т.н., доц. каф. ЕСЕЕМ		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Кобилянський О. В., зав. кафедри БЖДПБ, д.пед.н., професор		

7. Дата видачі завдання «18» вересня 2023 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Прийняв
1	Загальні відомості про підприємство	30.09.2023	
2	Визначення оптимальних параметрів системи електропостачання ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод»	14.10.2023	
3	Проведення енергетичного аудиту ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод»	29.10.2023	
4	Економічна частина магістерської кваліфікаційної роботи	05.11.2023	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	19.11.2023	
6	Графічна частина	03.12.2023	

Студент  (підпис) Кравець В.С.

Керівник роботи  (підпис) Шулле Ю.А.

Нормоконтроль  (підпис) Войтюк Ю.І.



Вінницький національний технічний університет  
Факультет електроенергетики та електромеханіки  
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту  
Рівень вищої освіти II-й (магістерський)  
Галузь знань 14 «Електрична інженерія»  
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»  
Освітньо-професійна програма – Енергетичний менеджмент

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

д.т.н, професор

М. Й. Бурбело

«18» вересня 2023 року

**ЗАВДАННЯ**  
**НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**  
**КРАВЦЮ ВОЛОДИМИРУ СЕРГІЙОВИЧУ**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПРИВАТНОГО  
АКЦІОНЕРНОГО ТОВАРИСТВА «МОГИЛІВ-ПОДІЛЬСЬКИЙ  
МАШИНОБУДІВНИЙ ЗАВОД»

керівник роботи к.т.н., доцент кафедри ЕСЕЕМ ВНТУ Шулле Юлія Андріївна  
затверджені наказом ВНТУ від «18» вересня 2023 р., № 247

2. Термін подання студентом роботи «04» грудня 2023 року.

3. Вихідні дані до роботи: генплан підприємства; відомості про особливості технологічних процесів; відомості про електричні навантаження підприємства; відомості про джерела живлення (Додаток Б).

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. 1. Загальні відомості про підприємство. 2. Визначення оптимальних параметрів системи електропостачання ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод». 3. Проведення енергетичного аудиту ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод». 4. Економічна частина магістерської кваліфікаційної роботи. 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Вихідні дані. Генплан підприємства. Однолінійна схема електропостачання підприємства. Матеріали роботи.

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Шулле Ю. А., к.т.н., доц. каф. ЕСЕЕМ		
Економічна частина	Шулле Ю. А., к.т.н., доц. каф. ЕСЕЕМ		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Кобилянський О. В., зав. кафедри БЖДПБ, д.пед.н., професор		

## 7. Дата видачі завдання «18» вересня 2023 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальні відомості про підприємство	30.09.2023	
2	Визначення оптимальних параметрів системи електропостачання ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод»	14.10.2023	
3	Проведення енергетичного аудиту ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод»	29.10.2023	
4	Економічна частина магістерської кваліфікаційної роботи	05.11.2023	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	19.11.2023	
6	Графічна частина	03.12.2023	

Студент \_\_\_\_\_ Кравець В.С.  
( підпис )

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Шулле Ю.А.  
( підпис )

Нормоконтроль \_\_\_\_\_ Войтюк Ю. П.  
( підпис )

УДК 621.311

## АНОТАЦІЯ

Кравець Володимир Сергійович. Підвищення енергоефективності приватного акціонерного товариства «Могилів-Подільський машинобудівний завод». Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Вінниця: ВНТУ, 2023. 112 с.

На укр. мові. бібліогр.: 49 назв; рис.: 28; табл.: 27.

У магістерській кваліфікаційній роботі було розглянуто питання підвищення енергоефективності приватного акціонерного товариства «Могилів-Подільський машинобудівний завод». Було визначено оптимальні параметри системи електропостачання заводу, проведено енергетичний аудит ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод», а також обрано заходи з енергозбереження. Розраховано основні економічні показники системи електропостачання та опрацьовані заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Ключові слова: система електропостачання, енергозбереження, енергоефективність, завод.

## **ABSTRACT**

Kravets Volodymyr Serhiyovych. Increasing the energy efficiency of the private joint-stock company «Mohyliv-Podilskyi Machine-Building Plant». Master's qualification thesis on specialty 141 - electrical engineering, electrical engineering and electromechanics. Vinnytsia: VNTU, 2023. 112 p.

In Ukrainian. Bibliography: 49 titles; figures: 28; tables: 27.

In the master's qualification work, the issue of increasing the energy efficiency of the private joint-stock company «Mohyliv-Podilskyi Machine-Building Plant» was considered. The optimal parameters of the plant's power supply system were determined, and an energy audit of Mogilev-Podilskyi Machine-Building Plant PJSC was conducted, and energy saving measures are also selected. The main economic indicators of the power supply system were calculated and measures for labor protection and safety in emergency situations were worked out.

**Key words:** power supply system, energy saving, energy efficiency, factory.



## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b>	7
<b>1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО</b>	9
1.1 Опис технологічного процесу	9
1.2 Відомості про електроспоживачів ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод» та їх характеристика	14
1.3 Висновок до розділу 1	15
<b>2 ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПрАТ «МОГИЛІВ-ПОДІЛЬСЬКИЙ МАШИНОБУДІВНИЙ ЗАВОД»</b>	16
2.1 Розробка бази даних підприємства	16
2.2 Визначення оптимальних електричних навантажень заводу	18
2.3 Оптимізація цехових трансформаторних підстанцій заводу	18
2.4 Визначення оптимальних перерізів ліній живлення заводу	23
2.5 Оптимізація вибору місця розташування центрального розподільчого пункту заводу	29
2.6 Вибір оптимальних елементів схеми електропостачання заводу	32
2.7 Висновки до розділу 2	33
<b>3 ПРОВЕДЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО АУДИТУ ПрАТ «МОГИЛІВ-ПОДІЛЬСЬКИЙ МАШИНОБУДІВНИЙ ЗАВОД»</b>	35
3.1 Збір інформації про об'єкт енергетичного аудиту ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод»	35
3.2 Оброблення інформації про використання ПЕР на ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод»	48
3.3 Розроблення й обґрунтування рекомендацій підвищення ефективності використання ПЕР на ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод»	52
3.4 Висновки до розділу 3	61
<b>4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ</b>	63

4.1 Техніко-економічне обґрунтування роботи	63
4.2 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання	65
4.3 Розрахунок поточних витрат	66
4.4 Розрахунок собівартості електроенергії	72
4.5 Висновки до розділу 4	75
<b>5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ</b>	<b>76</b>
5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту	76
5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії	80
5.3 Дослідження безпеки роботи системи електроспоживання ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод» в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій	84
5.4 Висновки до розділу 5	90
<b>ВИСНОВКИ</b>	<b>91</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b>	<b>93</b>
<b>ДОДАТКИ</b>	<b>97</b>
Додаток А – Технічне завдання	98
Додаток Б – Вихідні дані	101
Додаток В – Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень	102
Додаток Г – Генплан підприємства	103
Додаток Д – Однолінійна схема електропостачання підприємства	104
Додаток Е – Матеріали роботи	105

## ВСТУП

Актуальність роботи. Системи електропостачання (СЕР) створюються із метою заживлення електроенергією промислових споживачів, до яких відносяться освітлювальні установки, електродвигуни, електричні печі, апарати електричного зварювання. Сучасні системи електропостачання промислових підприємств забезпечують необхідну надійності електропостачання; економію електроенергії якість електроенергії. Виконання таких важливих завдань забезпечується: лініями електропередач, трансформаторними підстанціями, розподільчими пристроями, комутаційними апаратами, пристроями для підтримки якості електроенергії, засобами регулювання напруги.

Мета роботи: підвищення енергоефективності приватного акціонерного товариства «Могилів-Подільський машинобудівний завод».

.Основні задачі: оптимальний вибір схем електропостачання підприємства, оптимальний підбір провідників, підбір комутаційно-захисної апаратури, а також заходів із енергозбереження та охорони праці.

Об'єкт роботи: процес споживання електроенергії приватним акціонерним товариством «Могилів-Подільський машинобудівний завод».

Предмет роботи: методи та засоби, що використовуються для оптимального розрахунку системи електропостачання ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод».

Методи МКР: методи й закони загальної електротехніки, метод коефіцієнту попиту, метод коефіцієнтів використання, метод підсумовування навантажень.

Наукова новизна МКР. За рахунок використання сучасних методів розрахунку та застосування сучасного електротехнічного обладнання, для забезпечення технологічного процесу підприємства, удосконалена СЕР задовольняє вимогам надійності та безперебійності живлення споживачів.

Практична цінність роботи. Практична цінність МКР полягає у забезпеченні надійного й безперебійного електропостачання, сприяє енергоефективності, знижує витрати на енергію й дозволяє дотримуватися

нормативів безпеки і стандартів електробезпеки. Удосконалення системи електропостачання надає можливість для майбутнього розширення та модернізації.

Апробація результатів роботи. Основні теоретичні положення й найвагоміші практичні результати виконаного дослідження було висвітлено на всеукраїнській та міжнародній науково-технічній конференції та на науково-технічних конференціях факультету електроенергетики та електромеханіки у 2020, 2021, 2022, 2023 роках. За результатами досліджень було опубліковано тези доповідей [1, 2, 3, 4].

## 1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО

### 1.1 Опис технологічного процесу

У даній магістерській кваліфікаційній роботі розглядається ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод», який займається виробництвом зернопереробного, комбікормового, борошномельного, елеваторного обладнання різної продуктивності. Завод був зареєстрований у 1994 році [5, 6].

Послуги ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод»:

- проектування модульних млинів за індивідуальними проектами;
- комплексне постачання та монтаж обладнання;
- гарантійне й післягарантійне обслуговування;
- модернізація уже діючого обладнання;
- виготовлення нових вальців, що мелють, до вальцьових верстатів Р6-ВС, А1-БЗН, ВМ-2П, ЗМ-2, БВ-2, а також вальців іншого виробництва;
- нарізка та перенарізка вальців, що мелють, до вальцьових верстатів Р6-ВС, А1-БЗН, ВМ-2П, ЗМ-2, БВ-2, а також вальців іншого виробництва;
- ремонт та відновлення непрацюючих млинів та доукомплектація обладнанням власного виробництва.

Продукція ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод» [5, 6]:

- агрегатні вальцеві млини;
- устаткування для виробництва круп;
- опалювальне обладнання;
- лінії брикетування соломи;
- комбікормове обладнання;
- транспортне обладнання;
- запасні частини;
- нестандартне обладнання;
- технологічне обладнання;

- товари народного споживання.

Комбікормове обладнання:

- змішувачі горизонтальні порційні Р6-ЗГП;
- багатофункціональна комбікормова установка Р6-ММКУ-2;
- лінії з виробництва комбікормів;
- установка для переробки комбікормів Р6-УПК;
- зважувально-змішуючий модуль Р6-ВСМ;
- дробарки;
- бункер введення преміксів Р6-ЦПК-2,5;
- модуль введення рідких компонентів Р6-МЖК-07.

Транспортне обладнання:

- самохідні ковшові шнекові навантажувачі;
- зернометальники;
- норії;
- транспортери;
- самопливний транспорт.

Технологічне обладнання:

- пневмосепаратори;
- ентолейтори;
- вимольні машини;
- віброднища;
- рукавні фільтри-циклони;
- тріера;
- розсівні;
- деташери;
- модулі вагові потоку;
- скальператори;
- машини оббивальні;
- сепаратори;

- модули підготовки зерна;
- камнеотборники;
- вальцьові верстати.

Устаткування для виробництва круп:

- мінікрупощехи;
- установки для переробки проса;
- агрегатні мінімлини;
- агрегати розмольно-просівні;
- установки шелушильно-шліфувальні.

Підприємство у свій структурі має ливарний цех, ковальський цех, механічний цех, механоскладальні цехи, складальний цех. ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод» має лабораторно-аналітичний центр, відділ головного технолога, конструкторське бюро, у якому висококваліфіковані спеціалісти виконують конструкторські розробки, метрологічні експертизи, науково-дослідні роботи, лабораторний контроль та аналіз якості випущеної продукції [5, 6].

Лабораторно-аналітичний центр відповідає за:

- розробку та впровадження нових методів контролю якості матеріалів, напівфабрикатів й деталей;
- контроль навколишнього середовища й санітарного стану умов праці.

Лабораторно-аналітичний центр забезпечує:

- вхідний контроль матеріалів й лабораторний аналіз якості продукції, що випускають;
- єдність й високу точність вимірювань;
- облік й перевірку стандартних та нестандартизованих вимірювань і атестацію обладнання;
- контроль методів вимірювань;
- проведення метрологічної експертизи документацій.

Конструкторське бюро розробляє:

- документацію експлуатаційну, ремонтну, учбову;

- документацію конструкторську на нові вироби, вироби, що удосконалюються і нестандартне обладнання;

- програми та методики випробувань вузлів, агрегатів й готових виробів.

Відділ головного технолога спеціалізується на:

- розробці креслень технологічного зняття, креслень заготовок деталей, креслень спеціального ріжучого і вимірюючого інструменту;

- розробці технологічної документації, а саме технологічних процесів на механічну обробку, збірку і випробування різної складності виробів, гаряче та холодне штампування, зварювання, лиття, нанесення захисних покриттів та на виготовлення резинотехнічних деталей обладнання;

- для станків із ЧПУ розробка керуючих програм.

Конструкторське бюро займається [5, 6]:

- проектуванням і розробкою різного обладнання;

- проектуванням і конструюванням нестандартного та унікального обладнання будь-якої складності різного призначення;

- машинобудуванням;

- виготовленням конструкцій і технологічного обладнання у різних галузях промисловості.

Технологічне бюро забезпечує:

- розробку проектної документації із використання різних систем ЧПУ і математичним забезпеченням;

- розробку технологічних процесів різних видів виробництва;

- проектування й виготовлення обладнання та деталей, у тому числі нестандартних;

- монтаж, пускові і налагодочні роботи;

- сервісне та технічне обслуговування обладнання.

Види виробництва на ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод»:

Механічна обробка:

- Токарні роботи: токарно-гвинторізні верстати.

- Фрезерні роботи.



- Шліфувальні роботи.
- Розточні роботи:
- координатно-розточні верстати;
- горизонтально-розточні верстати;
- плоско-шліфувальні верстати;
- кругло-шліфувальні верстати;
- фрезерні верстати.

#### Штампування [5, 6]:

- гаряче об'ємне штампування кольорових металів, сталі (0,05 кг – 25 кг);
- холодне штампування деталей із листа;
- виготовлення поковок різної конфігурації із кольорових сплавів, титану, сталі (0,5 кг – 200 кг);
- розкатка кілець зі зменшеними припусками;
- різання й рубання деталей із металу.

#### Ливарне виробництво [5, 6]:

- лиття по моделях із кольорових сплавів, чавуну, сталі (10 г – 10-15 кг);
- лиття під тиском цинкових й алюмінієвих сплавів (до 5 кг);
- лиття у кокиль алюмінієвих та мідних сплавів (50 г – 50 кг);
- лиття у землю кольорових сплавів, чавуну, сталі (до 3 т.);
- художнє лиття із кольорових сплавів (до 3 т.);
- художнє лиття із кольорових сплавів збірної чи зварної конструкції (до 12 т).

#### Слюсарно-зварювальне виробництво:

- зварювання у камері «аргон-2» у середовищі інертного газу;
- електронно-променеве зварювання;
- зварювання: газове; електродугове; у середовищі захисних газів; контактне; точкове; стикове;
- виготовлення об'ємних й плоских зварних конструкцій.

#### Гальванізація. Методи нанесення гальванічних покриттів:

- хромування;

- нікелювання;
- цинкування;
- кадмування;
- анодування;
- хімічне оксидування;
- фосфатування;
- електрохімполірування нержавіючої сталі.

Інструментальне виробництво:

- пресформи для виготовлення гумотехнічних й пластмасових деталей;
- оснащення ливарного виробництва;
- верстатні пристосування.

## **1.2 Відомості про електроспоживачів ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод» та їх характеристика**

На рис. 1.1 і табл. 1.1 подано вихідні дані для розрахунку СЕП ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод» [5, 6].

Таблиця 1.1 – Електричні навантаження ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод»

<b>№</b>	<b>Цех</b>	<b>Рн, кВт</b>	<b>Площа, м<sup>2</sup></b>
1	Ливарний цех	1100	695
2	Механічний цех	400	482
3	Насосна станція	800	391
4	Блок допом.служб.	400	323
5	Адміністративний корпус	250	397
6	Побутовий корпус	450	317
7	Їдальня	400	332
8	Ковальський цех	1500	868
9	Механоскладальний цех №1	5000	1080
10	Механоскладальний цех №2	3000	739
11	Механоскладальний цех №3	2500	675
12	Складальний цех	660	500

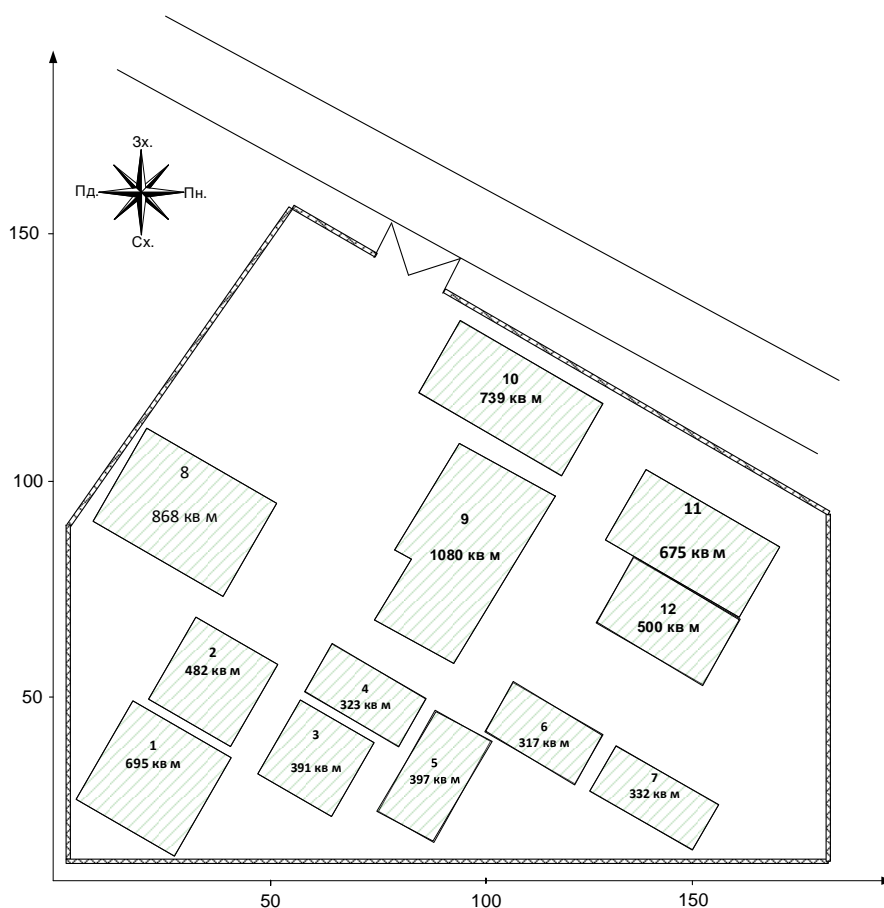


Рисунок 1.1 – Генеральний план ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод»

### 1.3 Висновок до розділу 1

Проаналізувавши систему електропостачання ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод» можна зробити наступні висновки: СЕП має велику кількість обладнання характеристики якого повністю, або частково не відповідають параметрам нормальних й аварійних режимів. Також є морально застаріле та фізично зношене обладнання. Економічні й технічні характеристики СЕП потребують оптимізації електропостачання.

## 2 ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПрАТ «МОГИЛІВ-ПОДІЛЬСЬКИЙ МАШИНОБУДІВНИЙ ЗАВОД»

### 2.1 Розробка бази даних підприємства

Для виконання розрахунків та прийняття оптимальних рішень створюємо базу даних, яка є однією з ключових складових при автоматизованому проектуванні СЕП. База даних має базу загальних даних, базу технічних даних та економічних даних силових трансформаторів, повітряних та кабельних ліній.

База загальних параметрів МКР подана на рис. 2.1.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
1	БАЗА ДАНИХ											
2												
3	ЗАГАЛЬНІ ПАРАМЕТРИ МКР											
4												
5	Довжина лінії живлення, км										L=	1
6	Номинальна напруга мережі в точці КЗ, кВ										U=	10
7	Потужність КЗ в характерній точці джерела живлення, МВА										S <sub>кз</sub> =	50
8	Вхідна реактивна потужність на одну лінію живлення, кВАр										Q <sub>вх</sub> =	2008
9												
10	Час використання максимального навантаження, год										T <sub>м</sub> =	4500
11	Час максимальних втрат, год										τ=	2886,21
12	Тариф за активну електроенергію, грн/кВт*год										t=	5,5
13	Питома вартість втрат, грн/кВт										В <sub>о</sub> =	15874,15
14	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень										E <sub>е</sub> =	0,1
15												
16			Відрахування на амортизацію					E <sub>а</sub> , %	T <sub>с</sub> , років			
17			ПЛ 0,4-10 кВ на з. б. опорах					3%	33			
18			на дерев'яних опорах					6%	17			
19			КЛ 6-10 кВ із свинцевою оболонкою					2%	50			
20			алюмінієвою оболонкою					4%	50			
21			пластмасовою оболонкою					5%	25			
22			ТП 10-750 кВ - електрообладнання					4,4%	23			
23			ТП в цілому					3,6%	---			
24			Мачтові ТП та КТП 6-35 кВ					6,6%	16			

Рисунок 2.1 – База загальних параметрів ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод»

На рис. 2.2 подана база технічних даних та економічних даних силових трансформаторів ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод».

27										
28	<b>ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРАНСФОРМАТОРІВ</b>									
29										
30	Параметри трансформаторів 10 кВ									
31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
32	S <sub>т</sub>	U <sub>нт</sub>	DP <sub>хх</sub>	DP <sub>к</sub>	I <sub>хх</sub>	U <sub>к</sub>	R <sub>т</sub>	X <sub>т</sub>	K <sub>т1</sub>	K <sub>т2</sub>
33	кВА	кВ	кВт	кВт	%	%	Ом	Ом	тис. грн	тис. грн
34	63	10	0,24	1,28	2,8	4,5	32,25	63,73	79	192
35	100	10	0,33	1,97	2,6	4,5	19,70	40,46	104	238
36	160	10	0,51	3,1	2,4	4,5	12,11	25,38	125,5	272,6
37	250	10	0,74	4,2	2,3	4,5	6,72	16,70	169,8	345,1
38	400	10	0,95	5,9	2,1	4,5	3,69	10,63	220,9	455,4
39	630	10	1,31	8,5	2	5,5	2,14	8,46	298,68	584,3
40	1000	10	2,1	10,5	1,4	6	1,05	5,91	433,74	859,04
41	1600	10	2,8	18	1,3	5,5	0,70	3,36	555,83	1263,8
42	2500	10	3,85	23,5	1	6,5	0,38	2,57	639,8	1370,2
43										

Рисунок 2.2 – База економічних даних та технічних даних силових трансформаторів ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод»

База даних повітряних ліній (ПЛ) подана на рис. 2.3.

45	<b>ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛ</b>						
46							
47	АС; АпС; АСК; АпСК; АСКП; АпСКП; АСКС; АпСКС						
48	1	2	3	4	5	6	7
49	Пере-	Діа-			10 кВ	D <sub>ср</sub> = 1250	
50	різ,	метр,	R <sub>о</sub>	I <sub>доп</sub>	X <sub>о</sub>	K <sub>о1</sub>	K <sub>о2</sub>
51	мм <sup>2</sup>	мм	Ом/км	А	Ом/км	т.грн/км	т.грн/км
52	10	4,5	2,766	84	0,412	33,78	47,08
53	16	5,6	1,801	111	0,399	38,13	53,06
54	25	6,9	1,176	142	0,385	39,02	54,63
55	35	8,4	0,79	175	0,373	40,4	56,6
56	50	9,6	0,603	210	0,365	42,9	60,1
57	70	11,4	0,428	265	0,354	46,04	64,91
58	95	13,5	0,31	330	0,343	50,17	70,74
59	120	15,2	0,25	390	0,336	53,02	75,29
60	150	16,8	0,199	450	0,330	57,78	82,05
61	185	18,8	0,158	520	0,323	62,17	85,02
62	240	21,6	0,122	605	0,314	71,84	107,42
63	300	24	0,099	710	0,307	83,27	114,82

Рисунок 2.3 – База технічних даних та економічних даних ПЛ ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод»

База даних кабельних ліній (КЛ) подана на рис. 2.4.

65	<b>ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КЛ</b>							
66	Алюмінієві кабельні лінії з ПВХ ізоляцією							
67								
68								
69	1	2	3	4	5	6	7	8
70	Пере-	0,38 кВ			10 кВ			
71	різ,	R <sub>0</sub>	X <sub>0</sub>	I <sub>доп</sub>	K <sub>ол</sub> ,	X <sub>0</sub>	I <sub>доп</sub>	K <sub>ол</sub> ,
72	мм <sup>2</sup>	Ом/км	Ом/км	А	т.грн/км	Ом/км	А	т.грн/км
73	10	3,1	0,073	65	26,06	0,122		39,62
74	16	1,94	0,0675	75	40,56	0,113	75	62,06
75	25	1,24	0,0662	90	58,6	0,099	90	90,64
76	35	0,89	0,0637	115	75,63	0,095	115	116,14
77	50	0,62	0,0625	140	101,94	0,09	140	159,11
78	70	0,443	0,0612	165	142,06	0,086	165	218,15
79	95	0,326	0,0602	205	184,73	0,083	205	288,4
80	120	0,258	0,0602	240	217,39	0,081	240	344,95
81	150	0,206	0,0596	275	282,84	0,079	275	427,78
82	185	0,167	0,0596	310	345,65	0,077	310	526,36
83	240	0,129	0,0587	355	440,03	0,075	355	675,74

Рисунок 2.4 – База технічних даних та економічних даних КЛ  
ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод»

## 2.2 Визначення оптимальних електричних навантажень заводу

За методами коефіцієнтів використання й методами коефіцієнтів попиту здійснюється визначення середніх та розрахункових навантажень [7-11].

Розрахункові потужності ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод» визначаємо за допомогою електронної таблиці (рис. 2.5).

№	Цех	Рн, кВт	cos	tg	Кп	Кв	Площа, м <sup>2</sup>	Кп0	Рвнт, Вт/м <sup>2</sup>	Кпра	tg0	Qш0, квар	Рр0, кВт	Рс, кВт	Qс, квар	Sc, кВА	Рр, кВт	Qр, квар	Sp, кВА	Кр, А
1	Ливарний цех	1100	0,65	1,17	0,75	0,70	695	0,85	0,02	1,20	0,48	5,10	10,63	780,63	905,33	1195,42	835,63	969,64	1280,03	1944,80
2	Механічний цех	400	0,80	0,75	0,35	0,30	482	0,85	0,02	1,20	0,48	3,54	7,37	127,37	93,54	158,03	147,37	108,54	183,03	278,09
3	Насосна станція	800	0,80	0,75	0,70	0,65	391	0,85	0,01	1,20	0,48	2,68	5,58	525,58	392,68	656,08	565,58	422,68	706,08	1072,77
4	Блок допом. служб.	400	0,80	0,75	0,70	0,60	323	0,85	0,01	1,20	0,48	2,21	4,61	244,61	182,21	305,02	284,61	212,21	355,02	539,40
5	Адміністративний корпус	250	0,75	0,88	0,30	0,30	397	0,85	0,02	1,20	0,48	3,11	6,48	81,48	66,25	106,93	81,48	69,25	106,93	162,47
6	Побутовий корпус	450	0,75	0,88	0,70	0,60	317	0,85	0,01	1,20	0,48	2,17	4,53	274,53	240,29	364,83	319,53	279,98	424,83	645,47
7	Гальван	400	0,75	0,88	0,70	0,55	332	0,85	0,01	1,20	0,48	2,28	4,74	224,74	196,30	298,40	284,74	249,21	378,40	574,91
8	Ковальський цех	1500	0,75	0,88	0,70	0,65	868	0,85	0,01	1,20	0,48	5,95	12,40	987,40	865,82	1313,24	1062,40	931,96	1413,24	2147,19
9	Механоскладальний цех №1	5000	0,75	0,88	0,30	0,25	1080	0,85	0,02	1,20	0,48	7,93	16,52	1266,52	1110,33	1684,31	1516,52	1330,81	2017,65	3065,49
10	Механоскладальний цех №2	3000	0,75	0,88	0,30	0,25	739	0,85	0,02	1,20	0,48	5,43	11,31	761,31	666,87	1012,08	911,31	799,15	1212,07	1841,56
11	Механоскладальний цех №3	2500	0,75	0,88	0,30	0,25	675	0,85	0,02	1,20	0,48	4,96	10,33	635,33	556,16	844,36	760,33	666,40	1011,03	1536,10
12	Складальний цех	660	0,70	1,02	0,40	0,35	500	0,85	0,02	1,20	0,48	3,67	7,65	238,65	239,34	337,99	271,65	273,01	385,13	585,15
16	Всього по підприємству	16160					6799					49,03	102,15	6148,15	5518,12	8261,32	6694,20	5999,65	8989,33	13657,88

Рисунок 2.5 – Розрахунок електричних навантажень ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод»

## 2.3 Оптимізація цехових трансформаторних підстанцій заводу

При виборі оптимальних цехових трансформаторних підстанцій (ЦТП) ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод» (рис. 2.6) необхідно керуватись вимогами [8, 21].

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	№ ТП	№ цеху	Назва цеху	Розрахункова активна потужність Рр, кВт	Розрахункова реактивна потужність Qр, кВАр	Повна розрахункова потужність Sp, кВА	Середня активна потужність Pс, кВт	Середня реактивна потужність Qс, кВАр	Повна середня потужність Sc, кВА
1									
2		1	Ливарний цех	835,634	969,636	1280,030	780,634	905,334	1195,415
3		2	Механічний цех	147,375	108,540	183,030	127,375	93,540	158,032
4		3	Насосна станція	565,583	422,680	706,076	525,583	392,680	656,076
5		4	Блок допом. служб.	284,612	212,214	355,020	244,612	182,214	305,020
6		5	Адміністративний корпус	81,479	69,254	106,934	81,479	69,254	106,934
7		8	Ковальський цех	1062,395	931,963	1413,237	987,395	865,819	1313,237
8			Всього по ТП1	2977,078	2714,286	4028,690	2747,078	2508,840	3720,311
9		6	Побутовий корпус	319,527	279,977	424,834	274,527	240,290	364,835
10		7	Їдальня	284,741	249,212	378,397	224,741	196,297	298,398
11		11	Механоскладальний цех №3	760,328	666,395	1011,029	635,328	556,155	844,364
12		12	Складальний цех	271,650	273,006	385,131	238,650	239,339	337,990
13			Всього по ТП2	1636,245	1468,590	2198,649	1373,245	1232,082	1844,947
14		9	Механоскладальний цех №1	1516,524	1330,807	2017,645	1266,524	1110,328	1684,313
15		10	Механоскладальний цех №2	911,307	799,153	1212,075	761,307	666,865	1012,076
16			Всього по ТП3	2427,831	2129,960	3229,720	2027,831	1777,193	2696,389

Рисунок 2.6 – Вибір оптимальних цехових трансформаторних підстанцій  
ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод»

Математична модель вибору оптимальної потужності цехових ТП ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод», де керованою змінною є потужність  $S_T$  ТП, а річні приведені затрати з ТП є показником ефективності [7-11]:

$$\begin{cases}
 3(S_T) = B_{\text{ТП}}(S_T) + B_{\text{В}}(S_T). \\
 B_{\text{ТП}}(S_T) = (E_a + E_e) \cdot K_{\text{ТП}}(S_T, k_T). \\
 B_{\text{В}}(S_T) = \left[ \Delta P_{\text{XX}}(S_T) + \Delta P_{\text{КЗ}}(S_T) \cdot k_3(S_T)^2 \right] \cdot k_T \cdot B_0; \quad k_3(S_T) = \frac{S_{\text{ТП}}}{S_T \cdot k_T}; \quad B_0 = t \cdot \tau. \\
 (S_T) = (E_a + E_e) \cdot K_{\text{ТП}}(S_T, k_T) + \left[ \Delta P_{\text{XX}}(S_T) \cdot k_T + \Delta P_{\text{КЗ}}(S_T) \cdot \frac{S_{\text{ТП}}^2}{S_T^2 \cdot k_T} \right] \cdot t \cdot \tau \rightarrow \min_{S_T \in S}. \\
 k_H \cdot k_T \cdot S_T \geq S_{\text{ТП, см}} - \text{для випадку ЦТП, якщо } S_{\text{ТП}} \text{ було знайдено за} \\
 \text{спрощеним методом (не за РТМ 36.18.32.4-92);} \\
 k_H \cdot k_T \cdot S_T \geq S_{\text{ТП}} - \text{для випадку ГПП, а також ЦТП, якщо } S_{\text{ТП}} \text{ було знайдено} \\
 \text{за РТМ 36.18.32.4-92;} \\
 k_T > 1 \Rightarrow k_{\text{па}} \cdot S_T \geq k_{\text{ппа}} \cdot S_{\text{ТПр}}; \\
 S_T \in S.
 \end{cases}$$

де  $E_a$  – коефіцієнт амортизаційних відрахувань ПрАТ «МПМЗ»;

$E_e$  – коефіцієнт ефективності капіталовкладень ПрАТ «МПМЗ»;

$S_T$  – потужність окремого трансформатора ТП ПрАТ «МПМЗ»;

$k_T$  – кількість трансформаторів ПрАТ «МПМЗ»;

$t$  – тариф на електричну енергію ПрАТ «МПМЗ»;

$\tau$  – число годин максимальних втрат ПрАТ «МПМЗ»;

$B_0$  – питома вартість втрат активної потужності у трансформаторах ПрАТ «МПМЗ»;

$K_{ТП}(S_T, k_T)$  – величина капіталовкладень у ТП у залежності від потужності  $S_T$  й кількості  $k_T$  трансформаторів ПрАТ «МПМЗ»;

$S_{ТП}$  – розрахункова потужність ТП ПрАТ «МПМЗ»;

$S_{ТПсм}$  – середня потужність ТП ПрАТ «МПМЗ»;

$\Delta P_{xx}(S_T)$  – втрати холостого ходу трансформатора потужністю  $S_T$  ПрАТ «МПМЗ»;

$\Delta P_{кз}(S_T)$  – втрати короткого замикання трансформатора потужністю  $S_T$  ПрАТ «МПМЗ»;

$k_z(S_T)$  – коефіцієнт завантаження трансформатора потужністю  $S_T$  ПрАТ «МПМЗ»;

$k_H$  – максимально допустимий коефіцієнт навантаження трансформатора у нормальному режимі ПрАТ «МПМЗ»;

$k_{па}$  – максимально допустимий коефіцієнт навантаження трансформатора у післяаварійному режимі ПрАТ «МПМЗ»;

$k_{ппа}$  – частина навантаження ТП, що повинна залишитись у роботі в післяаварійному режимі ПрАТ «МПМЗ»;

$S$  – множина допустимо-доступних стандартних потужностей трансформаторів ПрАТ «МПМЗ».

У табличних формах на рис. 2.7-2.9 подано автоматизовані розв'язки задач вибору оптимальних потужностей трансформаторів ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод» за допомогою електронного процесора Excel.



№	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
1	Вибір оптимальної потужності ТП1 за мінімумом затрат															
2	Дані нормального режиму															
3	Розрахункова потужність ТП, кВА											Sp=	4028,69			
4	Середня потужність ТП, кВА											Sc=	3720,311			
5	Кількість трансформаторів											kt=	2			
6	Допустимий коефіцієнт навантаження в нормальному режимі											kn=	1			
7	Дані післяварійного режиму															
8	Допустимий коефіцієнт навантаження післяварійному режимі											kpa=	1,3			
9	Доля навантаження в п.а. режимі											knpa=	0,8			
10	Економічні характеристики															
11	Питома вартість втрат, грн/кВт											Vo=	15874,15			
12	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень											Ee=	0,1			
13	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію											Ea=	0,036			
14																
15	*	St, кВА	dPкз, кВт	dPхх, кВт	Ктп, тис. грн.	Е*К, тис. грн.	dPзм, кВт	dPпс, кВт	dP, кВт	Вв, тис. грн.	З, тис. грн.	*	X	обмеж. 1	обмеж. 2	
16		63	1,28	0,24	192	26,112	2617,138	0,48	2617,618	41552,47	---	---	---	---	---	
17		100	1,97	0,33	238	32,368	1598,689	0,66	1599,349	25388,31	---	---	---	---	---	
18		160	3,1	0,51	272,6	37,0736	982,6966	1,02	983,7166	15615,67	---	---	---	---	---	
19		250	4,2	0,74	345,1	46,9336	545,3395	1,48	546,8195	8680,297	---	---	---	---	---	
20		400	5,9	0,95	455,4	61,9344	299,247	1,9	301,147	4780,453	---	---	---	---	---	
21		630	8,5	1,31	584,3	79,4648	173,7943	2,62	176,4143	2800,428	---	---	---	---	---	
22		1000	10,5	2,1	859,04	116,8294	85,2093	4,2	89,4093	1419,297	---	---	---	---	---	
23		1600	18	2,8	1263,8	171,8768	57,0598	5,6	62,6598	994,6713	---	---	---	---	---	
24	V	2500	23,5	3,85	1370,2	186,3472	30,51305	7,7	38,21305	606,5997	792,9469	V	+	+	+	
25											Zмін=	792,9469				
26											Опт. Пот. Трансформатора	St*=	2500			

Рисунок 2.7 – Автоматизований вибір потужності ТП 1 ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод»

№	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
1	Вибір оптимальної потужності ТП2 за мінімумом затрат															
2	Дані нормального режиму															
3	Розрахункова потужність ТП, кВА											Sp=	2198,649			
4	Середня потужність ТП, кВА											Sc=	1844,947			
5	Кількість трансформаторів											kt=	2			
6	Допустимий коефіцієнт навантаження в нормальному режимі											kn=	1			
7	Дані післяварійного режиму															
8	Допустимий коефіцієнт навантаження післяварійному режимі											kpa=	1,3			
9	Доля навантаження в п.а. режимі											knpa=	0,8			
10	Економічні характеристики															
11	Питома вартість втрат, грн/кВт											Vo=	15874,15			
12	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень											Ee=	0,1			
13	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію											Ea=	0,036			
14																
15	*	St, кВА	dPкз, кВт	dPхх, кВт	Ктп, тис. грн.	Е*К, тис. грн.	dPзм, кВт	dPпс, кВт	dP, кВт	Вв, тис. грн.	З, тис. грн.	*	X	обмеж. 1	обмеж. 2	
16		63	1,28	0,24	192	26,112	779,4899	0,48	779,9699	12381,36	---	---	---	---	---	
17		100	1,97	0,33	238	32,368	476,1544	0,66	476,8144	7569,026	---	---	---	---	---	
18		160	3,1	0,51	272,6	37,0736	292,6869	1,02	293,7069	4662,349	---	---	---	---	---	
19		250	4,2	0,74	345,1	46,9336	162,4243	1,48	163,9043	2601,841	---	---	---	---	---	
20		400	5,9	0,95	455,4	61,9344	89,12789	1,9	91,02789	1444,991	---	---	---	---	---	
21		630	8,5	1,31	584,3	79,4648	51,763	2,62	54,383	863,2841	---	---	---	---	---	
22		1000	10,5	2,1	859,04	116,8294	25,37879	4,2	29,57879	469,5383	---	---	+	---	---	
23		1600	18	2,8	1263,8	171,8768	16,99473	5,6	22,59473	358,6721	530,5489	+	+	+	+	
24	V	2500	23,5	3,85	1370,2	186,3472	9,088024	7,7	16,78802	266,4957	452,8429	V	+	+	+	
25											Zмін=	452,8429				
26											Опт. Пот. Трансформатора	St*=	2500			

Рисунок 2.8 – Автоматизований вибір потужності ТП 2 ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод»

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
1	Вибір оптимальної потужності ТПЗ за мінімумом затрат															
2	Дані нормального режиму															
3	Розрахункова потужність ТП, кВА										Sp=	3229,72				
4	Середня потужність ТП, кВА										Sc=	2696,389				
5	Кількість трансформаторів										kt=	2				
6	Допустимий коефіцієнт навантаження в нормальному режимі										kn=	1				
7	Дані післяаварійного режиму															
8	Допустимий коефіцієнт навантаження післяаварійному режимі										kpa=	1,3				
9	Доля навантаження в п.а. режимі										knpa=	0,8				
10	Економічні характеристики															
11	Питома вартість втрат, грн/кВт										Bo=	15874,15				
12	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень										Ee=	0,1				
13	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію										Ea=	0,036				
14																
15	*	St, кВА	dPкз, кВт	dPxx, кВт	Ктп, тис. грн.	E*K, тис. грн.	dPзм, кВт	dPнс, кВт	dP, кВт	Вв, тис. грн.	З, тис. грн.	*	X	обм. 1	обм. 2	
16		63	1,28	0,24	192	26,112	1682,01	0,48	1682,49	26708,11	---		---	---	---	
17		100	1,97	0,33	238	32,368	1027,462	0,66	1028,122	16320,57	---		---	---	---	
18		160	3,1	0,51	272,6	37,0736	631,5699	1,02	632,5899	10041,83	---		---	---	---	
19		250	4,2	0,74	345,1	46,9336	350,4846	1,48	351,9646	5587,141	---		---	---	---	
20		400	5,9	0,95	455,4	61,9344	192,3232	1,9	194,2232	3083,129	---		---	---	---	
21		630	8,5	1,31	584,3	79,4648	111,696	2,62	114,316	1814,669	---		---	---	---	
22		1000	10,5	2,1	859,04	116,8294	54,76323	4,2	58,96323	935,9913	---		---	---	---	
23		1600	18	2,8	1263,8	171,8768	36,6718	5,6	42,2718	671,0291	---		---	+	---	
24	V	2500	23,5	3,85	1370,2	186,3472	19,61045	7,7	27,31045	433,5303	619,8775	V	+	+	+	
25										Змін=	619,8775					
26										Опт. Пот. Трансформатора	St*=	2500				

Рисунок 2.9 – Автоматизований вибір потужності ТП 3 ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод»

Як видно з розрахунків для ТП1 оптимальною є потужність трансформаторів 2500 кВА, а приведені затрати 792,95 тис.грн. Для ТП2 оптимальною є потужність трансформаторів 2500 кВА, а приведені затрати 452,84 тис.грн. Для ТП3 оптимальною є потужність трансформаторів 2500 кВА, а приведені затрати 619,87 тис.грн.

По зовнішній лінії живлення заводу протікатиме не тільки потужність навантаження, а ще й потужність втрат у трансформаторах ЦТП.

Розрахунок втрат активної та реактивної потужності у цехових ТП подано на рис. 2.10.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	№ ТП	Sном_т, кВА	kt	dPxx, кВт	dPкз, кВт	Ixx, %	Uк, %	Pp, кВт	Qp, кВАр	Sp, кВА	dPтр, кВт	dQтр, кВАр	dСтр, кВА	P, кВт	Q, кВАр	R, Ом
2	1	2500	2	3,85	23,5	1	6,5	2977,078	2714,286	4028,69	38,21305	260,9945	263,7771	3015,291	2975,281	0,376
3	2	2500	2	3,85	23,5	1	6,5	1636,245	1468,59	2198,649	16,78802	112,8427	114,0847	1653,033	1581,433	0,376
4	3	2500	2	3,85	23,5	1	6,5	2427,831	2129,96	3229,72	27,31045	185,6042	187,6027	2455,141	2315,564	0,376
5	Всього							6694,204	5999,646		82,31152	559,4414	565,4642	6776,516	6559,087	

Рисунок 2.10 – Таблична форма автоматизованого визначення втрат потужності у цехових ТП ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод»

## 2.4 Визначення оптимальних перерізів ліній живлення заводу

Щоб заживити ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод» потрібно обрати оптимальний переріз зовнішньої лінії живлення, що заживить ЦРП від підстанції [7-11].

Математична модель вибору оптимального перерізу повітряної лінії ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод» має вигляд:

$$\left\{ \begin{array}{l} Z(x) = B_{\pi}(x) + B_{\epsilon}(x). \\ B_{\pi}(x) = (E_{\epsilon} + E_a) \cdot K_0(x, k_L) \cdot L. \\ B_{\epsilon}(x) = 3 \cdot I_{\pi}^2 \cdot r_0(x) \cdot L \cdot k_L \cdot B_0; \quad B_0 = t \cdot \tau. \\ Z(x) = \left[ (E_{\epsilon} + E_a) \cdot K_0(x, k_L) + 3 \cdot I_{\pi}^2 \cdot r_0(x) \cdot k_L \cdot t \cdot \tau \right] \cdot L \rightarrow \min_{x \in X}. \\ x \geq x_{\text{ндоп}} \equiv k_{\text{доп}} \cdot I_{\text{доп}}(x) \geq I_{\pi}; \quad k_{\text{доп}} = k_c \cdot k_{\pi}; \\ \text{Для ПЛ: } k_{\pi} = 1, \text{ тому } k_{\text{доп}} = k_c; \\ k_L > 1 \Rightarrow x \geq x_{\text{падоп}} \equiv k_{\text{па}} \cdot k_{\text{доп}} \cdot I_{\text{доп}}(x) \geq I_{\pi} \cdot k_L \cdot k_{\text{па}}; \\ \text{Для ПЛ: } k_{\text{па}} = 1, \text{ тому } k_{\text{доп}} \cdot I_{\text{доп}}(x) \geq I_{\pi} \cdot k_L \cdot k_{\text{па}}; \\ x \geq x_{\text{н}\Delta U} \equiv \Delta U_{\pi}(x) \leq \Delta U_{\text{доп}}; \\ k_L > 1 \Rightarrow x \geq x_{\text{па}\Delta U} \equiv \Delta U_{\text{па}}(x) \leq \Delta U_{\text{доп}}; \\ x \geq x_{\text{кз}} = \frac{I_{\text{кз}} \cdot \sqrt{t_n}}{C}; \\ x \geq x_{\text{кор}}, \text{ або } d(x) \geq d_{\text{кор}}; \\ x \geq x_{\text{мех}}; \\ x \in X. \end{array} \right.$$

де  $E_{\epsilon}$  – коефіцієнт ефективності капіталовкладень ПрАТ «МПМЗ»;

$E_a$  – коефіцієнт відрахувань на амортизацію ПрАТ «МПМЗ»;

$K_0(x, k_L)$  – питома вартість повітряної лінії залежно від її перерізу  $x$  й кількості ліній  $k_L$  ПрАТ «МПМЗ»;

$k_L$  – кількості ліній ПрАТ «МПМЗ»;

$L$  – довжина лінії ПрАТ «МПМЗ»;

$t$  – тариф на електроенергію ПрАТ «МПМЗ»;

$\tau$  – число годин максимальних втрат ПрАТ «МПМЗ»;

$I_{\text{Л}}$  – струм окремої лінії ПрАТ «МППЗ»;

$r_0(x)$  – питомий активний опір повітряної лінії перерізом  $x$  ПрАТ «МППЗ»;

$k_{\text{доп}} = k_{\text{с}}$  – коефіцієнт допустимого навантаження;

$k_{\text{па}}$  – коефіцієнт перевантаження повітряної лінії в післяаварійному режимі ПрАТ «МППЗ»;

$k_{\text{нпа}}$  – частка загального навантаження, яке повинно споживатись у післяаварійному режимі ПрАТ «МППЗ»;

$I_{\text{доп}}(x)$  – допустимий струм лінії живлення перерізом  $x$  для нормованих умов навколишнього середовища й прокладки ;

$\Delta U_{\text{н}}(x)$  – втрата напруги у лінії перерізом  $x$  в нормальному режимі роботи;

$\Delta U_{\text{доп}}$  – допустима втрата напруги ПрАТ «МППЗ»;

$\Delta U_{\text{па}}(x)$  – втрата напруги в повітряній лінії перерізом  $x$  в післяаварійному режимі роботи ПрАТ «МППЗ»;

$x_{\text{кз}}$  – мінімальний переріз повітряної лінії за умовою термічної дії струму короткого замикання ПрАТ «МППЗ»;

$I_{\text{кз}}$  – струм короткого замикання на початку повітряної лінії ПрАТ «МППЗ»;

$t_{\text{п}}$  – приведений час короткого замикання ПрАТ «МППЗ»;

$C$  – тепловий коефіцієнт ПрАТ «МППЗ»;

$x_{\text{кор}}, d_{\text{кор}}$  – мінімальний переріз (діаметр) повітряної лінії в якому не виникає загального коронування ПрАТ «МППЗ»;

$x_{\text{мех}}$  – мінімальний переріз лінії живлення за умовою механічної міцності;

$X$  – множина допустимо-доступних стандартних перерізів лінії живлення ПрАТ «МППЗ»;



Для зовнішньої лінії живлення ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод» на основі виконаного розрахунку доцільно вибрати повітряну лінію перерізом 300 мм<sup>2</sup>.

Розрахунок струму короткого замикання ПрАТ «МППМЗ» потрібен, щоб вибрати такі перерізи ліній живлення підприємства, що будуть витримувати короткочасну дію струмів КЗ, поки не спрацює автоматичний захист. Таблична форма для розрахунку струмів короткого замикання ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод» подана на рис. 2.13.

	A	B	C	D	E	F
1	Розрахунок струмів КЗ					
2						
3	Дані системи					
4	Напруга, кВ				U= 10	
5	Потужність коротко замикання, МВА			Sкз = 50		
6	Опір системи, Ом			Xс = 1,805		
7	Струм КЗ для ЗЛЖ, кА			Iкз = 3,359		
8						
9	Довжина ПЛ, км			L= 1,10078		
10	Переріз ПЛ, мм <sup>2</sup>			F= 300		
11	Активний опір ПЛ, Ом			Rл = 0,109		
12	Реактивний опір ПЛ, Ом			Xл = 0,338		
13	Результат					
14	Сумарний повний опір, Ом			Z= 2,146		
15	Струм КЗ для розподільчих ліній, кА			Iкз= 2,8249		

Рисунок 2.13 – Розрахунок струмів короткого замикання ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод»

Математична модель вибору оптимальних перерізів кабельних ліній ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод»:

$$\left\{ \begin{array}{l} 3(F) = \left[ (E_e + E_a) \cdot K_0(F) + 3 \cdot I_l^2 \cdot r_0(F) \cdot t \cdot \tau \right] \cdot L \cdot k_l \rightarrow \min_{F \in X} \\ k_{don} \cdot I_{don}(F) \geq I_l \\ k_{na} \cdot I_{don}(F) \geq I_l \cdot k_l \cdot k_{нна} \\ \Delta U_n(F) \leq \Delta U_{don} \\ \Delta U_{na}(F) \leq \Delta U_{don} \\ F \geq F_{кз} \\ F \in X \end{array} \right.$$

де  $K_0(F)$  – питома вартість кабельної лінії, яка залежить від перерізу й кількості ліній ПрАТ «МППМЗ»;

$I_l$  – струм однієї кабельної лінії ПрАТ «МППМЗ»;

$I_{don}(F)$  – допустимий струм кабельної лінії за ПУЕ по перерізу ПрАТ «МППМЗ» [1];

$K_{don}(F)$  – коефіцієнт допустимого навантаження ПрАТ «МППМЗ» [1];

$\Delta U_H(F)$  – втрати напруги в кабельній лінії в нормальному режимі роботи ПрАТ «МППМЗ»;

$\Delta U_{na}F$  – втрати напруги в кабельній лінії перерізом  $x$  у після аварійному режимі ПрАТ «МППМЗ»;

$\Delta U_{don}$  – допустимі втрати напруги ПрАТ «МППМЗ» [1];

$k_{доп}$  – коефіцієнт допустимого навантаження, де  $k_{доп} = k_{п} \cdot k_{с} \cdot k_{зр}$ ;

$I_{кз}$  – струм КЗ на початку КЛ ;

$t_n$  – приведений час к. з. (с)  $\approx 1,5$  секунд;

$C$  – тепловий коефіцієнт  $\frac{A \cdot \sqrt{c}}{мм^2}$  [6], для КЛ 10кВ  $C = 90 \frac{A \cdot \sqrt{c}}{мм^2}$ .

На рис. 2.14-2.16 представлені табличні форма для автоматизованого вибору оптимальних перерізів кабельних ліній від центрального розподільчого пункту (ЦРП) до трансформаторних підстанцій (ТП1, ТП2 і ТП3) ПрАТ «МППМЗ».

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S						
Початкові дані													Коефіцієнт серповишки		1									
Нормальний режим													Коефіцієнт прокладки		0,92									
Максимально доп. коефіцієнт навантаження в н. режимі							Kдоп=		0,966		ПУЕ 1.3.26		1,05											
Напруга, кВ							U=		10		kдоп=		0,966											
Довжина КЛ, км							l=		0,057															
Активна розрахункова потужність, кВт							P=		3015,3															
Реактивна потужність, квар							Q=		2975,3															
Розрахунковий струм окремого кабелю, А							In=		122,28															
Кількість кабелів							k=		2															
Допустима втрата напруги в КЛ, %							ΔUдоп =		5															
Аварійний режим																								
Струм КЗ на початку лінії, кА							Iкз =		2,8249															
Приведений час КЗ, с							tn =		1,5															
Тепловий коефіцієнт C, (A*c*(1/2)) мм²/2							C =		90															
Мінімальний переріз лінії за умовою КЗ, мм²/2							Fкз =		38,44															
Післяаварійний режим																								
Максимально допустимий коефіцієнт навантаження							Kпа =		1,25															
Доля навантаження в післяаварійному режимі							Kма =		0,8															
Допустима втрата напруги в КЛ, %							ΔUпадоп =		5															
Економічні характеристики																								
Питома вартість втрат							Вв =		15874,15															
Коефіцієнт ефективності капіталовкладень							Вк =		10,00%															
Коефіцієнт віпрохувань на амортизацію							Ва =		5,00%															
F, мм²/2	Ro, Ом/км	Xo, Ом/км	Iдоп, А	Ko, т. грн/км	dUn, %	dUпа, %	dP, кВт	K, т. грн.	Е*К, т. грн	Вв, т. грн	З, т. грн	Доп	Kдоп*Iдоп n >= Ip	Kпа*Iдоп >= Kма*Ip *Kл	ΔUn <= ΔUндоп	ΔUпа <= ΔUпадоп	F >= Fкз	V						
10	3,1	0,122	0	39,62	0,2744428	0,43911	15,72183	4,479090199	0,67186	249,571	---	НЕДОП	---	---	---	---	---	---						
16	1,94	0,113	75	62,06	0,1748301	0,27973	9,83882	7,015960065	1,05239	156,183	---	НЕДОП	---	---	---	---	---	---						
25	1,24	0,099	90	90,64	0,1139984	0,1824	6,28873	10,24696455	1,53704	99,8283	---	НЕДОП	---	---	---	---	---	---						
35	0,89	0,095	115	116,14	0,0838349	0,13414	4,513685	13,12977122	1,96947	71,6509	---	НЕДОП	---	---	---	---	---	---						
50	0,62	0,09	140	159,11	0,0604049	0,09665	3,144365	17,98758308	2,69814	49,9141	---	НЕДОП	---	---	---	---	---	---						
70	0,443	0,086	165	218,15	0,0449844	0,07198	2,2467	24,66212839	3,69932	35,6645	39,3638	ДОП	---	---	---	---	---	---						
95	0,326	0,083	205	288,4	0,0347614	0,05562	1,653327	32,60397813	4,8906	26,2452	31,1358	ДОП	---	---	---	---	---	---						
120	0,258	0,081	240	344,95	0,0287982	0,04608	1,308462	38,99702585	5,84955	20,7707	26,6203	ДОП	---	---	---	---	---	---						
150	0,206	0,079	275	427,78	0,0241985	0,03872	1,044741	48,36106021	7,25416	16,5844	23,8385	ДОП	---	---	---	---	---	---						
185	0,167	0,077	310	526,36	0,0207068	0,03313	0,84695	59,50565162	8,92585	13,4446	22,3705	ДОП	---	---	---	---	---	---						
240	0,129	0,075	355	675,74	0,0173002	0,02768	0,654251	76,39324612	11,459	10,3854	21,8443	ДОП	---	---	---	---	---	V						
Мінімальні затрати на КЛ1											21,8443													
Оптимальний переріз КЛ1											240													

Рисунок 2.14 – Автоматизований вибір оптимального перерізу кабельної

лінії від ЦРП до ТП1 ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод»

№	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1	Початкові дані															Коефіцієнт середовища	1		
2	Нормальний режим															Коефіцієнт прокладки	0,92		
3	Максимально доп. коефіцієнт навантаження в н. режимі															Кдоп=	0,966		
4	Напряг, кВ															U=	10		
5	Довжина КЛ, км															l=	0,034		
6	Активна розрахункова потужність, кВт															P=	1653		
7	Реактивна потужність, квар															Q=	1581		
8	Розрахунковий струм окремого кабелю, А															Iл=	66,04		
9	Кількість кабелів															k=	2		
10	Допустима втрата напруги в КЛ, %															ΔUдоп=	5		
11	Аварійний режим																		
12	Струм КЗ на початку лінії, кА															Iкз=	2,82		
13	Приведений час КЗ, с															тп=	1,5		
14	Тепловий коефіцієнт С, (А*с <sup>2</sup> /(2))мм <sup>2</sup>															C=	90		
15	Мінімальний переріз лінії за умовою КЗ, мм <sup>2</sup>															Fкз=	38,44		
16	Післяаварійний режим																		
17	Максимально допустимий коефіцієнт навантаження															Кма=	1,25		
18	Доля навантаження в післяаварійному режимі															Кмап=	0,8		
19	Допустима втрата напруги в КЛ, %															ΔUмадоп=	5		
20	Економічні характеристики																		
21	Питома вартість втрат															Во=	15874,15		
22	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень															Ее=	10,00%		
23	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію															Еа=	5,00%		
24	F, мм <sup>2</sup>	Ro, Ом/км	Xo, Ом/км	Iдоп, А	Ко, т. грн/км	dUm, %	dUma, %	dP, кВт	К, т. грн.	Е*К, т. грн	Вв, т. Грн	З, т. грн	Доп	Кдоп*Iдоп >= Ip	Кма*Кдоп оп*Iдоп >= Кмап*Ip *Кл	ΔUm <= ΔUмадоп	ΔUma <= ΔUмадоп	F >= Fкз	V
25	10	3,1	0,122	0	39,62	0,09166	0,14665	2,79650832	2,73175	0,40976	44,3922	---	НЕДОП	---	---	---	---	---	---
26	16	1,94	0,113	75	62,06	0,05836	0,09337	1,75007295	4,27896	0,64184	27,7809	---	НЕДОП	---	---	---	---	---	---
27	25	1,24	0,099	90	90,64	0,03803	0,06083	1,11860333	6,24952	0,93743	17,7569	---	НЕДОП	---	---	---	---	---	---
28	35	0,89	0,095	115	116,14	0,02795	0,04472	0,80286852	8,00771	1,20116	12,7449	---	НЕДОП	---	---	---	---	---	---
29	50	0,62	0,09	140	159,11	0,02012	0,03219	0,55930166	10,9704	1,64557	8,87844	10,524	ДОП	---	---	---	---	---	---
30	70	0,443	0,086	165	218,15	0,01497	0,02395	0,39963006	15,0412	2,25618	6,34379	8,59996	ДОП	---	---	---	---	---	---
31	95	0,326	0,083	205	288,4	0,01155	0,01848	0,29408442	19,8848	2,98272	4,66834	7,65106	ДОП	---	---	---	---	---	---
32	120	0,258	0,081	240	344,95	0,00956	0,0153	0,23274166	23,7839	3,56758	3,69458	7,26216	ДОП	---	---	---	---	---	---
33	150	0,206	0,079	275	427,78	0,00802	0,01284	0,18583249	29,4949	4,42423	2,94993	7,37417	ДОП	---	---	---	---	---	---
34	185	0,167	0,077	310	526,36	0,00686	0,01097	0,15065061	36,2919	5,44378	2,39145	7,83523	ДОП	---	---	---	---	---	---
35	240	0,129	0,075	355	675,74	0,00572	0,00915	0,11637083	46,5914	6,98872	1,84729	8,836	ДОП	---	---	---	---	---	V
36	Мінімальні затрати на КЛ1															7,26216			
37	Оптимальний переріз КЛ1															240			

Рисунок 2.15 – Автоматизований вибір оптимального перерізу кабельної лінії від ЦРП до ТП2 ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод»

№	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1	Початкові дані															Коефіцієнт середовища	1		
2	Нормальний режим															Коефіцієнт прокладки	0,92		
3	Максимально доп. коефіцієнт навантаження в н. режимі															Кдоп=	0,966		
4	Напряг, кВ															U=	10		
5	Довжина КЛ, км															l=	0,061		
6	Активна розрахункова потужність, кВт															P=	2455		
7	Реактивна потужність, квар															Q=	2316		
8	Розрахунковий струм окремого кабелю, А															Iл=	97,42		
9	Кількість кабелів															k=	2		
10	Допустима втрата напруги в КЛ, %															ΔUдоп=	5		
11	Аварійний режим																		
12	Струм КЗ на початку лінії, кА															Iкз=	2,82		
13	Приведений час КЗ, с															тп=	1,5		
14	Тепловий коефіцієнт С, (А*с <sup>2</sup> /(2))мм <sup>2</sup>															C=	90		
15	Мінімальний переріз лінії за умовою КЗ, мм <sup>2</sup>															Fкз=	38,44		
16	Післяаварійний режим																		
17	Максимально допустимий коефіцієнт навантаження															Кма=	1,25		
18	Доля навантаження в післяаварійному режимі															Кмап=	0,8		
19	Допустима втрата напруги в КЛ, %															ΔUмадоп=	5		
20	Економічні характеристики																		
21	Питома вартість втрат															Во=	15874,15		
22	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень															Ее=	10,00%		
23	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію															Еа=	5,00%		
24	F, мм <sup>2</sup>	Ro, Ом/км	Xo, Ом/км	Iдоп, А	Ко, т. грн/км	dUm, %	dUma, %	dP, кВт	К, т. грн.	Е*К, т. грн	Вв, т. Грн	З, т. грн	Доп	Кдоп*Iдоп >= Ip	Кма*Кдоп оп*Iдоп >= Кмап*Ip *Кл	ΔUm <= ΔUмадоп	ΔUma <= ΔUмадоп	F >= Fкз	V
25	10	3,1	0,122	0	39,62	0,24262	0,3882	10,8525698	4,87123	0,73068	172,275	---	НЕДОП	---	---	---	---	---	---
26	16	1,94	0,113	75	62,06	0,15444	0,24711	6,7916082	7,6302	1,14453	107,811	---	НЕДОП	---	---	---	---	---	---
27	25	1,24	0,099	90	90,64	0,10062	0,16099	4,34102792	11,14408	1,67161	68,9101	---	НЕДОП	---	---	---	---	---	---
28	35	0,89	0,095	115	116,14	0,07392	0,11828	3,11573778	14,27927	2,14189	49,4597	---	НЕДОП	---	---	---	---	---	---
29	50	0,62	0,09	140	159,11	0,05319	0,08511	2,17051396	19,56238	2,93436	34,4551	37,3894	ДОП	---	---	---	---	---	---
30	70	0,443	0,086	165	218,15	0,03955	0,06328	1,55086723	26,82127	4,02319	24,6187	28,6419	ДОП	---	---	---	---	---	---
31	95	0,326	0,083	205	288,4	0,03051	0,04881	1,14127024	35,45842	5,31876	18,1167	23,4355	ДОП	---	---	---	---	---	---
32	120	0,258	0,081	240	344,95	0,02523	0,04038	0,90321387	42,41117	6,36168	14,3378	20,6994	ДОП	---	---	---	---	---	---
33	150	0,206	0,079	275	427,78	0,02117	0,03387	0,72117077	52,59502	7,88925	11,448	19,3372	ДОП	---	---	---	---	---	---
34	185	0,167	0,077	310	526,36	0,01808	0,02893	0,58463844	64,71531	9,7073	9,28064	18,9879	ДОП	---	---	---	---	---	---
35	240	0,129	0,075	355	675,74	0,01507	0,02412	0,45160694	83,08139	12,4622	7,16888	19,6311	ДОП	---	---	---	---	---	V
36	Мінімальні затрати на КЛ1															18,9879			
37	Оптимальний переріз КЛ1															240			

Рисунок 2.16 – Автоматизований вибір оптимального перерізу кабельної лінії від ЦРП до ТП3 ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод»

На основі виконаних розрахунків від ЦРП до ТП1, ТП2 і ТП3 доцільно обрати кабелі перерізом 240 мм<sup>2</sup>.



## 2.5 Оптимізація вибору місця розташування центрального розподільчого пункту заводу

На території ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод» для підводу живлення до всіх ТП необхідно встановити центральний розподільчий пункт (ЦРП). На генеральному плані ПрАТ «МПМЗ» необхідно знайти, за критерієм мінімуму затрат у систему електропостачання, оптимальні координати розміщення ЦРП, виходячи із того, що ЦРП можна встановити у довільному місці на території підприємства, яке не зайняте будівлями, спорудами, дорогою [7-11].

Для вибору оптимального місця розташування ЦРП потрібно визначити центр мережі, який являє собою координати на генеральному плані підприємства, що забезпечать розташування джерела живлення із мінімальними сумарними річними приведеними затратами у систему електропостачання.

Математична модель вибору оптимального місця розташування ЦРП на території ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод»:

$$\left. \begin{array}{l} Z(x_0, y_0) = \left[ (E_e + E_{сжс}) \cdot (a_{жс} + K_0(F_{жс})) + 3 \cdot I_{жс}^2 \cdot r_0(F_{жс}) \cdot k_{жс} \cdot B_0 \right] \cdot \rho((x_0, y_0), (x_{жс}, y_{жс})) + \\ \sum_{i=1}^n \left[ (E_e + E_a) \cdot (a + K_0(F_i) \cdot k_i) + 3 \cdot I_i^2 \cdot r_0(F_i) \cdot k_i \cdot B_0 \right] \cdot \rho((x_0, y_0), (x_{жс}, y_{жс})) \rightarrow \min_{x_0, y_0}; \\ \min_{i=1}^n(x_i) \leq x_0 \leq \max_{i=1}^n(x_i); \\ \min_{i=1}^n(y_i) \leq y_0 \leq \max_{i=1}^n(y_i). \end{array} \right\}$$

де  $Z(x_0, y_0)$  – річні приведені затрати ПрАТ «МПМЗ»;

$E_a$  – коефіцієнт відрахувань на амортизацію ПрАТ «МПМЗ»;

$E_e$  – коефіцієнт ефективності капіталовкладень ПрАТ «МПМЗ»;

$F_i$  – переріз  $i$ -тої лінії ПрАТ «МПМЗ»;

$F_{жс}$  – переріз живлячої лінії ПрАТ «МПМЗ»;

$B_0$  – питома вартість втрат активної потужності в лінії ПрАТ «МПМЗ»;

- $k_l$  – кількість проводів живлячої лінії ПрАТ «МППМЗ»;
- $K_0(F_i)$  – питома вартість лінії перерізом  $F_i$  ПрАТ «МППМЗ»;
- $I_i$  – струм окремої лінії від ЦМ до  $i$ -тої ЦТП ПрАТ «МППМЗ»;
- $r_0(F_i)$  – питомий опір лінії перерізом  $F_i$  ПрАТ «МППМЗ»;
- $a_{жс}$  – складова питомої вартості живлячої лінії на 1 км, яка не залежить від перерізу;
- $a$  – складова питомої вартості лінії на 1 км, яка не залежить від перерізу;
- $I_{жс}$  – струм живлячої лінії ПрАТ «МППМЗ»;
- $k_i$  – кількість кабелів від ЦРП до  $i$ -тої ЦТП ПрАТ «МППМЗ»;
- $n$  – кількість ЦТП ПрАТ «МППМЗ»;
- $x_0, y_0$  – координати ЦМ ПрАТ «МППМЗ»;
- $x_i, y_i$  – координати  $i$ -тої ЦТП ПрАТ «МППМЗ»;
- $x_{жс}, y_{жс}$  – координати точки підведення зовнішньої лінії живлення ПрАТ «МППМЗ»

Таблична форма на листі Excel для автоматизованого визначення оптимальних координат центру мережі і розміщення ЦРП на території ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод» за мінімумом річних приведених затрат подана на рис. 2.17.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Технічні характеристики мережі											
2	Напруга зовнішньої лінії живлення, кВ									Uж=	10	
3	Метрика зовнішньої лінії (Е чи НЕ)									МетрикаЖ =	Е	
4	Метрика розподільної мережі (Е чи НЕ)									МетрикаР =	НЕ	
5												
6	Економічні характеристики мережі											
7	Питомі втрати, які не залежать від перерізу КЛ 10кВ, тис.грн/км									a=	7	
8	Питомі втрати, які не залежать від перерізу зовнішньої ПЛ тис.грн/км									аж=	10	
9	Питома вартість втрат, грн/кВт									Во=	15874,15	
10	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень									Ев=	0,1	
11	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію									Еа=	4,00%	
12	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію живлячої лінії									Еаж=	3,00%	
13												
14												
15	Лінії живлення	X, м	Y, м	F, мм <sup>2</sup>	k	P, кВт	Q, кВт	I, А	R <sub>0</sub> , Ом/км	K <sub>0</sub> , т.грн/км	L, м	З, тис. грн
16	ЖЛ	100	5	300	2	6776,52	6559,09	272,25	0,099	114,82	40,98	29,307
17	ТП1	51	56	240	2	3015,29	2975,28	122,28	0,129	675,74	68,92	25,770
18	ТП2	132	45	240	2	1653,03	1581,43	66,04	0,129	675,74	23,08	5,626
19	ТП3	116	85	240	2	2455,14	2315,56	97,42	0,129	675,74	47,08	14,444
20	Сумарні річні приведені затрати в мережу, тис.грн.											75,148
21	Координати ЦЕМ, м							X <sub>0</sub> =	109	Y <sub>0</sub> =	45	
22												

Рисунок 2.17 – Визначення оптимальних координат центру мережі і розміщення ЦРП на території ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод»

Отже, розрахунок оптимального місця розташування центру мережі на території ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод» показав, що  $x=109$  м і  $y=45$  м – це координати у яких встановлення ЦРП забезпечить мінімальні річні приведені витрати (75,148 тис. грн).

Генеральний план ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод» із розміщенням ЦРП та ТП подано на рис. 2.18.

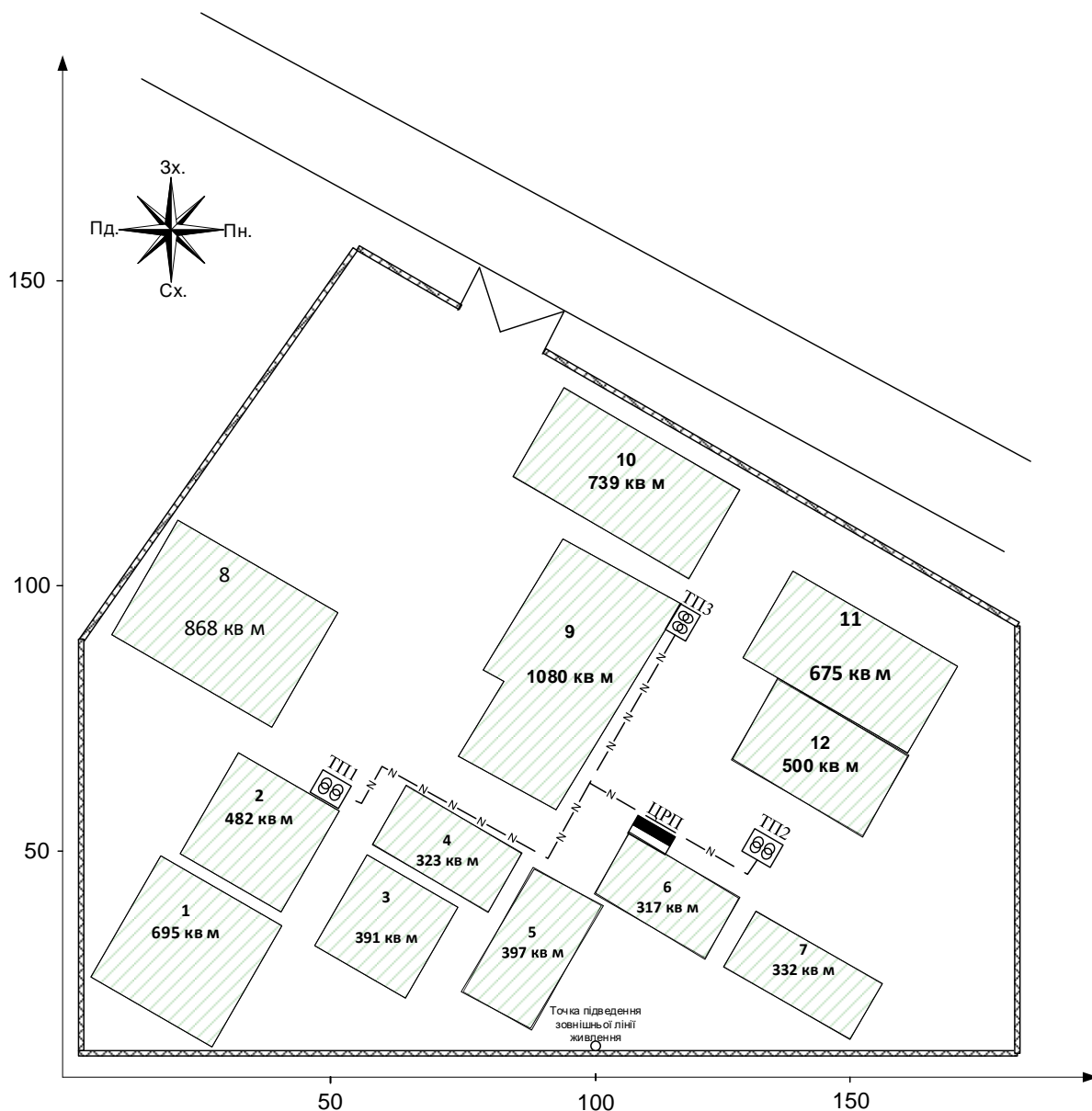


Рисунок 2.18 – Генплан ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод» із розташуванням ЦРП та ЦТП

## 2.6 Вибір оптимальних елементів схеми електропостачання заводу

Вибираємо радіальну схему електропостачання ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод» напругою 10 кВ.

Високовольтні вимикачі для СЕП оберемо за розрахунковим струмом та номінальною напругою з врахуванням післяаварійних режимів та можливих нерівномірностей при розподілі струмів між лініями та секціями шин.

На стороні 10 кВ оберемо вакуумні вимикачі ВВ/TEL-10-20/630-У2-46. Номінальний струм вимикачів  $I_{НОМ.В} = 630 \text{ А} > I_{М.ав}$ . Власний час відключення вимикача 0,025 с.

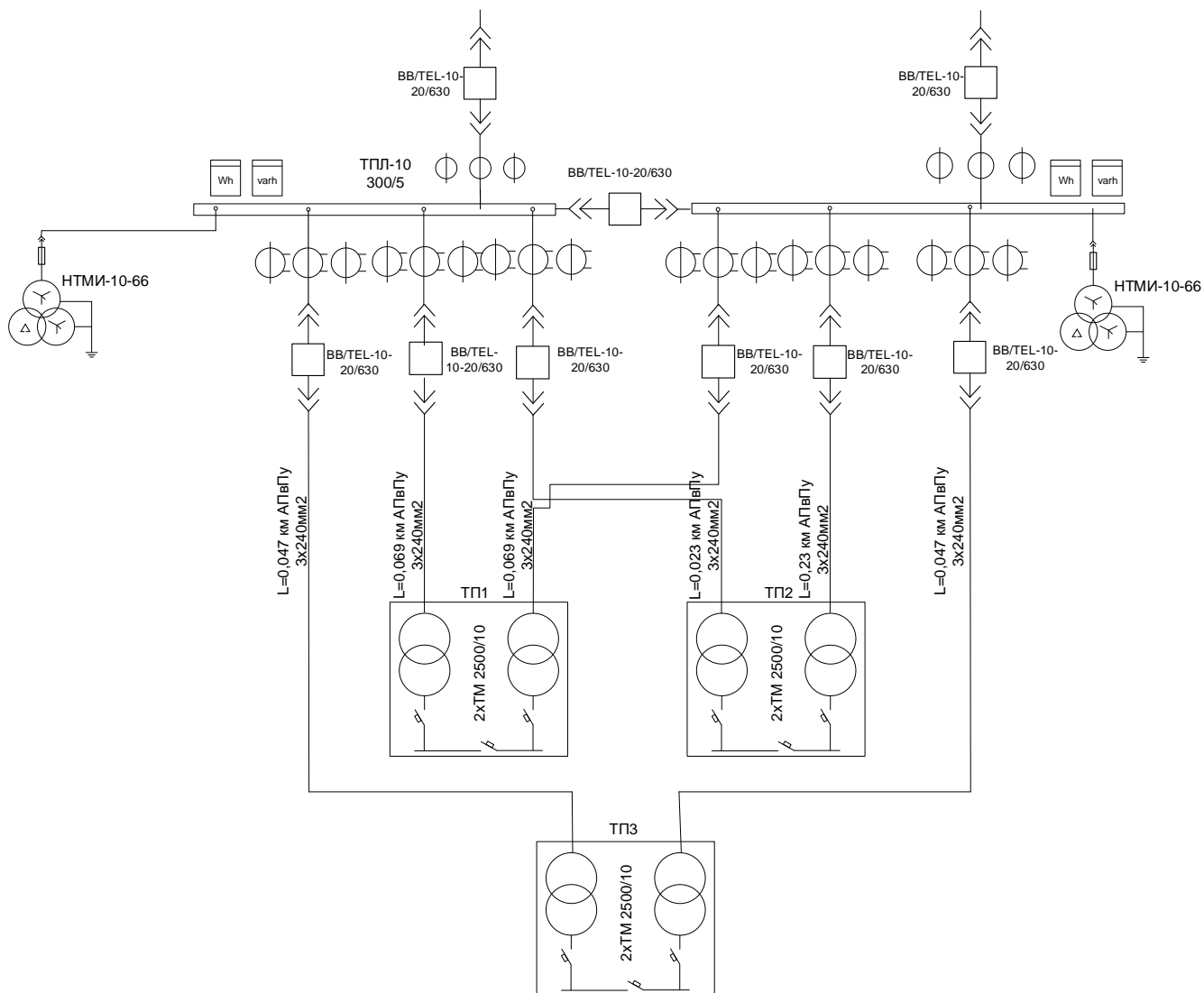


Рисунок 2.19 – Однолінійна схема внутрішньозаводського електропостачання ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод»

## 2.7 Висновки до розділу 2

У даному розділі магістерської кваліфікаційної роботи виконано аналіз та оптимізацію системи електропостачання ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод». Для цього було:

- обрано оптимальну кількість і потужність трансформаторних підстанцій для ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод», а саме

запропоновано встановити три двотрансформаторних підстанції з трансформаторами ТМ 2500/10;

- обрано оптимальні перерізи і марки ліній живлення ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод». Підприємство буде оптимально заживити від підстанції повітряною лінією АС 300 мм<sup>2</sup> 10 кВ. Оптимальний переріз кабельних ліній ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод» краще виконати АПвПу 3х240мм<sup>2</sup> 10 кВ;

- здійснено розрахунок оптимального місця розташування центру мережі та центрального розподільчого пункту ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод».  $x=109$  м;  $y=45$  м – координати у яких встановлення ЦРП забезпечить мінімальні річні приведені затрати 75,148 тис. грн;

- обрано оптимальну схему внутрішньозаводського електропостачання ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод».

Отже, розроблена СЕП ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод» за рахунок прийнятих оптимальних рішень і інновації стала більш енергоефективною, а це дозволить суттєво покращити економічні й технічні характеристики функціонування системи електропостачання заводу.

### **3 ПРОВЕДЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО АУДИТУ ПРАТ «МОГИЛІВ-ПОДІЛЬСЬКИЙ МАШИНОБУДІВНИЙ ЗАВОД»**

Згідно з Законом України «Про енергозбереження» енергетичний аудит являє собою визначення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) і розроблення рекомендацій щодо поліпшення енергоефективності.

Енергоаудит проводиться із метою встановлення ефективності використання енергоресурсів та розроблення економічно обґрунтованих заходів по зниженню обсягів їх споживання. Можна сказати, що головною метою енергоаудиту є визначення способів підвищення енергоефективності.

Саме проведення енергоаудиту дає можливість з'ясувати наскільки ефективно на підприємстві відбувається споживання ПЕР і також визначити із якої і де причини мають місце понаднормові втрати енергії. Фахівець з аудиту, на основі визначених проблем, може розробити відповідні енергозберігаючі заходи, програми й рекомендації, що необхідно запровадити для підвищення енергоефективності і зниження втрат енергії на підприємстві. Обов'язково вказується у якій пріоритетності потрібно впроваджувати енергоефективні заходи на підприємстві [12-19].

#### **3.1 Збір інформації про об'єкт енергетичного аудиту ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод»**

##### **3.1.1 Попереднє отримання інформації про об'єкт енергетичного аудиту**

Об'єктом енергетичного аудиту є ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод».

Мета енергетичного обстеження: винайдення джерел економії ПЕР.

Після проведеного попереднього обстеження ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод» отримано наступні дані.

1. Галузь промисловості, у якій працює підприємство

ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод» відноситься до

машинобудівної промисловості й є виробником обладнання різної продуктивності, а саме: комбікормовий, зернопереробний, борошномельний й елеваторний, та є одним з найпотужніших підприємств в своїй діяльності в Україні.

2. Юридична адреса ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод» та контактна інформація

вул. Вокзальна, 4/67,

м. Могилів-Подільський,

Вінницька обл.,

Україна, 24000,

т. (+380433762399)

3. Форма власності підприємства

Підприємство є приватною власністю.

4. Короткий опис ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод». Завод у своєму складі має ливарний цех, механічний цех, ковальський цех, механоскладальні цехи, складальний цех.

Завод має конструкторське бюро, відділ головного технолога, лабораторно-аналітичний центр.

Система електропостачання ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод».

До системи електропостачання належать лінії електропередач, три двотрансформаторні цехові підстанції, з трансформаторами ТМ-2500/10. Система компенсації реактивної потужності й контроль за використанням встановленої потужності відсутні.

До споживачів електроенергії ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод» належать 12 об'єктів, серед яких виробничі та адміністративні будівлі. План розташування споруд підприємства зображено на рис. 1.1 (розділ 1), а значення встановлених потужностей об'єктів електроспоживання ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод» наведено у табл. 1.1 (розділ 1).



ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод» живиться від підстанції п/ст. «Промислова» повітряною лінією електропередач довжиною 1 км.

Виходячи з показів вимірювальних приладів, аналіз найбільш завантажених змін показав, що найбільші з середніх півгодинних активна й реактивна потужності підприємства складають, відповідно  $P_{\text{макс}} = 6800$  кВт,  $Q_{\text{макс}} = 5000$  квар.

У табл. 3.1 наведено опис основних об'єктів електроспоживання ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод».

Таблиця 3.1 – Електроприймачі ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод»

№	Найменування об'єкта	Найменування електроприймачів
1	Ливарний цех	Електроприводи, освітлення, станки, верстати, кран-балка
2	Механічний цех	Електроприводи, освітлення, станки, верстати, кран-балка
3	Насосна станція	Електроприводи, освітлення, станки, верстати, насоси, вентилятори
4	Блок допом.служб.	Освітлення, сигналізація, побутова техніка, офісна техніка
5	Адмінкорпус	Побутова техніка, офісна техніка, освітлення, сигналізація, вентилятори
6	Побутовий корпус	Побутова техніка, офісна техніка, освітлення, електроплити, вентилятори, насоси
7	Їдальня	Освітлення, насоси, електроплити
8	Ковальський цех	Електроприводи, освітлення, станки, верстати, кран-балка
9	Механоскладальний цех №1	Освітлення, кран-балка, станки, верстати, насоси, вентилятори, електроприводи
10	Механоскладальний цех №2	Освітлення, кран-балка, станки, верстати, насоси, вентилятори, електроприводи
11	Механоскладальний цех №3	Освітлення, кран-балка, станки, верстати, насоси, вентилятори, електроприводи
12	Складальний цех	Освітлення, кран-балка, станки, верстати, насоси, вентилятори, електроприводи

Система теплопостачання (опалення) ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод».

Система теплопостачання на ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод» представляє собою котельню із котлами для

виробництва теплової енергії. Тепло віддається у цехи через конвективний теплообмін за допомогою секційних чавунних радіаторів опалення. Трубопроводи гарячого водопостачання виконані зі сталевих ізольованих труб. Термін їх служби 25 років.

Система освітлення ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод».

Система освітлення ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод» не виробничих приміщень характеризується значною кількістю ламп розжарювання. У промислових та складських приміщеннях використовуються люмінесцентні лампи, лампи розжарювання й світлодіодні лампи.

Система водопостачання ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод».

Вода подається на ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод» від міської водопровідної мережі. Облік води здійснюється з допомогою лічильника.

Система постачання стисненого повітря ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод».

Представлена 10 компресорними установками, потужністю 15 – 30 кВт.

Система вентиляції, підігріву повітря та кондиціонування ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод».

Представлена вентиляційними установками та кондиціонерами загальною кількістю 25 шт., потужністю від 1,5 до 15 кВт.

5. Режим роботи ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод».

Підприємство працює в дві зміни з 7.00 до 22.00. Кількість робочих днів в рік – 250.

6. Номенклатура та об'єми виробництва продукції ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод».

Обсяги виробництва основної продукції наведені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Обсяги виробництва продукції

Найменування продукції	Вартість, кількість	Обсяги виробництва		
		2020 р.	2021 р.	2022 р.
Штамповані деталі	млн. грн.	1500	2050	3150
	тонн	40155	41970	45620
Литі деталі	млн. грн.	1270	1910	2205
	тонн	36550	38320	40155
Інші типи	млн. грн.	1165	1550	2370
	тонн	29250	31020	36550

7. Фінансовий стан ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод».

Підприємство не має заборгованості за енергоносії та зарплати. Завоє є прибутковим і потійно збільшує свій дохід.

8. Кількість працівників ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод». Середньоспискова чисельність працівників – 550 осіб.

9. Споживання ПЕР ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод». На ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод» використовуються вода, електроенергія та природний газ. Інформація про використання вказаних ПЕР подано в табл. 3.3 та 3.4.

Таблиця 3.3 – Загальне споживання енергоносіїв заводом та їх вартість

Енергоносії	Річне споживання	Річні витрати, грн.
Активна електроенергія	13468394 кВт·год.	60607773
Реактивна електроенергія	1190100 квар·год.	178515
Природний газ	4404105 м <sup>3</sup>	3505667
Вода	135350 м <sup>3</sup>	2130409

Таблиця 3.4 – Щомісячне споживання електроенергії та природного газу заводом

Місяць	Споживання активної електроенергії, кВт·год.	Споживання реактивної електроенергії, квар·год.	Споживання газу, м <sup>3</sup>
Січень	1008570	111600	332600
Лютий	931300	98200	318897
Березень	1132760	93200	388417
Квітень	1110100	69400	359756
Травень	1199000	97800	400326
Червень	1153682	108200	384104
Липень	1238632	117400	378395
Серпень	1238632	120000	376417
Вересень	1065480	64200	387595
Жовтень	1203652	105600	354862
Листопад	1058000	98500	328461
Грудень	1128586	106000	394275
Разом	13468394	1190100	4404105

10. Система тарифів на енергоносії для ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод».

Завод сплачує за природний газ за ціною 7960 грн./1000 м<sup>3</sup>.

Тариф на активну електроенергію складає 5,5 грн./кВт·год.

Тариф на водопостачання – 15,74 грн./м<sup>3</sup>.

Тариф на водовідведення – 7,99 грн./м<sup>3</sup>.

На заводі реалізовано облік перетоків реактивної електроенергії між енергопостачальною організацією (енергокомпанією) і споживачем. Розрахунок за реактивну електроенергію встановлюється відповідно до методики розрахунків плати за перетоки реактивної електроенергії між енергокомпанією і її споживачами.

11. Наявність і характеристика на ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод» систем обліку та контролю енергоспоживання.

Система АСКОЕ представлена електронним багатофункціональним лічильником електричної енергії АСЕ 6000, що приєднаний через трансформатори напруги й струму до шин ЦРП підприємства із напругою 10 кВ. Для здійснення комерційного обліку аналогічні лічильники приєднані до шин РП високої напруги трьох двохтрансформаторних ТП.

12. Інформація про енергетичні аудити, що були проведені раніше на ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод».

13. Енергетичні аудити на ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод» раніше не проводились.

3.1.2 Аналіз попередньо отриманої інформації про об'єкт енергетичного аудиту

Аналіз корисності інформації для проведення енергетичного аудиту.

1. На підприємстві виготовляється декілька основних видів деталей. Ще існує близько десятка видів виробів, які виконують під замовлення, що дозволяє, знаючи їх кількість, розрахувати норми використання ПЕР та порівняти із аналогічними нормами на інших заводах, таким чином визначити можливість покращення норм після реалізації енергоощадних заходів.

2. Підприємство платить за електроенергію по одноставковому тарифу. Отримана в ході аудиту інформація дозволяє визначити ефективність корегування добового графіка навантаження заводу, таким чином визначити ефективність переходу на інші види тарифів.

3. Системи обліку й контролю електроспоживання характеризуються лише лічильниками активної і реактивної енергії на вводі ЦРП підприємства. Лічильники для технічного обліку відсутні. Отже, є можливість дослідження доцільності упровадження додаткових засобів контролю й обліку енергоносіїв для контролю за виконанням норм використання ПЕР й для виявлення об'єктів з неефективним використанням ПЕР. Упровадження таких засобів зумовить перевірку необхідності впровадження системи енергетичного менеджменту (САМ) на підприємстві, яка зараз на заводі відсутня. Відсутність контролю за ефективністю використання встановлених потужностей обладнання показує необхідність перевірки доцільності упровадження приладового контролю із метою досягнення економії ПЕР на заводі.

4. Аналіз систем з використанням ПЕР.

На ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод» можна виділити такі основні системи (від найбільш енергоємних до найменш): електропостачання, опалення, освітлення.

Поділ систем на підсистеми із можливими заходами енергозбереження.

Система електропостачання:

- Підсистема вироблення енергії: трансформатор (можливе зниження втрат електроенергії з використанням КРП).
- Підсистема розподілу, перетворення та передачі енергії: лінії електропередач (можливе зниження втрат у лініях після КРП).
- Підсистема навантаження: електроприводи (можливе зниження споживання реактивної енергії після КРП, визначення коефіцієнтів завантаження й оптимізація завантаження електроприводів).

Система опалення

- Підсистема вироблення енергії: котел (можливе використання частотних перетворювачів для живлення циркуляційних насосів, утилізація тепла димових газів).
- Підсистема розподілу, перетворення й передачі енергії: трубопроводи (можлива термоізоляція трубопроводів).
- Підсистема навантаження: радіатори (можлива перевірка ефективності заміни водяної системи опалення приміщень на інші системи).

Система освітлення

- Підсистема розподілу, перетворення та передачі енергії: лінії (можливий рівномірний розподіл світильників між фазами).
- Підсистема навантаження: світильники із лампами розжарювання, дуговими ртутними та люмінесцентними лампами (можливість реалізації систем освітлення із іншими типами ламп).

Рекомендовані заходи з енергозбереження:

В результаті з аналізу попередньої інформації ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод» запропоновано перевірити ефективність застосування енергозберігаючих заходів:

1. Упровадження установок КРП.

2. Заміни ртутних ламп на світлодіодні, ламп розжарювання на люмінесцентні.

3. Заміни системи водяного опалення у цехах із великими площами та невеликою кількістю персоналу на систему інфрачервоного опалення.

4. Установлення частотних перетворювачів напруги для електропостачання двигунів насосів котельні.

Попередній аналіз запропонованих енергозберігаючих заходів.

1. Завод споживає реактивну енергію  $W_p = 1190100$  квар·год., за яку сплачує  $C = 178515,00$  грн. Доцільно установити компенсвальну установку. Орієнтовна вартість установки КРП, із врахуванням витрат на введення у експлуатацію, складає  $B_{KV} = 105$  тис. грн. Термін окупності установки КРП:

$$T = \frac{B_{KV}}{C} = \frac{105000}{178515} = 0,58 \text{ року.}$$

Ну і оскільки облік електроенергії відбувається із сторони високої напруги на ЦРП й при використанні КРП знижується не тільки плата за спожиту реактивну енергію, а й також за втрати активної енергії у лініях й трансформаторах, то термін окупності установки КРП буде ще нижчим.

Отже, компенсація реактивної потужності на заводі є актуальною й є доцільним проведення її більш точного техніко-економічного обґрунтування.

2. Замість ламп розжарювання ефективно використовувати люмінесцентні лампи. Це результати опитування експертів та багатьох техніко-економічних розрахунків. Для заводу необхідно провести техніко-економічне обґрунтування системи освітлення. Доцільно провести перевірку ефективності заміни ламп розжарення у адміністративному корпусі на люмінесцентні. Необхідно провести перевірку ефективності заміни ДРЛ на більш економічні лампи – натрієві.

3. У цехах площа обігривається неефективно системою водяного опалення. Експерти вказують на доцільність встановлювати системи локального обігріву

у цехах з великими площами та невеликою кількістю персоналу. Це можуть бути інфрачервоні обігрівачі.

4. Дослідження показують, що у порівнянні із використанням засувки, використання частотних перетворювачів для регулювання швидкості електроприводів насосів систем опалення веде до значної економії електроенергії (приблизно 10-30%).

Попередній звіт з енергоаудиту ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод».

Під час попередньої перевірки на ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод» було встановлено, що завод активно працює та має постійні надійні ринки збуту продукції. Цехи заводу споживають електричну енергію, газ та воду. Найпотужнішими споживачами є асинхронні двигуни та освітлювальні установки.

Асинхронні двигуни, на заводі, є споживачами значної кількості активної й реактивної потужності. Актуальною є перевірка ефективності установа засобів КРП. Результати попередніх розрахунків показали, що із впровадження системи КРП завод щороку буде економити приблизно 178515 грн., а компенсаційні установки окупляться до 1 року.

Велику питому потужність на заводі має система освітлення. У багатьох виробничих приміщеннях використовуються лампи розжарювання. Рекомендовано замінити лампи розжарювання на більш сучасні. Отримані переваги: суттєве зменшення витрат за спожиту електроенергію системою освітлення; підвищення продуктивності праці. Актуальною задачею ще є перевірка ефективності заміни ртутних ламп, на натрієві, які є більш економічні, через більшу світловіддачу.

Рекомендацією з енергозбереження є модернізація водяної системи опалення цехів заводу із великими площами й невеликою кількістю персоналу. На даний момент стіни цехів не утеплені й багато теплової енергії використовується на марний обігрів зовнішнього простору заводу через низьку теплоізоляцію. Також у цехах є значні площі, у яких не працюють люди, а це вказує на неефективне використання теплової енергії. Пропонується



використовувати ефективніші у таких випадках системи інфрачервоного опалення.

Система теплопостачання містить електроприводи насосів, регулювання продуктивності яких відбувається з допомогою засувки. В такому випадку ефективніше буде регулювання за допомогою частотних перетворювачів, що здійснюють плавне та економне регулювання швидкості двигунів, а саме приводів насосів. При цьому економія електроенергії буде до 30%.

Отже, на ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод» є доцільним енергоаудит із метою визначення ефективності вказаних заходів з енергозбереження. Під час енергетичного аудиту може бути запропоновано ряд додаткових заходів, які можуть бути реалізовані найближчим часом, чи заплановані на майбутнє.

На ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод» в ході проведення енергоаудиту досліджуватись будуть:

- система електропостачання
  - використання активної й реактивної потужностей об'єктами заводу;
- системи водопостачання і опалення приміщень
  - використання теплової енергії і газу;
  - використання води;
  - використання електроенергії;
- система освітлення
  - використання електроенергії (для живлення освітлювальних установок виробничих приміщень й зовнішнього освітлення).

Методика проведення енергоаудиту:

1. Отримання додаткової інформації, яка необхідна для визначення ефективності компенсації реактивної потужності на заводі.

2. Отримання додаткової інформації, яка необхідна для визначення ефективності встановлення інфрачервоних обігрівачів на заводі.

3.Отримання додаткової інформації, яка необхідна для визначення ефективності заміни ламп розжарювання й розрядних ламп на більш енергоощадні на заводі.

4.Вимірювання споживання ПЕР кожним із цехів для побудови балансів та визначення норм споживання ПЕР на заводі.

5.Вирішення задачі вибору оптимальних потужностей конденсаторних установок на заводі.

6.Вирішення задачі перевірки ефективності функціонування удосконаленої системи опалення на заводі.

7.Вирішення задачі перевірки ефективності функціонування удосконаленої системи освітлення на заводі.

3.1.3 Отримання додаткової інформації про використання ПЕР на підприємстві ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод»

1. Інформація, яка необхідна для перевірки ефективності вибору системи КРП на заводі.

Середні потужності цехів які отримані на основі аналізу їх роботи подані у табл. 3.5.

У табл. 3.5 вказано величини:

$W_a$ ,  $W_p$  – обсяг спожитої за рік відповідно активної й реактивної електроенергії;

$P_c$ ,  $Q_c$  – середні активна й реактивна потужності об'єктів підприємства за рік:

$$P_c = \frac{W_a}{T_p}, \text{ кВт}; Q_c = \frac{W_p}{T_p}, \text{ квар},$$

де  $T_p$  – час роботи підприємства за рік (8760 год.).

Таблиця 3.5 – Середні потужності і річний обсяг спожитих активної й реактивної енергій цехами підприємства

№	Найменування об'єкта	$P_c$ , кВт	$W_a$ , тис. кВт·год.	$Q_c$ , квар	$W_p$ , тис. квар·год.
1	Ливарний цех	1100	9636000	330	2890800
2	Механічний цех	400	3504000	120	1051200
3	Насосна станція	800	7008000	240	2102400
4	Блок допом. служб.	400	3504000	120	1051200
5	Адмінкорпус	250	2190000	75	657000
6	Побутовий корпус	450	3942000	135	1182600
7	Їдальня	400	3504000	120	1051200
8	Ковальський цех	1500	13140000	450	3942000
9	Механоскладальний цех №1	5000	43800000	1500	13140000
10	Механоскладальний цех №2	3000	26280000	900	7884000
11	Механоскладальний цех №3	2500	21900000	750	6570000
12	Складальний цех	660	5781600	198	1734480

Параметри трансформаторів та існуючих ліній електропередачі у розділі 2 МКР.

2. Інформація, яка необхідна для перевірки ефективності вибору системи опалення і водопостачання на заводі

У табл. 3.6 наведено дані про обсяги річного споживання теплової енергії і води структурними підрозділами заводу, які отримані на основі показів відповідних лічильників. Проаналізувавши табл. 3.6 видно, що сумарні покази всіх лічильників води не дорівнюють показу лічильника води на вході заводу. Отже, необхідно здійснити перевірку точності роботи лічильників води заводу, а також оглянути водопровідні мережі підприємства на наявність неефективних витрат води.

Таблиця 3.6 – Річне споживання теплової енергії і води заводом

№	Найменування цеху	Теплова енергія, Гкал	Вода, м <sup>3</sup>
1	Ливарний цех	2364	9456
2	Механічний цех	1652	6608
3	Насосна станція	23341	93364
4	Блок допом.служб.	420	1680
5	Адмінкорпус	13493	53972
6	Побутовий корпус	6982	27928
7	Їдальня	5724	22896
8	Ковальський цех	10281	41124
9	Механоскладальний цех №1	4762	19048
10	Механоскладальний цех №2	9632	38528
11	Механоскладальний цех №3	34250	137000
12	Складальний цех	7146	28584
	Всього	120047	480188

### 3. Інформація, яка необхідна для перевірки ефективності вибору системи освітлення на заводі

Система зовнішнього освітлення на заводі складається із 30 ртутних ламп кожна потужністю 250 Вт.  $T_p = 2500$  год – середній річний час роботи системи освітлення. У ливарному цеху використовується 10 компактних люмінесцентних ламп кожна потужністю 27 Вт, 8 люмінесцентних ламп ТЛД кожна потужністю 36 Вт, 1 ртутна газорозрядна лампа потужністю 250 Вт, 6 ламп розжарювання ЛОН кожна потужністю 100 Вт.  $T_p = 2000$  год – середній річний час роботи системи освітлення. Тариф на активну електроенергію  $B_w = 5,5$  грн./(кВт·год.).

## 3.2 Оброблення інформації про використання ПЕР на ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод»

### 3.2.1 Побудова та аналіз характеристик режимів споживання ПЕР заводу

На рис. 3.1 подано діаграму споживання газу заводом протягом року. Суттєве споживання газу вказує на доцільність дослідження характеристик споживання цього ПЕР. Аналіз показує, що споживання газу у зимовий і літній періоди приблизно однакове. Вартість газу, що спожитий протягом одного

місяця (7960 грн./1000м<sup>3</sup>), перевищує 3505667 грн. Отже, з огляду на діаграму річного споживання газу на заводі, виникає необхідність у перевірці ефективності системи опалення, де використовується газ.



Рисунок 3.1 – Річне споживання газу заводом

### 3.2.2 Складання та аналіз паливно-енергетичних балансів заводу

На основі інформації про споживання ПЕР на заводі за 2022 рік побудовано паливно-енергетичні баланси, які демонструють розподіл ПЕР по цехах й показують величину втрат.

Баланс електроенергії на підприємстві (рис. 3.2) показує, що найпотужнішими цехами є 9-й, 10-й і 11-й, які потрібно більш детально дослідити і знайти можливості для енергозбереження.

Необхідно детально дослідити систему водовикористання у цехах № 3 та №11 (рис. 3.3), де пропонується підтримувати економне використання води за допомогою норм використання ПЕР, що є дієвим інструментом енергозбереження. Також, потрібно виконати перевірку точності визначення об'ємів використання води кожним цехом і перевірити водопровідні мережі із метою виявлення неефективних витрат води.

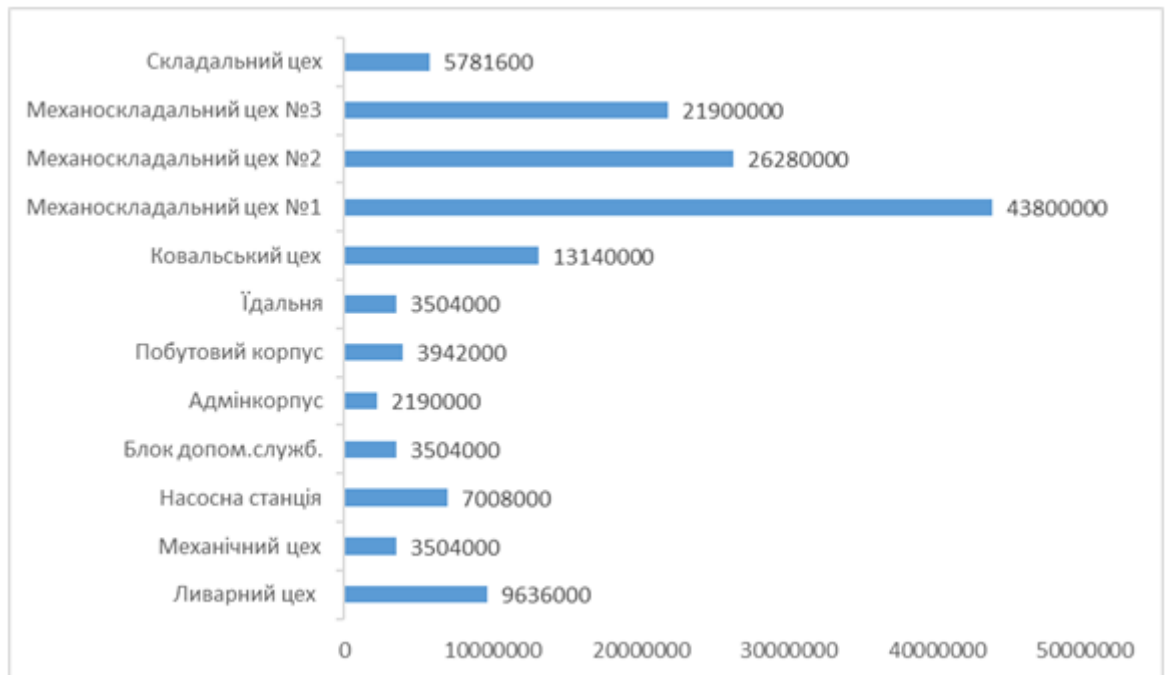


Рисунок 3.2 – Баланс використання електроенергії на заводі

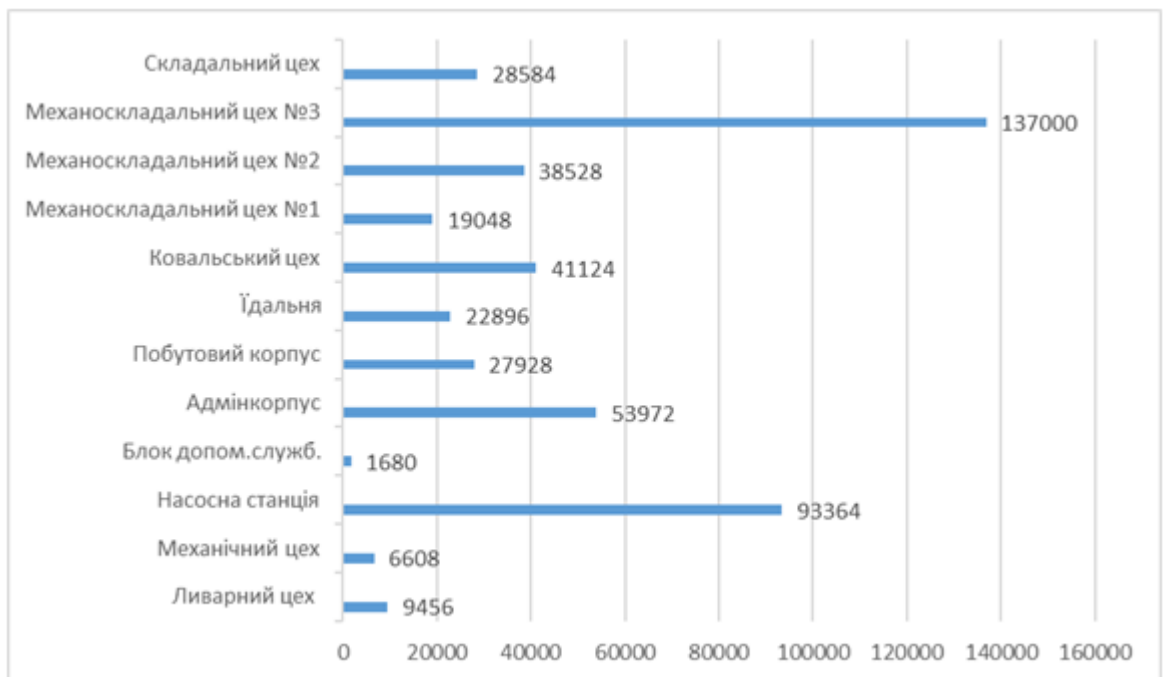


Рисунок 3.3 – Баланс використання води на заводі

Із балансу використання теплової енергії на заводі (рис. 3.4) видно, що найбільше її споживається у насосній станції, адмінкорпусі і механоскладальному цеху (на генплані 3, 5, 11). Необхідно перевірити ефективність застосування системи інфрачервоного опалення у цехах 3, 5, 11.

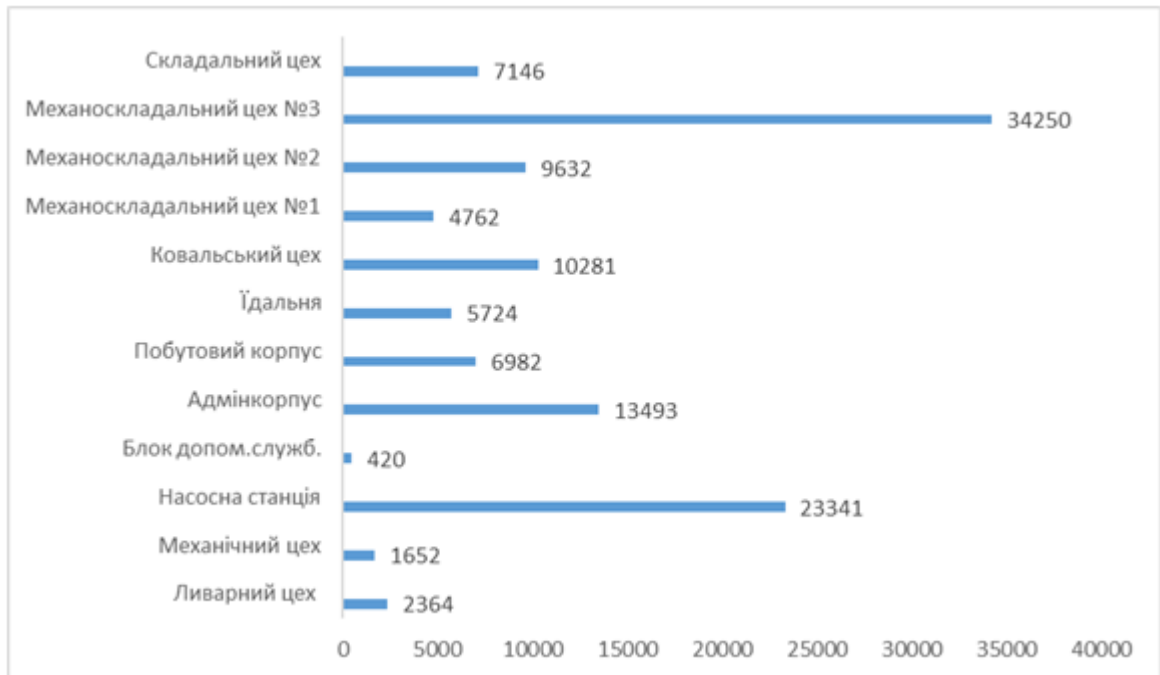


Рисунок 3.4 – Баланс використання теплової енергії на заводі

### 3.2.3 Визначення питомих норм споживання ПЕР

В результаті аудиту було отримано інформацію про обсяги виробництва продукції і використання ПЕР на виробництво даної продукції. На заводі виготовляються різні види деталей, через це доцільним буде поррахувати загальновиробничу норму використання електроенергії, газу, води на одиницю вартості продукції заводу. Сумарна вартість за 2022 р. випущеної продукції склала  $B_{\Sigma} = 7725$  млн. грн. Обсяги річного використання ПЕР: електроенергія:  $W = 13468394$  кВт·год.; газ:  $V = 4404105$  м<sup>3</sup>; вода:  $V = 135300$  м<sup>3</sup>.

Загальновиробничі норми використання ПЕР (*ПЕР* – обсяг спожитих паливно-енергетичних ресурсів заводу;  $B_{\Sigma}$  – вартість спожитих паливно-енергетичних ресурсів заводу):

$$H = \frac{\text{ПЕР}}{B_{\Sigma}}, \text{ од.ПЕР/грн.прод.}$$

Звідси, загальновиробнича норма використання електроенергії заводом за 2022 р.:

$$H = \frac{13468394}{7725000} = 1,74 \text{ (кВт·год./грн. прод.)}$$

Загальновиробнича норма використання газу заводом за 2022 р.:

$$H = \frac{4404105}{7725000} = 0,57 \text{ (м}^3\text{/Грн. прод.)}$$

Загальновиробнича норма використання води заводом за 2022 р.:

$$H = \frac{135300}{772000} = 0,017 \text{ (м}^3\text{/Грн. прод.)}$$

### **3.3 Розроблення й обґрунтування рекомендацій підвищення ефективності використання ПЕР на ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод»**

3.3.1 Техніко-економічний аналіз заходів із підвищення економії ПЕР на заводі

Перевірка ефективності компенсації реактивної потужності є досить актуальною і поширеною задачею, оскільки на багатьох підприємствах наявна велика частка реактивних навантажень. Для виконання перевірки потрібно за однолінійною схемою системи електропостачання заводу (рис.2.3.) скласти електричну схему заміщення (рис. 3.5).

На однолінійній схемі СЕП ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод» показано: точка приєднання заводу до підстанції 10 кВ, ЦРП, три двотрансформаторні цехові підстанції, середньорічні активні й реактивні навантаження цехів, що приєднані до цих трансформаторів. На однолінійній схемі СЕП також показано запропоновані місця установлення конденсаторних батарей.



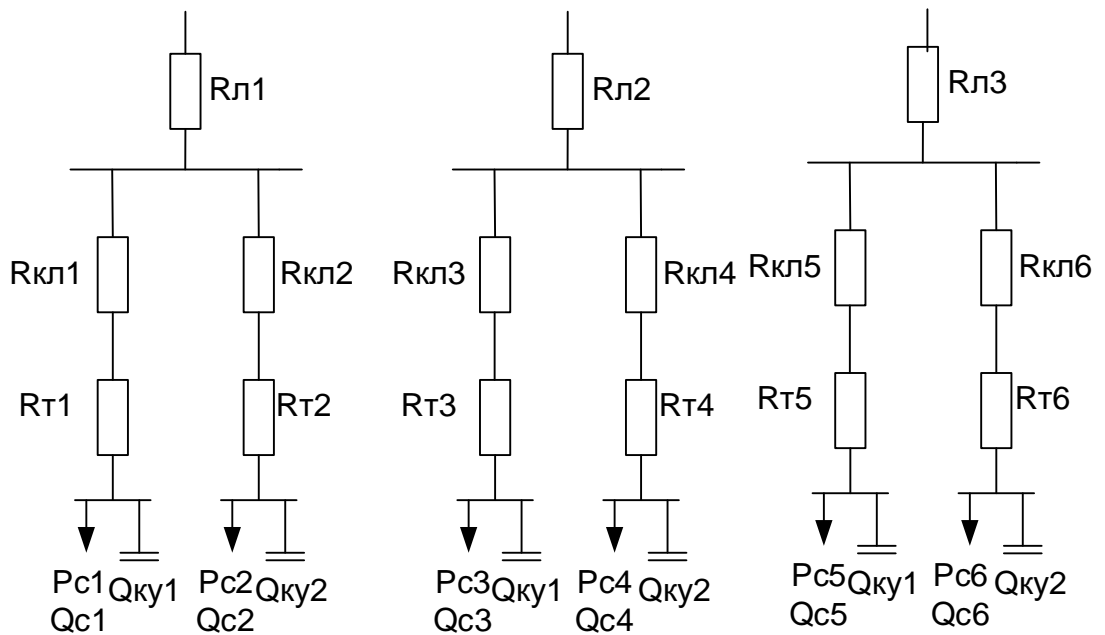


Рисунок 3.5 – Схема заміщення електричної мережі ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод»

1. Критерієм ефективності використання КРП на заводі є:

$$T = \frac{K}{E}, [\text{роки}] \quad (3.1)$$

де  $T$  – термін окупності встановленої системи КРП на заводі, років;

$K$  – капіталовкладення у систему КРП на заводі, грн.;

$E$  – економія коштів в результаті встановлення системи КРП на заводі, грн.

2. Економія коштів у результаті встановлення системи КРП на заводі.

Економія коштів – це різниця між витратами, які пов'язані із протіканням реактивної потужності по мережах заводу до встановлення установок КРП ( $V^{\text{до}}$ ) й після їх встановлення на заводі ( $V^{\text{після}}$ ):

$$E = V^{\text{до}} - V^{\text{після}}, [\text{грн}]. \quad (3.2)$$

Витрати до та після застосування КРП на заводі:

$$V^{\text{до}} = V_{\text{втр}}^{\text{до}} + V_{\text{впр}}^{\text{до}}, [\text{грн}] \quad (3.3)$$

$$V^{\text{після}} = V_{\text{втр}}^{\text{після}} + V_{\text{впр}}^{\text{після}} + V_{\text{втр}}^{\text{БК}}, [\text{грн}] \quad (3.4)$$

де  $B_{\text{втр}}^{\text{до}} = \sum_{i=1}^n \Delta W_i^{\text{до}} \cdot C_{\text{Wa}}$ ,  $B_{\text{втр}}^{\text{після}} = \sum_{i=1}^n \Delta W_i^{\text{після}} \cdot C_{\text{Wa}}$  – вартість втрат активної

енергії в n СЕП (лініях і трансформаторах);

$\Delta W_i^{\text{до}}$ ,  $\Delta W_i^{\text{після}}$  – втрати активної енергії в і-му елементі СЕП;

$C_{\text{Wa}}$  – тариф на електроенергію для заводу, грн./кВт·год.);

$B_{\text{втр}}^{\text{БК}} = \sum_{j=1}^m \Delta W_j^{\text{БК}} \cdot C_{\text{Wa}}$  – вартість втрат активної енергії в КРП;

$B_{\text{Wp}}^{\text{до}}$ ,  $B_{\text{Wp}}^{\text{після}}$  – вартість перетоків реактивної електроенергії між енергокомпанією і споживачем:

$$B_{\text{Wp}} = B_1 + B_2 - B_3, [\text{грн}] \quad (3.5)$$

$$B_1 = (W_p^{\text{сп}} + K \cdot W_p^{\text{ген}}) \cdot D \cdot C_{\text{Wa}}, [\text{грн}] \quad (3.6)$$

де  $W_p^{\text{сп}}$  – спожита реактивна енергія у точці обліку, квар·год.;

$W_p^{\text{ген}}$  – генерована реактивна енергія у точці обліку, квар·год.;

$K = 3$  – нормативний коефіцієнт урахування збитків енергокомпанії від генерації реактивної електроенергії;

$D$  – економічний еквівалент реактивної потужності, який характеризує вплив реактивного перетоку у точці обліку на втрати активної потужності у розрахунковому режимі, кВт/квар;

$$B_2 = B_1 \cdot C_{\text{БАЗ}} \cdot (K_j - 1), [\text{грн}] \quad (3.7)$$

де  $B_2$  – надбавка за недостатнє оснащення електричної мережі споживача засобами КРП, яка нараховується у випадку, якщо коефіцієнт реактивної потужності споживача у середньому за розрахунковий період:  $\text{tg}\phi > 0,25$  (промислові споживачі);  $\text{tg}\phi > 0,75$  (непромислових споживачі);

$C_{\text{БАЗ}} = 1,3$  – нормативне базове значення коефіцієнта стимулювання капіталовкладень у засоби КРП у електромережах споживача;

$K_\phi$  – коефіцієнт, який розраховується:

– для промислових споживачів:

$$K_\phi = (\text{tg}\phi - 0,25)^2 + 1; \quad (3.8)$$

– для непромислових споживачів:

$$K_{\phi} = (\operatorname{tg} \phi - 0,75)^2 + 1. \quad (3.9)$$

Значення коефіцієнта реактивної потужності споживача у середньому за розрахунковий період розраховується як відношення спожитих активної й реактивної електроенергії:

$$\operatorname{tg} \phi = W_p^{\text{сп}} / W_a^{\text{сп}}. \quad (3.10)$$

Складова  $B_3$  це зниження плати за споживання й генерування реактивної електроенергії за умови достатнього оснащення електромережі споживача засобами КРП й узгодженням із енергокомпанією.

Для визначення складових виразу витрати після застосування КРП потрібно розрахувати втрати енергії в СЕП.

Втрати електроенергії у електромережі визначаються із використанням коефіцієнта форми графіка навантаження за струмом, який враховує нерівномірність графіка навантаження:

$$\Delta W = 3k_{\phi}^2 I_c^2 R T \cdot 10^{-3}, [\text{кВт/год}] \quad (3.11)$$

де  $k_{\phi} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n I_i^2 \cdot t_i} / \sum_{i=1}^n t_i}{\sum_{i=1}^n I_i \cdot t_i / \sum_{i=1}^n t_i}$  – коефіцієнт форми графіка навантаження за струмом;

$I_i$  – середній струм навантаження у  $i$ -му періоді вимірювання, що може вимірятись чи розраховується:

$$I_c = \frac{\sqrt{P_c^2 + Q_c^2}}{\sqrt{3} \cdot U}, [A] \quad (3.12)$$

тут  $P_c$ ,  $Q_c$  – середні активна й реактивна потужності навантаження за розрахунковий період  $T$ ;

$U$  – напруга елемента лінії, кВ.

$I_c$  – середній струм, що може визначатись за (3.12) чи:

$$I_c = \frac{\sqrt{W_a^2 + W_p^2}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot T}, [A] \quad (3.13)$$

Річні втрати електроенергії у трансформаторах:

$$\Delta W_{\text{тр}} = \Delta P_{\text{хх}} T_{\text{тр}} + \beta^2 \Delta P_{\text{кз}} T_{\text{н}}, \quad (3.14)$$

де  $\Delta P_{\text{хх}}$  – втрати холостого ходу трансформатора, кВт;

$T_{\text{тр}}$  – час, приєднання трансформатора до мережі, год.;

$\Delta P_{\text{кз}}$  – втрати короткого замикання трансформатора, кВт;

$T_{\text{н}}$  – час, роботи трансформатора під навантаженням, год.;

$\beta$  – коефіцієнт завантаження трансформатора:

$$\beta^2 = \frac{k_{\text{фа}}^2 P_c^2 + k_{\text{фр}}^2 Q_c^2}{S_{\text{н}}^2}, \quad (3.15)$$

де  $k_{\text{фа}}$  – коефіцієнт форми графіка активної потужності;

$P_c$  – середнє значення активної потужності за розрахунковий період;

$k_{\text{фр}}$  – коефіцієнт форми графіка реактивної потужності;

$Q_c$  – середнє значення реактивної потужності.

$P_c$  і  $Q_c$  розраховуються для кожної лінії: сума середніх потужностей цехів, які живляться від конкретного трансформатора (табл. 3.7).

Таблиця 3.7 – Середні потужності  $P_c$  і  $Q_c$  заводу

Номер трансформатора	Номер цеху	$P_c$	$Q_c$
1	1,2,3	2300	690
2	4,5,8	2150	330
3	6,7	850	255
4	11,12	3160	948
5	9	5000	1500
6	10	3000	900

Розрахунок виконано із використанням електронних таблиць Excel (рис. 3.6 – 3.8).

На рис. 3.6 подано розрахунок зниження вартості втрат електроенергії у трансформаторах заводу за умови повної компенсації реактивної потужності ( $Q_c = 0$ ).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Трансформатори	dP <sub>хх</sub> , кВт	dP <sub>кз</sub> , кВт	S <sub>н</sub> , кВА	P <sub>с</sub> , кВт	Q <sub>с</sub> , квар	T, год	K <sub>фа</sub>	K <sub>фр</sub>	C, грн/кВт*год	В <sub>ветдо</sub> , грн	В <sub>ветпісля</sub> , грн	Економія, грн
2	1	3,85	23,5	2500	2300	690	8760	1,3	1,28	4,5	1592478,71	1476861,47	115617,2368
3	2	3,85	23,5	2500	2150	330	8760	1,31	1,29	4,5	1354401,69	1327541,335	26860,35605
4	3	3,85	23,5	2500	850	255	8760	1,28	1,27	4,5	342765,644	327220,5887	15545,05517
5	4	3,85	23,5	2500	3160	948	8760	1,33	1,3	4,5	2994957,73	2769840,966	225116,7676
6	5	3,85	23,5	2500	5000	1500	8760	1,3	1,28	4,5	6960423,46	6414028,2	546395,2589
7	6	3,85	23,5	2500	3000	900	8760	1,31	1,29	4,5	2640785,49	2440997,722	199787,7723
8	Всього:												1129322,447

Рисунок 3.6 – Вартості зниження втрат електроенергії у трансформаторах заводу

На рис. 3.7 подано розрахунок зниження вартості втрат електроенергії у кабельних лініях заводу за умови повної компенсації реактивної потужності.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Лінії	K <sub>фа</sub>	K <sub>фр</sub>	P <sub>с</sub> , кВт	Q <sub>с</sub> , квар	T, год	U, кВ	L, км	R <sub>0</sub> , Ом/км	C, грн/кВт*год	В <sub>ветдо</sub> , грн	В <sub>ветпісля</sub> , грн	Економія, грн
2	1	1,28	1,28	2300,00	690,00	8760	10	0,11	1,1	4,5	600817,8628	551209,0485	49608,81436
3	2	1,28	1,27	2150,00	330,00	8760	10	0,11	1,1	4,5	493003,8737	474160,1904	18843,68333
4	3	1,28	1,27	850,00	255,00	8760	10	0,15	1,1	4,5	111898,326	101061,2334	10837,09261
5	4	1,28	1,27	3160,00	948,00	8760	10	0,15	1,1	4,5	1546535,535	1396757,165	149778,3696
6	5	1,28	1,27	5000,00	1500,00	8760	10	0,12	1,1	4,5	3097531,515	2797542,792	299988,7229
7	6	1,28	1,27	3000,00	900,00	8760	10	0,12	1,1	4,5	1115111,345	1007115,405	107995,9402
8	Всього:												637052,623

Рисунок 3.7 – Вартості зниження втрат електроенергії у кабельних лініях заводу

На рис. 3.8 подано розрахунок оплати за спожиту реактивну енергію заводом. При повній компенсації ця величина дорівнюватиме економії заводу.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
16									
17	W <sub>асп</sub> , кВт*год	W <sub>рсп</sub> , кВт*год	tgφ	D, кВт/квар	C, грн/кВт*год	C <sub>баз</sub>	B <sub>1</sub> , грн	B <sub>2</sub> , грн	B <sub>Wр</sub> , грн
18	13468394,00	1190100,00	0,80	0,15	4,50	1,30	803317,50	315904,61	1119222,11

Рисунок 3.8 – Зниження оплати за електроенергію внаслідок КРП

Аналізуючи результати розрахунків можна сказати про прогнозоване значення повної економії заводу внаслідок КРП.

Термін окупності компенсувальних пристроїв:

$$T = \frac{B_{KV}}{C} = \frac{105000}{1119222,11} = 0,094 \text{ (року).}$$

Це є допустимим. Після закінчення терміну окупності й за подібного характеру енергоспоживання завод внаслідок КРП буде економити понад 1000000 грн. на рік.

Перевірка ефективності системи інфрачервоного опалення приміщень підприємства. На заводі у цехах організоване водяне опалення. При умові неповного завантаження цехів частина тепла витрачається нераціонально, бо здійснюється обігрів усього цеху, а не тільки робочих місць.

Пропонується у цехах встановити над робочими місцями системи інфрачервоного опалення замість існуючої системи опалення. Запропоновані системи опалення мають ряд переваг в порівнянні із традиційними системами.

Пропонується над робочою зоною цеху встановити 5 промислових інфрачервоних обігрівачів потужністю 4 кВт й вартістю  $B_n = 12000$  грн. кожен. Із урахуванням чергового режиму (мінімальну потужність 1 кВт), що потребує 30% витрат електроенергії основного режиму, споживання електроенергії у опалювальний буде:

$$W = n \cdot (P_1 \cdot t_1 \cdot 100 + P_2 \cdot t_2 \cdot 100 + P_2 \cdot 24 \cdot 50), [\text{кВт/год}] \quad (3.16)$$

де  $n$  – кількість встановлених обігрівачів у цеху;

$P_1, P_2$  – потужності нагрівача у основному й черговому режимах;

$t_1, t_2, 24$  – час роботи системи опалення у основному, черговому режимі у робочі дні й черговому режимі в вихідні дні, годин;

100, 0 – кількість робочих й вихідних днів у опалювальному періоді;

$$W = 15 \cdot (4 \cdot 20 \cdot 150 + 1 \cdot 4 \cdot 150 + 1 \cdot 24 \cdot 0) = 180000, (\text{кВт}\cdot\text{год}).$$

Річна економія витрат, грн.

$$E = V_g \cdot C_g - W \cdot C_w, [\text{грн}] \quad (3.17)$$

де  $C_g, C_w$  – тарифи на газ і електроенергію, грн./тис.  $\text{м}^3$  і грн./(кВт·год.).

$$E = 209,808 \cdot 7960 - 180000 \cdot 4 = 950100 (\text{грн}).$$

Вартість обладнання:

$$B_y = n \cdot B_n = 15 \cdot 12000 = 180000 (\text{грн}). \quad (3.18)$$

Витрати на введення у експлуатацію (вартість проекту, транспортування, монтажу)  $B_{np.m.} = 200000$  грн. Тоді, загальні витрати:

$$K = B_y + B_{np.m.} = 180000 + 200000 = 380000 (\text{грн}).$$

Термін окупності:

$$T = \frac{K}{E_{\text{вир}}} = \frac{380000}{950100} = 0,39 \text{ (року)}.$$

Отже, термін окупності не великий і використання інфрачервоних обігрівачів є ефективним і може бути давати економію коштів заводу 950,100 тис. гривень щороку уже через 5 місяців.

Перевірка ефективності системи освітлення. Енергозбереження тут можливе через оптимізацію розрахунків системи освітлення, використання ефективніших джерел світла, використання систем керування освітленням, та інших організаційних заходів.

Значення приведеної річної економії коштів:

$$E_p = \frac{B^{Л1} - B^{Л2}}{T_{\text{роз}}} \rightarrow \max, \quad (3.19)$$

де  $B^{Л1}$ ,  $B^{Л2}$  – витрати, які пов'язані із використанням працюючої й альтернативної ламп за розрахунковий період, грн.;

$T_{\text{роз}}$  – розрахунковий період, за який розраховуються витрати у системі освітлення, років:

$$T_{\text{роз}} = \frac{T_{\text{макс}}}{T_p}, [\text{років}], \quad (3.20)$$

де  $T_{\text{макс}}$  – найбільший термін служби ламп, що порівнюються, год.;

$T_p$  – річний час роботи системи освітлення, год./рік.

Витрати на діючу систему освітлення заводу за розрахунковий період:

$$B^{Л1} = \left( \text{Окр} > \left\{ \frac{T_{\text{макс}} - T_{\text{зал}}}{T_L} \right\} K_L + P_{\text{Лн}} \cdot T_{\text{макс}} \cdot B_W \right) \cdot n, [\text{грн}] \quad (3.21)$$

де  $\text{Окр} >$  – означає заокруглення результату в фігурних дужках до більшого цілого;

$T_L$  – номінальний термін служби в діючих ламп, год.;

$T_{\text{зал}}$  – залишковий термін служби діючих ламп до заміни, год.;

$K_L$  – вартість ламп, грн.;

$P_{Лн}$  – номінальна потужність ламп, кВт.;

$V_w$  – тариф на електроенергію, грн./кВт·год.;

$n$  – кількість ламп даного типу у системі освітлення.

Витрати на альтернативну систему освітлення за розрахунковий період:

$$V^{Л2} = \left( \frac{T_{\max}}{T_{Л}} K_{Л} + P_{Лн} \cdot T_{\max} \cdot V_w \right) \cdot n - K_{ЛКВ}, [\text{грн}] \quad (3.22)$$

де  $K_{ЛКВ}$  – ліквідна вартість ламп діючої системи освітлення.

На ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод» система зовнішнього освітлення складається із 30 ртутних ламп потужністю 250 Вт кожна. Річний середній час роботи системи освітлення  $T_p = 2500$  год. Пропонується замінити ртутні лампи на світлодіодні (в яких світлова віддача у два рази вища). Для зміни ртутних ламп (ДРЛ) потужністю 250 Вт необхідно установити світлодіодні потужністю 100 Вт. Характеристики ламп наведені у табл. 3.8.

Таблиця 3.8 – Порівняльні характеристики дугових ртутних ламп і світлодіодні ламп

Лампа	Потужність, Вт	Світловий потік, лм	Термін служби, год.	Цоколь	Ціна, грн.
ДРЛ	250	13000	6000	E40	960
Світлодіодна	100	15000	25000	E40	1200

Серед досліджених типів ламп найбільший термін служби у світлодіодної лампи. Тому  $T_{\max} = 25000$  год.

Лампи ДРЛ уже відпрацювали 4 000 год. Отже, залишковий термін роботи до їх заміни  $T_{зал} = 6000 - 4000 = 2000$  (год).

Витрати на систему освітлення з ДРЛ :

$$V_{ДРЛ} = \left( Окр > \left\{ \frac{25000 - 2000}{6000} \right\} \cdot 960 + 250 \cdot 10^{-3} \cdot 25000 \cdot 4 \right) \cdot 30 = 860040 \text{ (грн.)},$$

Витрати на систему освітлення з світлодіодними лампами:

$$V_{НЛ} = \left( \frac{25000}{25000} \cdot 1200 + 100 \cdot 10^{-3} \cdot 25000 \cdot 4 \right) \cdot 30 = 363000 \text{ (грн.)}.$$



Розрахунковий період визначення витрат у системі освітлення:

$$T_{роз} = \frac{25000}{2500} = 10 \text{ (року)}.$$

Отже, витрати визначені за період у 10 років.

Визначимо приведену до одного року економію коштів у наслідок заміни у системі освітлення ДРЛ на світлодіодні.

$$E_p = \frac{860400 - 363000}{10} = 52440 \text{ (грн.)}.$$

Термін окупності нової системи освітлення:

$$T = \frac{K_{нл} \cdot n}{E_p} = \frac{1200 \cdot 30}{52440} = 0,68 \text{ (року)}.$$

Отже, оскільки річна економія коштів дорівнює більше 52440 тис.грн., а термін окупності капіталовкладень буде 0,68 року, то модернізація системи освітлення шляхом заміни ДРЛ на світлодіодні є ефективною. Так само було проведено аналіз заміни ламп розжарення на люмінесцентні.

### 3.4 Висновки до розділу 3

Під час перевірки ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод» було встановлено, що виробничі потужності заводу споживають електричну енергію, газ та воду. Потужними споживачами є виробничі механізми з асинхронними двигунами та освітлювальні установки.

У результаті аналізу використання ПЕР на заводі були сформовані наступні рекомендації з енергозбереження:

- встановлення засобів компенсації реактивної потужності;
- модернізація водяної системи опалення цехів заводу зі значними площами й невеликою кількістю персоналу на систему опалення із використанням інфрачервоних обігрівачів.
- модернізація системи освітлення шляхом заміни ДРЛ на світлодіодні;

Після більш поглибленого аналізу запропонованих заходів із енергозбереження було виявлено, що:

- застосування компенсації реактивної потужності на заводі є ефективним заходом із економії електроенергії, що окупиться менше ніж за рік й приведе до щорічної економії коштів заводу більше 1 млн. грн.
- використання інфрачервоних обігрівачів є ефективним та призводить до економії коштів заводу.
- зміна ламп ДРЛ приведе до річної економії коштів з терміном окупності капіталовкладень менше одного року.

## 4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

### 4.1 Техніко-економічне обґрунтування роботи

Суть техніко-економічного обґрунтування роботи полягає у проведенні попередніх техніко економічних розрахунків, які підтверджуються доцільність капіталовкладень в даний енергетичний об'єкт [22].

Доцільність реалізації проекту обґрунтовується:

- задоволення потреб суспільства продукцією підприємства;
- створення нових робочих місць та працевлаштуванням населення;
- надання необхідних послуг;
- прибутковістю;
- окупністю капіталовкладень, і т.д.

Вихідні дані для розрахунку:

- виручка від реалізації продукції  $V = 160$  (млн. грн./рік);
- середньооблікова чисельність персоналу  $Ч = 155$ ;
- середньорічний фонд заробітної плати одного працівника разом з нарахуванням на соціальні потреби  $Z_{\text{пл}}$ , грн./рік;
- питома заробітна плата в собівартості продукції  $d = 12\%$ ;
- первісна або балансова вартість основних фондів  $\Phi = 50$  млн грн;
- нормований коефіцієнт ефективності капіталовкладень:  $E_{\text{н}} = 0,1$ ;
- нормований термін окупності, років:  $T_{\text{ок}} = 10$ .
- середньомісячна зарплата одного працівника  $Z = 6700$  грн./міс.

Середньорічний фонд заробітної плати одного працівника:

$$Z_{\text{пл}} = Z \cdot 12 \cdot 10^{-6} = 6700 \cdot 12 \cdot 10^{-6} = 0,0804 \text{ (млн грн/рік)}, \quad (4.1)$$

Повна собівартість продукції:

$$C = \frac{1,38 \cdot Ч \cdot Z_{\text{пл}}}{d} = \frac{1,38 \cdot 155 \cdot 0,0804}{0,12} = 149,73 \text{ (млн грн/рік)}, \quad (4.2)$$

Балансовий прибуток:

$$П = V - C = 160 - 149,73 = 10,27 \text{ (млн грн/рік)}, \quad (4.3)$$

Визначаємо термін окупності даного підприємства:

$$T_{\text{ор}} = \frac{\Phi}{\Pi} = \frac{50}{10,27} = 4,86 \text{ (років)}, \quad (4.4)$$

$$T_{\text{ор}} = 2,1 < T_{\text{ок}} = 10 \text{ (років)}.$$

Даний термін не перевищує нормативний, отже розрахунок системи електропостачання є прибутковим.

Відповідно до схеми електричної мережі підприємства та вихідних даних у табл. 4.1, 4.2, необхідно виконати такі розрахунки:

1. Розрахувати величину капітальних вкладень в трансформаторні підстанції, кабельні лінії та високовольтні вимикачі.

2. Розрахувати оплату за спожиту електроенергію.

3. Розрахувати величину складових експлуатаційних витрат:

- витрат в мережах підприємства;

- витрат на заробітну плату;

- витрат на матеріали;

- амортизаційних витрат.

4. Розрахувати собівартість електроенергії на підприємстві.

Таблиця 4.1 – Характеристики трансформаторних підстанцій

Підстанція	Тип трансформатора	Кількість трансформаторів	Факт. потужність підстанції, кВА
ТП-1	ТМ-2500	2	4028,69
ТП-2	ТМ-2500	2	2198,65
ТП-3	ТМ- 2500	2	3229,72

Таблиця 4.2 – Відомості про кабельні лінії

Найменування ліній	Довжина лінії від ТП до ГПП, м	Марка кабелю	К-сть
ПС- ЦРП	1,041	АС-300	2
ЦРП-ТП1	0,069	АПвПу 3х240	2
ЦРП-ТП2	0,023	АПвПу 3х240	2
ЦРП-ТП3	0,047	АПвПу 3х240	2

Рекомендації до виконання:

1. Оплату за спожиту електроенергію розраховують по тарифам:  
5,5 грн/кВт·год
2. Прийняти норму амортизації – 6%,
3. Нарахування:
  - в пенсійний фонд – 33,3%,
  - у фонд зайнятості – 1,5%,
  - на соціальне страхування – 1,5%.

#### 4.2 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання

Розрахунок капіталовкладень в лінії електропередач виконуємо за вартістю кабелів та вартістю їх прокладання [22].

Капітальні вкладення для ліній електропередач:

$$K_{л} = (K_{пит} \cdot n + K_{прок}) \cdot L, \quad (4.5)$$

де  $K_{пит}$  – питома вартість на 1 км лінії, тис. грн./км;

$K_{прок}$  – питома вартість прокладання, тис. грн./км;

$L$  – довжина лінії електропередачі, км.

$n$  – кількість кабелів в траншеї, шт.

Результати розрахунків заносимо в таблицю 4.3.

Таблиця 4.3 – Розрахунок капіталовкладень для ліній електропередач

Назва лінії	Марка кабелю	Кількість	Довжина, км	$K_{пит}$ , тис.грн	$K_{прок}$ , тис.грн	$K_{л}$ , тис.грн
ПС- ЦРП	АС-300	2	1,041	115	5,75	245,412
ЦРП-ТП1	АПвПу 3х240	2	0,069	675	33,75	95,368
ЦРП-ТП2	АПвПу 3х240	2	0,023	675	33,75	31,937
ЦРП-ТП3	АПвПу 3х240	2	0,047	675	33,75	65,147
Разом						437,864

Капітальні вкладення для електричних підстанцій [22]:

$$K_{пс} = \sum_{i=1}^l K_{псі} + K_{пост}, \quad (4.6)$$

де  $K_{псі}$  – вартість однієї трансформаторної підстанції, тис. грн.;

$K_{\text{пост}}$  – постійні витрати, що практично не залежать від потужності підстанції і пов'язані з устроєм території, зі створенням майстерень, лабораторій і диспетчерських пунктів, з будівництвом житла тощо, тис. грн. Постійні витрати прийняти у розмірі 20 % від повної вартості всіх підстанцій.

Результати розрахунків заносимо в табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Розрахунок капіталовкладень для електричних підстанцій

Назва	Тип т-ра	Кількість	Код, тис.грн	Кпост, тис.грн	Кпс, тис.грн
ТП-1	ТМ-2500	2	1370	274	1644
ТП-2	ТМ-2500	2	1370	274	1644
ТП-3	ТМ- 2500	2	1370	274	1644
Разом					4932

Розрахуємо сумарну вартість вимикачів. Відповідно до однолінійної схеми кількість вимикачів 10 кВ – 9 шт. Вартість вимикача 90 тис. грн.

Сумарна вартість вимикачів:

$$K_B = 9 \cdot 90 = 810 \text{ (тис. грн.)} \quad (4.7)$$

Вартість підстанцій з вимикачами:

$$K_{\text{пс}} = 4932 + 810 = 5742 \text{ (тис. грн.)} \quad (4.8)$$

Відповідно сумарна величина капітальних вкладень в систему електропостачання підприємства:

$$K = 437,864 + 5742 = 6179,864 \text{ (тис. грн.)} \quad (4.9)$$

### 4.3 Розрахунок поточних витрат

#### 4.3.1 Розрахунок потреби в робочій силі

Планова трудомісткість визначається, люд.-год./рік:

$$T = \Pi \cdot t_{\text{норм}} \cdot h, \quad (4.10)$$

де  $\Pi$  – кількість ремонтів даного виду за рік, на одиницю обладнання;

$t_{\text{норм}}$  – норма трудомісткості поточного ремонту або огляду, люд.-год. [22];

$h$  – кількість обладнання певного діапазону потужності, що належить до цього виду ремонтних робіт.

Проводимо розрахунки трудомісткості ремонту електрообладнання та заносимо їх результати до табл.4.6.

Планова трудомісткість технічного обслуговування кожної групи енергетичного устаткування і мереж складає, люд.-год./рік:

$$T_{\text{то}} = 12 \cdot t_{\text{пр}} \cdot K_{\text{ср}} \cdot K_{\text{зм}} \cdot h, \quad (4.11)$$

де 12 – кількість місяців у році;

$t_{\text{пр}}$  – планова (таблична) трудомісткість поточного ремонту одиниці устаткування люд.-год [22];

$K_{\text{ср}}$  – коефіцієнт складності ремонту, який показує частку трудомісткості поточного ремонту, необхідну для технічного обслуговування енергетичного обладнання і мереж на кожен місяць планованого року, 1/міс,  $K_{\text{ср}} = 0,1$ .

$h$  – кількість обладнання в групі.

Проводимо розрахунки трудомісткості технічного обслуговування іншого електрообладнання та заносимо їх результати до табл.4.5.

Таблиця 4.5 – Трудомісткість поточного ремонту та огляду

Обладнання	К-ть	Поточний ремонт			Огляд		
		К-сть на одиницю облад. рем/рік	Норма трудомісткості люд.год.	Заг. трудомісткість люд.год.	К-сть на одиницю облад. огл/рік	Норма трудомісткості люд.год.	Заг. трудомісткість люд.год.
Вимикачі	9	1	16	144	12	2	216
ТП 2500	6	0,33	300	594	12	8	576
ПЛ, км	2,082	1	30	62,459	1	124,918	260,075
КЛ, км	0,278	1	96	26,703	1	19,471	5,416
Разом				827,162			1057,491

Таблиця 4.6 – Трудомісткість технічного обслуговування і загальна трудомісткість

Обладнання	К-ть	Технічне обслуговування				Загальна
		Змінність роботи	Коеф. складності	К-ть місяців	Загал. трудомісткість люд.год.	трудомісткість обслуговування люд.год.
Вимикачі	9	2	0,1	12	345,6	561,6
ТП 2500	6	2	0,1	12	4320	4896
ПЛ АС-300, км	2,082	2	0,1	12	149,901	409,976
КЛ АПвПу 3x240	0,278	2	0,1	12	64,088	69,504
Разом					4879,589	5937,080

Відповідно знаходимо кількість експлуатаційних робітників, чол.:

$$N_{\text{обс}} = \frac{5937,080}{1900 \cdot 1,05} = 2,97, \quad (4.12)$$

та персоналу для ремонтних робіт, чол.:

$$N_{\text{тр}} = \frac{827,162}{1900 \cdot 1,1} = 0,39. \quad (4.13)$$

Приймаємо за нормами ПУЕ [1]  $N_{\text{тр}} = 2$  чол.,  $N_{\text{обс}} = 3$  чол

#### 4.3.2 Розрахунок витрат по заробітній платі

Фонд прямої заробітної плати:

а) для робітників, зайнятих на роботах по експлуатації й обслуговуванню енергообладнання і мереж, розраховується за формулою, грн./рік:

$$\Phi_e = N_{\text{обс}} \cdot \beta_n \cdot t_{\text{ге}} \cdot \Phi_d, \quad (4.14)$$

Годинну тарифну ставку рекомендується розраховувати за формулою:

$$t_{\text{ге}} = ((K3+K4)/2) \cdot C_I, \quad (4.15)$$

де  $K3, K4$  – тарифні коефіцієнти III та IV розрядів, відповідно, [22];

$C_I$  – годинна тарифна ставка, що відповідає I розряду, визначається за формулою:

$$C_i = \frac{3_{\text{min}} \cdot k_{r,i}}{\Phi_H}, \quad (4.16)$$

$$C_I = 6700 \cdot 1/176 = 38,07 \text{ (грн./год.)}.$$

Тоді годинна тарифна ставка 3,5 розряду становитиме:

$$t_{\text{ге}} = ((1,18+1,27)/2) \cdot 38,07 = 46,63 \text{ (грн./год.)}, \quad (4.17)$$

Заробітна плата робітників-погодинників:

$$\Phi_e = 3 \cdot 0,9 \cdot 46,63 \cdot 1900 = 239229,97 \text{ (грн./рік)}, \quad (4.18)$$

б) для робітників, які виконують поточний ремонт енергоустаткування, фонд прямої заробітної плати розраховується за формулою, грн./рік:

$$\Phi_p = T_{\text{тр}} \cdot t_{\text{тр}}, \quad (4.19)$$

$$t_{\text{тр}} = ((K4+K5)/2) \cdot C_I, \quad (4.20)$$

де  $K4, K5$  – тарифні коефіцієнти IV та V розрядів, відповідно, [22].

Розраховуємо годинну тарифну ставку 4,5 розряду:

$$t_{\text{тр}} = ((1,27+1,36)/2) \cdot 38,07 = 50,06 \text{ (грн./год.)},$$



$$\Phi_p = 827,162 \cdot 50,06 = 41407,46 \text{ (грн./рік)}.$$

Фонд основної заробітної плати, грн./рік:

$$\Phi_o = \Phi(1+0.05+0.01+\alpha), \text{ (грн./рік)}, \quad (4.21)$$

де  $\Phi$  – тарифний фонд  $\Phi_e$  експлуатаційних робітників або фонд прямої заробітної плати  $\Phi_p$  ремонтного персоналу, грн./рік;

0,01 - частка доплат за роботу у святкові дні;

0,05 - частка доплат за роботу в нічний час;

$\alpha$  – частка преміальних доплат для відповідної категорії робітників.

Величина основної заробітної плати для експлуатаційних робітників:

$$\Phi_{oe} = 239229,97 \cdot (1+0,05+0,01+0,2) = 301429,76 \text{ (грн./рік)}, \quad (4.22)$$

і для ремонтних:

$$\Phi_{op} = 41407,46 \cdot (1+0,05+0,01+0,25) = 54243,78 \text{ (грн./рік)}. \quad (4.23)$$

Величина додаткової заробітної плати визначається в розмірі 15% від фонду основної заробітної плати. Тому сумарна величина фонду з врахуванням додаткової заробітної плати складе, грн./рік:

$$\Phi_{од} = \Phi_o \cdot 1,15, \quad (4.24)$$

$$\Phi_{оед} = 301429,76 \cdot 1,15 = 346644,23 \text{ (грн./рік)},$$

$$\Phi_{орд} = 54243,78 \cdot 1,15 = 62380,34 \text{ (грн./рік)}.$$

З метою утворення фонду соціального страхування здійснюються нарахування на заробітну плату. З цього фонду кошти витрачаються на виплату по тимчасовій втраті працездатності, оплату відпусток по вагітності, санаторно-курортні лікування й організацію відпочинку працівників, оздоровчі заходи для дітей працівників та інше.

Крім того, на заробітну плату здійснюються нарахування в пенсійний фонд та фонд зайнятості. Отже, витрати по заробітній платі ( $C_{зп}$ ) розраховуються так, грн./рік:

$$C_{зп} = \Phi_{об} \cdot \left( 1 + \frac{\beta_{п} + \beta_{з} + \beta_{с}}{100} \right), \quad (4.25)$$

де  $\beta_{п}$  - нарахування в пенсійний фонд,  $\beta_{п} = 33\%$  ;

$\beta_{з}$  - нарахування у фонд зайнятості,  $\beta_{з} = 1,5\%$  ;

$\beta_c$  - нарахування на соціальне страхування,  $\beta_c = 1,5\%$ .

Розраховуємо витрати по заробітній платі експлуатаційному персоналу:

$$C_{\text{зпе}} = 346644,23 \cdot \left(1 + \frac{33 + 1,5 + 1,5}{100}\right) = 467969,71 \text{ (грн./рік)},$$

і ремонтному персоналу:

$$C_{\text{зпр}} = 62380,34 \cdot \left(1 + \frac{33 + 1,5 + 1,5}{100}\right) = 84213,46 \text{ (грн./рік)}.$$

### 4.3.3 Планування вартості матеріалів, що витрачаються

Необхідні для розрахунку дані заносимо до табл. 4.7.

Таблиця 4.7 – Розрахунок вартості матеріалів, включених у норму витрат

Вартість матеріалу	Грн
Трансформатори ТМ-2500	137000
ПЛ і КЛ	23601,25

Вартість матеріалу на технічну операцію:

$$C_M = 0,01 \cdot \left( \sum_{i=1}^n C_{0i} \cdot T_i + L \cdot C_{\text{ЛО}} \right), \quad (4.26)$$

де  $C_{0i}$  – питома вартість витратних матеріалів на обслуговування  $i$ -го виду трансформаторів,

$T_i$  – трудомісткість обслуговування  $i$ -го виду трансформаторів,

$L$  – сумарна довжина кабелів,

$C_{\text{ЛО}}$  – питома вартість матеріалів на обслуговування кабелів.

Отже, вартість матеріалів на ремонт:  $C_{\text{мпр}} = 834823,42$  (грн/рік);

і вартість матеріалів на технічне обслуговування:  $C_{\text{мто}} = 6820683,35$  (грн / рік).

Отже, можна розрахувати:

витрати на обслуговування електроустановок і мереж, тис. грн/рік:

$$C_{\text{обс}} = C_{\text{зпе}} + C_{\text{мто}}, \quad (4.27)$$

$$C_{\text{обс}} = 467969,71 + 6820683,35 = 7288653,06 \text{ (грн/рік)};$$

та витрати на їх поточний ремонт, грн/рік:

$$C_{\text{пр}} = C_{\text{зпр}} + C_{\text{мпр}}, \quad (4.28)$$

$$C_{\text{пр}} = 84213,46 + 834823,42 = 919036,88 \text{ (грн/рік)}.$$

#### 4.3.4 Визначення амортизаційних відрахувань і інших витрат

Знаходимо амортизаційні відрахування за формулою:

$$C_a = a \cdot K, \quad (4.29)$$

де  $a$  – норма амортизації, %

$K$  – капіталовкладення, грн.

$$C_a = 0,06 \cdot 6179864 = 370791,84 \text{ (грн/рік)}.$$

Окремою складовою в кошторисі річних поточних витрат є інші витрати:

$$C_{\text{іп}} = \beta_{\text{іп}}(C_{\text{обс}} + C_{\text{пр}} + C_a); \quad (4.30)$$

де  $\beta_{\text{іп}}$  - коефіцієнт відрахувань на інші витрати.

$$C_{\text{іп}} = 0,25 \cdot (7288653,06 + 919036,88 + 370791,84) = 2144620,445 \text{ (грн/рік)}.$$

Після визначення всіх елементів витрат підприємства, необхідних для передавання і розподілення електроенергії, зведемо їх в таблицю 4.8.

Таблиця 4.8 – Кошторис річних поточних витрат

Стаття витрат	Величина витрат, грн	Структура, % до підсумку
Витрати по експлуатації енергоустановки і мереж	7288653,06	67,97
Витрати на поточний ремонт	919036,88	8,57
Витрати на амортизацію	370791,84	3,46
Інші витрати	2144620,44	20,00
Разом	10723102,19	100,00

#### 4.4. Розрахунок собівартості електроенергії

4.4.1 Розрахунок річного споживання і втрат електроенергії. Розрахунок оплати за електроенергію

Розрахунок обсягу споживання визначається, виходячи з розрахункової потужності, яка визначається як добуток установленної (номінальної) потужності

усіх електроприймачів, коефіцієнта попиту і кількості годин використання максимуму навантаження, тис. кВт·год./рік:

$$E_{ai} = P_p \cdot T_{mi} = K_{\pi} \cdot P_{\text{ном}} \cdot T_{mi}, \quad (4.31)$$

де  $P_p$  – розрахункова потужність і-го цеху, кВт;

$T_{mi}$  – річна тривалість використання максимуму активного навантаження і-ого цеху, год.;

$K_{\pi}$  – коефіцієнт попиту.

Аналогічно визначаємо річні витрати активної електроенергії для інших цехів. Результати розрахунків заносимо в табл. 4.9.

Таблиця 4.9 – Річні витрати активної електроенергії по цехах

Назва цеху	К-сть змін	T <sub>м</sub> , год.	cos φ	P <sub>p</sub> , кВт	E <sub>a</sub> , кВт·год./рік
Ливарний цех	2	4500	835,63	0,65	3760350,75
Механічний цех	2	4500	147,37	0,80	663185,7
Насосна станція	2	4500	565,58	0,80	2545125,66
Блок допом.служб.	2	4500	284,61	0,80	1280755,98
Адміністративний корпус	2	4500	81,48	0,75	366655,68
Побутовий корпус	2	4500	319,53	0,75	1437870,42
Їдальня	2	4500	284,74	0,75	1281334,32
Ковальський цех	2	4500	1062,40	0,75	4780777,68
Механоскладальний цех №1	2	4500	1516,52	0,75	6824358
Механоскладальний цех №1	2	4500	911,31	0,75	4100880,15
Механоскладальний цех №1	2	4500	760,33	0,75	3421473,75
Складальний цех	2	4500	271,65	0,70	1222425
Разом					31685193,09

Необхідно також визначити річні витрати реактивної електроенергії.

Втрати електроенергії в лініях розраховуємо так:

$$\Delta E_{\text{л}} = 3 \cdot n \cdot I_{\text{м}}^2 \cdot R \cdot \tau \cdot 10^{-3}, \quad (4.32)$$

де  $I_{\text{м}}$  – максимальний струм у лінії, А;

$\tau$  – час максимальних втрат, год./рік.

$R$  – активний опір проводу або кабелю однієї фази, Ом;

$$R = r_0 \cdot L ; \quad (4.33)$$

де  $r_0$  – питомий опір однієї фази кабелю, Ом / км [22].

Для лінії ЦРП –ТП1. Струм лінії живлення, А:

$$I_M = \frac{S_M}{\sqrt{3}U_H}. \quad (4.34)$$

Виконуємо розрахунок втрат електроенергії в інших лініях і результати заносимо до табл. 4.10.

Таблиця 4.10 – Втрати електроенергії в лініях

Лінія	Марка кабелю	К-сть ліній	Довжина, км	$I_M$ , А	R, Ом	$\tau$ , год./рік	$\Delta E_L$ , кВт·год.
ПС- ЦРП	АС-300	2	1,041	74,22	0,05153	2886,21	2458,00
ЦРП-ТП1	АПвПу 3х240	2	0,069	10,64	0,00445	2886,21	4,35
ЦРП-ТП2	АПвПу 3х240	2	0,023	40,82	0,00149	2886,21	21,48
ЦРП-ТП3	АПвПу 3х240	2	0,047	20,54	0,00304	2886,21	11,09
Разом							2494,92

Втрати електроенергії в ТП визначають за формулою, тис. кВт·год./рік:

$$\Delta E_T = n \cdot \Delta P_{xx} \cdot T_p + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_{kz} \cdot \left( \frac{S_\phi}{S_H} \right)^2 \cdot \tau, \quad (4.35)$$

де  $n$  - кількість трансформаторів;

$\Delta P_{kz}$  і  $\Delta P_{xx}$  – величини номінальних втрат у трансформаторах, відповідно, при короткому замиканні і холостому ході, кВт;

$T_p$  - час роботи трансформаторів, год./рік (приймається рівним 8760 год./рік);

$S_\phi$  - фактична потужність, яка передається через трансформатори, кВА;

$S_H$  - номінальна потужність одного трансформатора, кВА.

Проводимо розрахунок і результати зводимо у табл. 4.11.

Таблиця 4.11 – Втрати енергії в трансформаторах

№	Тип	шт	$\Delta P_x$ , кВт	$\Delta P_k$ , кВт	$S_p$ , кВА	$S_H$ , кВА	$\Delta E_T$ , кВт·год./рік
ТП-1	ТМ-2500	2	3,85	23,5	4028,69	2500	155519,05
ТП-2	ТМ-2500	2	3,85	23,5	2198,65	2500	93681,945

ТП-3	ТМ-2500	2	3,85	23,5	3229,72	2500	124051,875
Разом							373252,86

Загальна потреба підприємства в електроенергії, кВт·год./рік:

$$E = E_a + \Delta E_{\text{л}} + \Delta E_{\text{т}}; \quad (4.36)$$

$$E = 31685193,09 + 2494,92 + 373252,86 = 32060940,87 \text{ (кВт·год./рік)}.$$

Оплата за спожиту електроенергію:

$$\Pi = 5,5 \cdot 32060940,87 = 176335174,8 \text{ (грн.)}; \quad (4.37)$$

#### 4.4.2 Розрахунок собівартості електроенергії

Собівартість корисної, споживаної підприємством кіловат-години електроенергії, коп./кВтг:

$$S = \frac{C_{\text{сум}} \cdot 100}{E_a}, \quad (4.38)$$

де  $C_{\text{сум}}$  – величина сумарних витрат підприємства на електроенергію, тис.грн/рік;

$E_a$  – річна кількість корисно споживаної підприємством електроенергії, тобто без врахування втрат у лініях і трансформаторах, кВт·год./рік.

Отже, загальні (сумарні) витрати підприємства на електроенергію за рік будуть складати, тис. грн./рік:

$$C_{\text{сум}} = \Pi + C_{\text{п}}, \quad (4.39)$$

де  $\Pi$  – оплата за спожиту електроенергію;

$C_{\text{п}}$  – річні витрати підприємства при передаванні електроенергії.

Річні витрати промислового підприємства, зв'язані з передаванням і розподілом електричної енергії, включають такі складові, тис.грн/рік:

$$C_{\text{п}} = C_{\text{обс}} + C_{\text{пр}} + C_a + C_{\text{ір}}, \quad (4.40)$$

де  $C_{\text{обс}}$  – витрати підприємства на матеріали та зарплату персоналу при обслуговуванні електромереж і устаткування, грн/рік.;

$C_{\text{пр}}$  – річні витрати на поточний ремонт устаткування і мереж, грн/рік;

$C_a$  – амортизаційні відрахування при експлуатації електроустановок підприємства, грн/рік;

$$C_{\pi} = 7288653,06 + 919036,88 + 370791,84 + 2144620,44 = 10723102,2 \text{ (грн/рік)}.$$

Отже, сумарні витрати:

$$C_{\text{сум}} = 10723102,2 + 176335174,8 = 187058277 \text{ (грн/рік)}.$$

Отже, собівартість електроенергії:

$$S = \frac{187058277 \cdot 100}{31685193,09} = 5,90 \text{ (грн./кВт}\cdot\text{год.)}.$$

Для наочності результати розрахунків зводимо в табл. 4.12.

Таблиця 4.12 –Результати розрахунків

Показники	Позначення	Величина показників	Одиниця вимірювання
Кількість корисно спожитої електроенергії	Еа	31685193,09	кВт·год
Річне споживання електроенергії із втратами	Е	32060940,87	кВт·год
Плата за електроенергію	П	176335174,8	грн
Витрати на передачу і розподіл електроенергії	С <sub>π</sub>	10723102,2	грн
Сумарні витрати підприємства	С <sub>сум</sub>	187058277	грн
Собівартість електроенергії	S	590,36	коп/кВт·год

#### 4.5 Висновки до розділу 4

В даному розділі магістерської кваліфікаційної роботи було проведено розрахунок основних техніко-економічних показників спроектованої СЕП підприємства та розраховано собівартість електричної енергії, яка склала 590,36 коп/кВт·год.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У цьому розділі магістерської кваліфікаційної роботи розглядаються заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях в процесі підвищення енергоефективності приватного акціонерного товариства «Могилів-Подільський машинобудівний завод». В процесі експлуатації електроустановок персонал попадає під вплив різноманітних небезпечних і шкідливих виробничі фактори. Аварії машин і механізмів, які використовуються на заводі, а також невиконання правил по безпечній їх експлуатації може призвести до серйозної загрози життю та здоров'ю технологічного персоналу через небезпеку професійних захворювань і травмувань під час будівництва.

Отже, під час обслуговування діючих електроустановок на працівників впливають такі шкідливі та небезпечні виробничі фактори [23, 24].

Фізичні фактори: мікроклімат (температура, вологість, швидкість руху повітря, інфрачервоне випромінювання); виробничий шум, ультразвук, інфразвук; вібрація (локальна, загальна); освітлення: природне (недостатність), штучне (недостатня освітленість, прямий і відбитий сліпучий відблиск тощо).

Хімічні фактори: речовини хімічного походження, в основному аерозолі фіброгенної дії (пил).

Фактори трудового процесу: важкість (тяжкість) праці; напруженість праці. Важкість праці характеризується рівнем загальних енергозатрат організму або фізичним динамічним навантаженням, масою вантажу, що піднімається і переміщується, загальною кількістю стереотипних робочих рухів, величиною статичного навантаження, робочою позою, переміщенням у просторі. Напруженість праці характеризують: інтелектуальні, сенсорні, емоційні навантаження, ступінь монотонності навантажень, режим роботи.

### 5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту

#### 5.1.1 Електробезпека

Живлення силового обладнання заводу та системи освітлення



здійснюється від чотирьохпровідної трифазної мережі 380 х 220В (фазна напруга (фаза – "0") – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В).

Категорія умов по небезпеці електротравматизму – особливо небезпечні, так як роботи виконуються назовні приміщень.

Технічні рішення щодо запобігання електротравмам [25, 26]:

1) Для запобігання електротравм від контакту з нормально-струмопровідними елементами електроустаткування, потрібно: розміщувати неізольовані струмопровідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах; використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні - написи, таблички, попереджувальні знаки; підвід кабелів до споживачів здійснювати у закритих конструкціях підлоги;

2) При живленні однофазних споживачів струму від трипровідної мережі при напрузі до 1000 В використовується нульовий захисний провідник. При його використанні пробій на корпус призводить до КЗ. Спрацьовує захист від КЗ і пошкоджений споживач відключається від мережі.

3) Електрозахисні засоби захисту. Персонал, який обслуговує електроустановки, повинен бути забезпечений випробуваними засобами захисту. Перед застосуванням засобів захисту персонал зобов'язаний перевірити їх справність, відсутність зовнішніх пошкоджень, очистити і протерти від пилу, перевірити за штампом дату наступної перевірки. Користуватися засобами захисту, термін придатності яких вийшов, забороняється.

Використовуються основні та допоміжні електрозахисні засоби. Основними електрозахисними засобами називаються засоби, ізоляція яких тривалий час витримує робочу напругу, що дозволяє дотикатися до струмопровідних частин, які знаходяться під напругою. До них відносяться (до 1000В): ізолювальні штанги; ізолювальні та струмовимірювальні кліщі; покажчики напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками. Додатковими електрозахисними засобами називаються засоби, які захищають персонал від напруги дотику, напруги кроку та попереджають персонал про можливість помилкових дій. До них відносяться

(до 1000 В): діелектричні калоші; діелектричні килимки; переносні заземлення; ізолювальні накладки і підставки; захисні пристрої; плакати і знаки безпеки.

Експлуатація ручного електроінструменту дозволяється у разі дотримання таких вимог: перед кожною видачею інструменту в роботу повинна бути перевірена його комплектність та надійність кріплення деталей, справність захисного кожуху, кабелю (рукава); перед початком роботи повинна бути перевірена справність вимикача та машини на холостому ході; під час перерв у роботі, після закінчення роботи, під час змащування, очищення, заміни робочого елемента інструменту ручні машини необхідно вимкнути та від'єднати від електричної мережі; ручні машини, маса яких із розрахунку на руки працюючого, перевищує 10 кг, повинні мати пристрій для підвішування; під час роботи з ручними машинами на висоті необхідно використовувати засоби підмоцнення (помости); нагляд за експлуатацією ручних машин необхідно доручати спеціально призначеній для цього особі.

5.1.2 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць під час робіт з електровимірювальними кліщами і вимірювальними штангами

Вимірювання електровимірювальними кліщами і вимірювальними штангами в установках напругою понад 1000 В мають проводити дві особи: одна з групою IV, інші — з групою III. Ремонтниками вимірювання проводиться за нарядом, оперативними працівниками — за розпорядженням. В електроустановках напругою до 1000 В працювати з електро-вимірювальними кліщами може одна людина, що має групу III.

Для вимірювань слід застосовувати кліщі з амперметром, що встановлений на їх робочій частині. Використання кліщів з винесеним амперметром не допускається. Вимірювання в електроустановках напругою понад 1000 В необхідно проводити в діелектричних рукавичках і калошах (або стоячи на ізолювальній основі), в захисних окулярах. Кліщі необхідно тримати у висячому положенні. Забороняється нагинатися до амперметра під час відрахунку показників.

Під час проведення вимірювань забороняється торкатися приладів, проводів і вимірювальних трансформаторів. Вимірювання можна проводити

лише на ділянках шин, конструктивне виконання яких, а також відстань між струмовідними частинами різних фаз і між ними та заземленими частинами виключають можливість електричного пробоя між фазами або на землю через зменшення ізоляційних відстаней за рахунок робочої частини кліщів.

На кабелях напругою понад 1000 В користуватися для вимірювання електровимірювальними кліщами дозволяється лише в тих випадках, коли жили кабелю ізольовані і відстань між ними не менша 250 мм. Вимірювання електровимірювальними кліщами на шинах напругою до 1000 В слід виконувати, стоячи на підлозі або на спеціальних підмостках.

Під час вимірювань струмів пофазно з допомогою кліщів в установках напругою до 1000 В у разі горизонтального розташування фаз необхідно перед проведенням вимірювань обгородити кожен фазу ізолювальною прокладкою. Вказані операції проводяться в діелектричних рукавичках.

Підніматися на конструкцію або телескопічну вежу для проведення робіт слід без штанги. Піднімати штангу необхідно за допомогою канату, утримуючи її в вертикальному положенні робочою частиною догори. Застосовувати металеві канати для піднімання штанги забороняється. Під час піднімання не допускається розгойдувати штангу і вдаряти нею об тверді предмети. Під час піднімання на незначну висоту дозволяється передавати штанги з рук в руки. Забороняється проводити роботи з вимірювальними штангами під час грози, туману, дощу або мокрого снігу. Під час роботи з штангою слід витримувати нормовані відстані від струмопровідних частин до працівника.

Вимірювання на опорах ПЛ напругою до 1000 В може проводити одна особа, стоячи на кігтях (лазах) і надійно прикріпившись стропом запобіжного паска до опори. Забороняється виконувати вимірювання на ПЛ, стоячи на драбині. Забороняється проведення вимірювань на повітряних лініях з опор, які мають заземлювальні спуски.

## 5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

### 5.2.1 Мікроклімат

Нормуються параметри мікроклімату в виробничих приміщеннях та гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони. Тяжкість роботи розділяється на категорії залежно від загальних енерговитрат організму, ккал/с (Вт) [6]. Параметри мікроклімату в виробничому приміщенні, де встановлена лінія, наведено в табл.5.1.

Таблиця 5.1 – Нормування параметрів мікроклімату на постійних робочих місцях

Період року	Категорія робіт	Температура, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху, м/с
Теплий	ІІб	16-27	70 при 25°С	0,2-0,5
Холодний	ІІб	15-21	не більш 75	не більш 0,4

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату на робочому місці технологічного персоналу передбачається [28]: в холодну пору року використання калорифера; в літню пору застосування вентиляторів обдуву; провітрювання приміщення.

### 2.2. Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується концентраціями (ГДК) в мг/м. В умовах роботи на граничнодопустимих концентраціях можливими забруднювачами повітря робочої зони можуть бути пил та цемент, їх ГДК [6] наведено в табл. 5.2.

Для забезпечення складу повітря робочої зони передбачено [28]: провітрювання приміщення; цілісність вікон для перешкоджання попадання пилу в приміщення під час роботи лінії; встановлення пиловловлюючих засобів.

Таблиця 5.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони

Назва речовини	ГДК, мг/м <sup>3</sup>		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Пил нетоксичний	0.5	0.15	4
Цемент	6		4

### 5.2.3 Виробниче освітлення

Характеристика зорових робіт – малої точності. Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 [30] розряд зорової роботи IV, підрозряд «г» (табл.5.3).

Для загального освітлення приміщень рекомендується використовувати головним чином, світлодіодні лампи, що обумовлюється наступними перевагами: високою світловою віддачею (до 75 лм/Вт і більше); довгим часом використання (до 10000 годин); малою яскравістю поверхні, що світиться; спектральним складом випромінюючого світла (для деяких видів ламп цей склад є близьким до природного світла, що забезпечує гарну передачу кольорів).

Таблиця 5.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Х-ка зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Х-ка фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природне Ен пр	Сумісне Е сум
						всього	у т. ч. від загального		
Малої точності	Від 1,0 до 5 включно	v	б	малий	середній	-	200	3	1,8

При експлуатації здійснюється контроль за рівнем напруги освітлювальної мережі, своєчасна заміна перегорілих ламп, забезпечується чистота повітря у приміщенні.

### 5.2.4. Виробничий шум

Для відносної логарифмічної шкали в якості нульових рівнів обрані

показники, що характеризують мінімальний поріг сприйняття звуку людським вухом на частоті 1000 Гц. Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є «ССБТ. Шум. Загальні вимоги безпеки» [31, 33] (табл. 5.4).

Засоби боротьби із шумом в залежності від числа осіб, для яких вони призначені, поділяються на засоби індивідуального захисту і на засоби колективного захисту - «ССБТ. Засоби індивідуального захисту органів слуху. Загальні технічні умови і методи випробувань» і «Засоби і методи захисту від шуму. Класифікація».

Таблиця 5.4 – Рівень звукового тиску

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц								
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Постійні робочі місця в промислових приміщеннях	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Для зниження шуму в приміщенні, необхідно:

- безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі;
- для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало шумові вентилятори.

#### 5.2.5 Виробничі вібрації

Вібрацією називають механічні коливання пружних тіл або систем, коли відбувається переміщення центра їх ваги в просторі відносно статичного стану. Загальна вібрація передається на тіло через опорні поверхні людини, що стоїть чи сидить (підшви ніг або сідниці) [32].

Допустимі рівні загальної вібрації на постійних місцях у виробничих приміщеннях наведені в табл.5.5.

Таблиця 5.5 – Допустимі рівні вібрації на постійних місцях

Вид вібрації	Октавні смуги з середньгеометричними частотами, Гц									
	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Загальна вібрація: На постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях	$\frac{1,3}{108}$	$\frac{0,45}{99}$	$\frac{0,22}{93}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	-	-	-	-

В чисельнику середньоквадратичне значення вібрації, м/с  $10^{-2}$ , знаменнику - логарифмічні рівні вібрації, дБ.

Основними методами колективного віброзахисту є зниження вібрації шляхом дії на джерело виникнення: відстрочка від режиму резонанс; динамічне гасіння коливань, заміна конструктивних елементів уставок і будівельних конструкцій. Засоби індивідуального захисту діляться на засоби для ніг, рук та тіла працюючого.

#### 5.2.6 Фактори трудового процесу

Фактори трудового процесу визначаються відповідно до Гігієнічної класифікації праці [23]. Робота електротехнічного персоналу потребує значних фізичних зусиль за важкістю та напруженістю праці.

1. Клас умов праці за показниками важкості праці – допустимий (середньої важкості): загальні енергозатрати організму (кґ/м) – до 290; зовнішнє фізичне динамічне навантаження, виражене в одиницях механічної роботи за зміну, кґ/(Вт): при регіональному навантаженні (для чоловіків) – 13000; при загальному навантаженні ( за участю м'язів рук, тулуба, ніг) – до 44000; маса вантажу, що постійно підіймається та переміщується вручну, кґ – до 30 кґ; стереотипні робочі рухи: при локальному навантаженні (участь м'язів кистей та пальців рук)- до 40000; при регіональному навантаженні(участь рук та плечового суглоба) – до 20000; статичне навантаження (кґ/с): двома руками (чоловіки) – до 70000; за участю мязів тулуба та ніг – до 100 000; робоча поза: періодичне перебування в незручній позі (робота з поворотом тулуба,

незручним розташуванням кінцівок) та/або фіксованій позі (неможливість зміни взаєморозташування різних частин тіла відносно одна одної) до 25% часу зміни; перебування у вимушеній позі до 10%, в позі «стоячи» – до 60% часу зміни; нахил тулуба: вимушені нахили протягом зміни – 51-100 разів; переміщення у просторі (переходи через виконання технологічного процесу) – по горизонталі більше 8, вертикалі – 4 км.

## 2. Класи умов праці за показниками напруженості праці:

Інтелектуальні навантаження: зміст роботи - рішення складних завдань з вибором за алгоритмом; сприймання інформації та їх оцінка – сприймання інформації з наступною корекцією дій та операцій; розподіл функцій за ступенем складності завдання – обробка, контроль, перевірка завдання; характер виконуваної роботи – робота за встановленим графіком з можливим його коригуванням під час діяльності

Сенсорні навантаження: зосередження (%за зміну) - більше 75; щільність сигналів (звукові за 1 год) - більше 300; навантаження на голосовий апарат (протягом тижня) – від 20 до 25.

Емоційне навантаження: ступінь відповідальності за результат своєї діяльності – є відповідальним за функціональну якість основної роботи; ступінь ризику для власного життя – вірогідний; ступінь відповідальності за безпеку інших осіб – є відповідальним за безпеку інших.

Режим праці: тривалість робочого дня – 8 год; змінність роботи – однозмінна (без нічної зміни).

### **5.3 Дослідження безпеки роботи системи електроспоживання ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод» в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій**

Забезпечення безпеки роботи СЕП ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод» у надзвичайних ситуаціях базується на комплексі організаційних, інженерно-технічних заходів і засобів, спрямованих на збереження її працездатності в умовах дії загрозливих чинників. Для цього



необхідно: прогнозувати та оцінити можливі наслідки; заздалегідь спланувати заходи із запобігання та зменшення вірогідності виникнення надзвичайних ситуацій і скорочення масштабів прояву результатів НС; організація робіт в умовах НС та ліквідація її наслідків.

Всі СЕП мають свої слабкі ланки до і є досить вразливими до дії загрозливих чинників, що виникають у надзвичайних ситуаціях. СЕП є особливо уразливі через велику територію та безліч елементів можливого впливу НС. Електропостачання багатьох об'єктів є стратегічним елементом, тому і важливим є питання забезпечення високої стійкості роботи систем електропостачання, особливо заводів.

Вплив іонізуючих випромінювань ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ) на матеріали і деталі обладнання СЕП залежить від виду випромінювання, дози та умов навколишнього середовища. В обладнанні застосовуються елементи, до складу яких входять такі матеріали: метали, неорганічні матеріали (в основному діелектрики), провідники і різноманітні органічні сполуки (діелектрики, смоли і т.д.). Серед цих матеріалів метали найбільш чутливі до впливу іонізуючих випромінювань, оскільки їм властива висока концентрація вільних носіїв. Відомо, що іонізуючі випромінювання викликають зворотні і незворотні процеси, внаслідок яких можуть відбуватися порушення роботи електричних елементів схеми, що призводять до виходу з ладу апаратури. Так, проходячи через елементи, потік гамма-випромінювань створює в них вільні носії електричних зарядів, в результаті переміщення яких виникає помилковий імпульс, який призводить до спрацьовування пристрою. В результаті опромінення у транзисторах змінюється обернений струм і коефіцієнт підсилення, у конденсаторах знижуються напруги пробою та опір стікання, змінюється провідність і внутрішній нагрів; руйнується електрична ізоляція дротів тощо.

Для інженерної практики найбільший інтерес представляє оцінка безпеки системи захисту роботи СЕП при впливі на її компоненти іонізуючих випромінювань протягом певного часу.

Найбільш піддаються впливу електромагнітного імпульсу (ЕМІ) системи електроспоживання, зв'язку, сигналізації і керування. ЕМІ ушкоджують напівпровідниковим приладам, резисторам, конденсаторам та представляє велику небезпеку для обладнання СЕП добре захищеної від впливу інших вражаючих факторів. Тому слід пам'ятати, що апаратура може втратити працездатність, знаходячись у надійних захисних спорудженнях.

5.3.1 Дослідження стійкості роботи СЕП ПрАТ «Моги́лів-Подільський машинобудівний завод» в умовах дії іонізуючих випромінювань

Визначення граничного значення дози опромінення  $D_{\text{гр}i}$ , для елементів системи, при яких виникають незворотні зміни. Дані заносимо в табл. 5.6.

Таблиця 5.6 – Граничні значення експозиційних доз елементів СЕП заводу

№пп блоку	Блоки (елементи) СЕП	$D_{\text{гр}i}$ , Р	$D_{\text{гр}}$ , Р
1	Блок живлення	$10^5$	10 <sup>4</sup>
2	Блок керування (МПК)	$5 \times 10^5$	
3	Мікросхеми PIC16F877	$10^4$	
4	Транзистори КТ3102В	$10^4$	
5	Конденсатори Modulo 10	$10^7$	
6	Резистори SMD1206 0,125 - 10кОм	$10^7$	

Проаналізувавши дані таблиці 5.6, визначили, що самим уразливими елементами системи електропостачання з мінімальною дозою  $D_{\text{гр}i} = 10^4$  Р є такі мікросхеми та діоди. Визначаємо можливу дозу опромінення за формулою:

$$D_{\text{м}} = \frac{2 \cdot P_1 (\sqrt{t_k} - \sqrt{t_{\text{п}}})}{K_{\text{осл}}}, \quad (5.1)$$

де  $P_1$  – максимальне значення рівня радіації ( $P_1 = 6,27$  Р/год);

$t_k$  – час кінця опромінення ( $t_k = 131400$  год (5 років));

$t_{\text{п}}$  – час початку опромінення ( $t_{\text{п}} = 1$  год).

$K_{\text{осл}}$  – коефіцієнт послаблення радіації ( $K_{\text{осл}} = 2$ ).

$$D_m = \frac{2 \cdot 6,27 (\sqrt{131400} - \sqrt{1})}{2} = 2266,55 \text{ (Р)}.$$

Оскільки  $D_{\text{гр}i} > D_m$ , то дана система електропостачання може вважатися стійка до дії радіації. Визначимо допустимий час роботи РЕА в заданих умовах за формулою:

$$t_d = \frac{D_{\text{гр}} \cdot K_{\text{осл}} + 2 \cdot P_1 \cdot \sqrt{1}}{2 \cdot P_1}, \quad (5.2)$$

$$t_o = \frac{10^4 \cdot 2 + 2 \cdot 6,27 \cdot \sqrt{1}}{2 \cdot 6,27} = 1595,89 \text{ (год)}.$$

Отже, можливо доза опромінення елементної бази  $D_m = 2266,55 \text{ Р}$ , а допустима -  $10^4 \text{ Р}$ . Отже, система електропостачання є стійкою в умовах дії іонізуючого випромінювання. Допустимий час роботи системи в заданих умовах становить 1595,89 год. при рівні радіації 6,27 Р/год, це більше ніж час морального елементів СЕП.

5.3.2 Дослідження стійкості роботи системи електропостачання ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод» в умовах дії електромагнітного імпульсу

1. Визначається горизонтальна складова напруженості електричного поля

$$E_{\Gamma} = 10^{-3} \cdot E_B = 10^{-3} \cdot 9,24 \cdot 10^3 = 9,24 \text{ (В/м)};$$

2. Система електропостачання ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод» розподіляється на окремі функціональні вузли, зокрема: система живлення, мікропроцесорний блок.

На кожній ділянці визначається максимальна довжина вертикальної і горизонтальної струмопровідної частини  $l_v$  і  $l_{\Gamma}$

На ділянці системи живлення максимальна довжина вертикальної і горизонтальної струмопровідної частини  $l_{v,ж} = 0,13 \text{ м}$ ,  $l_{\Gamma,ж} = 0,11 \text{ м}$ . На ділянці мікропроцесорного блоку  $l_{v,м} = 0,017 \text{ м}$ ,  $l_{\Gamma,м} = 0,021 \text{ м}$ .

3. Для кожної ділянці визначаються наведені напруги у струмопровідних частинах.

На ділянці системи живлення:

$$U_{В.ж} = E_{Г} \cdot I_{В.ж} = 9,24 \cdot 0,13 = 1,08 \text{ (В)};$$

$$U_{Г.ж} = E_{В} \cdot I_{Г.ж} = 92,4 \cdot 10^3 \cdot 0,11 = 1760 \text{ (В)}.$$

На ділянці мікропроцесорного блоку:

$$U_{В.м} = E_{Г} \cdot I_{В.м} = 9,24 \cdot 0,017 = 0,272 \text{ (В)};$$

$$U_{Г.м} = E_{В} \cdot I_{Г.м} = 9,24 \cdot 10^3 \cdot 0,021 = 336 \text{ (В)}.$$

На ділянці системи живлення:

$$U_{В.ж} = E_{Г} \cdot I_{В.ж} = 9,24 \cdot 0,13 = 1,08 \text{ (В)};$$

$$U_{Г.ж} = E_{В} \cdot I_{Г.ж} = 92,4 \cdot 10^3 \cdot 0,11 = 1760 \text{ (В)}.$$

На ділянці мікропроцесорного блоку:

$$U_{В.м} = E_{Г} \cdot I_{В.м} = 9,24 \cdot 0,017 = 0,272 \text{ (В)};$$

$$U_{Г.м} = E_{В} \cdot I_{Г.м} = 9,24 \cdot 10^3 \cdot 0,021 = 336 \text{ (В)}.$$

4. Визначається допустиме коливання напруги живлення

$$U_{Д} = U_{ж} + \frac{U_{ж} \cdot N}{100} \text{ (В)},$$

На ділянці системи живлення:

$$U_{Дж} = U_{ж} + \frac{U_{ж} \cdot N}{100} = 220 + \frac{220}{100} \cdot 5 = 231 \text{ (В)}.$$

На ділянці мікропроцесорного блоку:

$$U_{Дм} = U_{м} + \frac{U_{м} \cdot N}{100} = 5 + \frac{5}{100} \cdot 5 = 5,2 \text{ (В)}.$$

5. Визначаються коефіцієнти безпеки

$$K_{БВ} = 20 \cdot \lg \frac{U_{Д}}{U_{В}}, K_{БГ} = 20 \cdot \lg \frac{U_{Д}}{U_{Г}}.$$

Для ділянки живлення

$$K_{БВж} = 20 \cdot \lg \frac{U_{Дж}}{U_{Вж}} = 20 \cdot \lg \frac{231}{1,08} = 46,63 \geq 40 \text{ (дБ)};$$

$$K_{БГж} = 20 \cdot \lg \frac{U_{Дж}}{U_{Гж}} = 20 \cdot \lg \frac{231}{1760} = -17,63 \leq 40 \text{ (дБ)};$$

Для ділянки мікропроцесорного блоку

$$K_{БВм} = 20 \cdot \lg \frac{U_{Дм}}{U_{Вм}} = 20 \cdot \lg \frac{5,2}{0,272} = 33,31 \leq 40 \text{ (дБ)};$$

$$K_{БГМ} = 20 \cdot \lg \frac{U_{ДМ}}{U_{ГМ}} = 20 \cdot \lg \frac{5,2}{336} = -28,6 \leq 40 \text{ (дБ)};$$

6. Результати розрахунків заносимо в табл. 5.7.

7. Дані таблиці аналізуємо і робимо висновки.

Коефіцієнти безпеки менше 40 дБ, тому дільниці вважаються нестійкими і необхідно застосовувати екранування.

Таблицю 5.7 – Результати розрахунків коефіцієнтів безпеки елементів СЕП ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод».

Дільниця СЕП	U <sub>д</sub> , В	E <sub>в</sub> , В/м	E <sub>г</sub> , В/м	U <sub>в</sub> , В	U <sub>г</sub> , В	K <sub>БВ</sub> , дБ	K <sub>БГ</sub> , дБ
Блок живлення	231	11400	11,4	1,08	1760	46,63	-17,63
Мікропроцесорний блок	5,2	11400	11,4	0,272	336	33,31	-28,6

Отже, при екрануванні блоку живлення та блоку курування з використанням екрану товщиною 0,140 см зі сталі, система керування буде стійкою в умовах дії електромагнітного випромінювання, при екрануванні силових елементів з використанням екрану товщиною 0,102 см, силові елементи будуть стійкими в умовах дії електромагнітного випромінювання.

Також визначено, що основними засобами для забезпечення безпеки роботи системи електроспоживання в умовах дії іонізуючих випромінювань та електромагнітного імпульсу є:

- використання спеціальних екранів;
- використання активного захисту від дії потоку заряджених частинок.

При імпульсній дії ЕМІ, крім перерахованих способів використовуються пристрої, що вимикають апаратуру і обладнання системи електроспоживання заводу на період його дії, а також збільшення відстані між елементами, що під напругою.

#### **5.4 Висновки до розділу 5**

В даному розділі магістерської кваліфікаційної роботи було розглянуто основні заходи з охорони праці, а саме організаційні і технологічні заходи, що направлені на максимальне зниження загрозливих чинників і створення оптимальних умов роботи ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод».

Також, у даному розділі було визначено область працездатності СЕП ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод» в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій.

## ВИСНОВКИ

В результаті виконання магістерської кваліфікаційної роботи було проведено аналіз та оптимізацію системи електропостачання ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод» з метою підвищення енергоефективності. Проведені наукові дослідження дозволили отримати наступні основні результати та висновки.

Обрано оптимальну кількість і потужність трансформаторних підстанцій для ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод», а саме запропоновано встановити три двотрансформаторних підстанції з трансформаторами ТМ 2500/10.

Обрано оптимальні перерізи і марки ліній живлення ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод». Підприємство буде оптимально заживити від підстанції повітряною лінією АС 300 мм<sup>2</sup> 10 кВ. Оптимальний переріз кабельних ліній ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод» краще виконати АПвПу 3х240мм<sup>2</sup> 10 кВ.

Здійснено розрахунок оптимального місця розташування центру мережі та центрального розподільчого пункту ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод».  $x=109$  м;  $y=45$  м – координати у яких встановлення ЦРП забезпечить мінімальні річні приведені затрати 75,148 тис. грн.

Обрано оптимальну схему внутрішньозаводського електропостачання ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод».

Оптимізована система електропостачання ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод» за рахунок прийнятих оптимальних рішень і інновацій стала більш енергоефективною, а це дозволить суттєво покращити економічні й технічні характеристики функціонування системи електропостачання заводу.

У результаті проведення енергетичного аудиту й аналізу використання ПЕР на заводі були сформовані наступні рекомендації з енергозбереження: встановлення засобів компенсації реактивної потужності; модернізація водяної системи опалення цехів заводу зі значними площами й невеликою кількістю

персоналу на систему опалення із використанням інфрачервоних обігрівачів;  
модернізація системи освітлення шляхом заміни ДРЛ на світлодіодні;

Після більш поглибленого аналізу запропонованих заходів із енергозбереження було виявлено, що:

- застосування компенсації реактивної потужності на заводі є ефективним заходом із економії електроенергії, що окупиться менше ніж за рік й приведе до щорічної економії коштів заводу більше 1 млн. грн.

- використання інфрачервоних обігрівачів є ефективним та призводить до економії коштів заводу.

- зміна ламп ДРЛ приведе до річної економії коштів з терміном окупності капіталовкладень менше одного року.

В економічній частині роботи проведено розрахунок основних показників спроектованої СЕП, визначено величину капітальних вкладень та плати підприємством за електроенергію. Собівартість електроенергії для заводу складає 590,36 коп/кВт·год.

У роботі були розглянуті питання охорони праці та безпека в надзвичайних ситуаціях на підприємстві. Були визначені небезпечні та шкідливі фактори, які мають місце на ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод» та розроблені ефективні заходи для покращення даних показників.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кравець В. С., Шулле Ю. А. Організаційно-методичні заходи по економії електроенергії на підприємствах. Міжнародна науково-технічна інтернет-конференція «Підвищення рівня ефективності енергоспоживання в електротехнічних пристроях і системах». Веб-сайт. URL: <https://lntu.edu.ua/uk/media/viii-mizhnarodna-naukovo-tekhnichna-internet-konferentsiya-pidvyshchennya-rivnya-efektyvnosti> (дата звернення 30.10.2023).
2. Кравець В. С., Шулле Ю. А. Стандарт ISO 50001 – стратегічний підхід до енергоменеджменту. L Науково-технічна конференція факультету електроенергетики та електромеханіки. Веб-сайт. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem-2021/paper/view/12471/10443> (дата звернення 30.10.2023).
3. Кравець В. С., Шулле Ю. А. Підвищення ефективності енерговикористання ПАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод ім. С. М. Кірова» за результатами контролю параметрів електроспоживання. LI Науково-технічна конференція факультету електроенергетики та електромеханіки. Веб-сайт. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem-2022/paper/view/15111/12748> (дата звернення 30.10.2023).
4. Кравець В. С., Шулле Ю. А. Підвищення енергоефективності приватного акціонерного товариства «Могилів-Подільський машинобудівний завод». LIII Науково-технічна конференція факультету електроенергетики та електромеханіки. Веб-сайт. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem-2024/paper/view/19639/16254> (дата звернення 07.12.2023).
5. Могилів-Подільський машинобудівний завод. Вікіпедія: веб-сайт. URL: <https://cutt.ly/yJmw0kL> (дата звернення 30.10.2023).
6. Могилів-Подільський машинобудівний завод. Офіційна сторінка. МПМЗ. Веб-сайт. URL: <https://mpmz.ua/uk> (дата звернення 30.10.2023).
7. Бурбело М. Й. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків: навчальний посібник. Вінниця: УНІВЕРСУМ, 2005. 148 с.
8. Барібін Ю.Г., Бабаханян И.С., Бейдер А.А. Довідник по проектуванню електропостачання: довідник. 1990. 576 с.
9. Правила улаштування електроустановок. Харків: Індустрія, 2007. 416 с.
10. Неклепаєв Б. Н., Крючков И. П. Електрична частина станцій і підстанцій: навч. посіб. Москва, 1989. 607 с.
11. Довідник по проектуванню електричних мереж і електро-обладнання / за ред. Ю.Г.Барібін.: Енергоатомвидав, 1991. 464 с.
12. Силові трансформатори. Веб-сайт URL: <http://www.lvmarket.com.ua/silovi-transformatori> (дата звернення 02.12.2023).

1. Показники якості електроенергії. Веб-сайт URL: <https://ltke.com.ua/ua/dovidnik-spozhivacha/osnovni-pokazniki-yakosti-elektroenergi%D1%97-ta-nadijnist-elektropostachannya> (дата звернення 02.12.2023).
2. Показники якості електроенергії. Веб-сайт URL: <https://kiroe.com.ua/pokazniki-yakosti-elektroenergi> (дата звернення 02.12.2023).
3. Вимикачі навантаження Веб-сайт URL: <http://001.com.ua/uk/vumykachinavantazhennya-c756> (дата звернення 02.12.2023).
4. Каталог конденсаторних установок. Веб-сайт URL: <http://www.kpenri.com.ua/-prod02.php> (дата звернення 02.12.2023).
5. Кабельно-провідникова продукція. Веб-сайт URL: <http://ibud.ua/ua/catalog/kabelno-provodnikovaya-produktsiya-1189> (дата звернення 02.12.2023).
6. Експлуатація освітлювальних установок Веб-сайт URL: [http://life-prog.ru/ukr/1\\_954\\_ekspluatatsiya-osvitlyuvalnih-ustanovok.html](http://life-prog.ru/ukr/1_954_ekspluatatsiya-osvitlyuvalnih-ustanovok.html) (дата звернення 02.12.2023).
7. Порівняння аналізів життєвого циклу компактних люмінесцентних ламп і ламп розжарювання на основі номінального терміну служби компактних люмінесцентних ламп. Веб-сайт URL: <https://p2infohouse.org/ref/47/46011.pdf> (дата звернення 02.12.2023).
8. ДСТУ ІЕС/TR 60909-4:2008 (ІЕС/TR 60909-4:2000, IDT) Національний стандарт України. Струми короткого замикання в трифазних системах змінного струму. Частина 4. Приклади обчислення сили струму короткого замикання.
9. Підтримка MS Office. Веб-сайт URL: <http://office.microsoft.com/uk-ua/support> (дата звернення 02.12.2023).
10. Камінський А.В., Мокін Б.І. Математичне та комп'ютерне моделювання процесів оптимізації центрування електричних мереж : монографія. Вінниця: УНІВЕРСУМ. Вінниця, 2005. 122с
11. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014. [Чинний від 2014-05-30]. URL: [http://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=58073](http://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page.html?id_doc=58073). (дата звернення 02.12.2023).
12. ДСТУ-Н Б А 3.2-1: 2007. Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. [Чинний від 2007-12-01]. URL: <https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv-> (дата звернення 02.12.2023).
13. ДБН А.3.2-2-2009. ССБП. Охорона праці і промислова безпека у

будівництві. Основні положення. [Чинний від 2009-01-27]. Вид. офіц. К.: Мінрегіонбуд України, 2009. 116 с.

14. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. [Чинний від 2017-04-01]. Вид. офіц. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.

15. НПАОП 40.1-1.32-01. (ДНАОП 0.00-1.32-01). Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. [Чинний від 2002-01-01]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text> (дата звернення 02.12.2023).

16. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Постанова МОЗ № 42 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972> (дата звернення 02.12.2023).

17. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.

18. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. [Чинний від 2019-03-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2018. 133 с.

19. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Постанова МОЗ № 37 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html> (дата звернення 02.12.2023).

20. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. Постанова МОЗ № 39 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99> (дата звернення 02.12.2023).

21. Боротьба з шумом на виробництві: Довідник / За ред. Е.Я.Юдіна. - М.: Машинобудування, 1985. 400 с.

22. Довідник по охороні праці на промисловому підприємстві /К.Н.Ткачук, Д.Ф.Иванчук, Р.В.Сабарно, А.Г.Степанов. К.: Техника, 1991. 285 с.

23. ДСТУ 8829:2019 Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація. URL: <https://www.alutal.com.ua/wp-content/uploads/2021/02/dstu-8829-2019-1.pdf> (дата звернення 01.12.2023).

24. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. URL: [https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu\\_b\\_v\\_1\\_1\\_36/5-1-0-1759](https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759) (дата звернення 01.12.2023).

25. Методичні рекомендації «Санітарно-гігієнічні вимоги щодо використання систем променевого опалення в виробничих приміщеннях» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://document.ua/pro-zatverdzhennja->

metodichnih-rekomendacii-sanitarno-gigien-doc17891.html. (дата звернення 01.12.2023).

26. ДСТУ 8828:2019. Пожежна безпека: веб-сайт. URL: <https://dwg.ru/dnl/15125>. (дата звернення 01.12.2023).

27. ДСТУ 8829:2019. Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація: веб-сайт. URL: <https://www.alutal.com.ua/wp-content/uploads/2021/02/dstu-8829-2019-1.pdf> (дата звернення 01.12.2023).

28. ДСТУ Б В.1.1-36. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек: веб-сайт. URL: [https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu\\_b\\_v\\_1\\_1\\_36/5-1-0-1759](https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759) (дата звернення 01.12.2023).

29. ДБН В.1.1-7. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги: веб-сайт. URL: [http://www.poliplast.ua/doc/dbn\\_v.1.1-7-2002.pdf](http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.1.1-7-2002.pdf) (дата звернення 01.12.2023).

30. Наказ Міністерства внутрішніх справ України «Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників»: веб-сайт. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225-18#Text> (дата звернення 01.12.2023).

31. Охорона праці: Лабораторний практикум / М. П. Купчик, М. П. Гандзюк, І. Ф. Степанець. К. : Основа, 1998. 224 с.

32. Методичні вказівки до виконання розділу з охорони праці в кваліфікаційних роботах здобувачів освітнього ступеня магістра за спеціальностями 153, 163, 171 і 172 / Уклад.: С. В. Дембіцька, І. М. Кобилянська, О. В. Кобилянський. Вінниця : ВНТУ, 2021. 51 с.

33. Кобилянський О. В., Кобилянська І.М., Яблочников С.Л. Основи охорони праці. Вінниця: Планер, 2007. 171 с.

34. Кобилянський О. В. Охорона праці при експлуатації електроустановок. Вінниця: ВДТУ, 2003. 125 с.

35. Кобилянський О. В. Охорона праці у галузі. Вінниця: ВНТУ, 2005. 139 с.

36. Кобилянський О. В. Основи охорони праці. Ч. 1. Вінниця: ВНТУ, 2007. 183 с.

37. Кобилянський О. В. Основи охорони праці. Ч. 2. Вінниця: ВНТУ, 2007. 171 с.

# Додатки

**Додаток А**  
**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

УЗГОДЖЕНО

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри ЕСЕЕМ

\_\_\_\_\_  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2023р.

д.т.н., проф. Бурбело М.Й.

“ 18 ” вересня 2023 р.

**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**

до магістерської кваліфікаційної роботи

на тему:

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПРИВАТНОГО  
АКЦІОНЕРНОГО ТОВАРИСТВА «МОГИЛІВ-ПОДІЛЬСЬКИЙ  
МАШИНОБУДІВНИЙ ЗАВОД»

Науковий керівник:

к.т.н., доц. Шулле Ю.А.

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Виконавець: студент гр. ЕМ-22м

Кравець В.С.

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Вінниця 2023 р.

## 1. ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (МКР)

Робота виконується на підставі наказу ВНТУ за № 247 від 18.09.2023р.

Дата початку роботи 19.09.2023р.

Дата закінчення роботи 03.12.2023р.

## 2. МЕТА І ПРИЗНАЧЕННЯ МКР. ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ РОЗРОБКИ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

а) Метою даної магістерської кваліфікаційної роботи є підвищення енергоефективності приватного акціонерного товариства «Могилів-Подільський машинобудівний завод».

б) призначення розробки: виконання магістерської кваліфікаційної роботи.

в) вихідні дані для виконання МКР: генплан підприємства; відомості про особливості технологічних процесів; відомості про електричні навантаження підприємства; відомості про джерела живлення.

## 3. ДЖЕРЕЛА РОЗРОБКИ

3.1 Методичні вказівки до виконання магістерських кваліфікаційних робіт для студентів спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» (освітня програма «Енергетичний менеджмент») / Уклад. О. В. Бабенко, Ю. А. Шулле. Вінниця : ВНТУ, 2023. 52 с.

3.2 Демов О. Д., Бірюков О. О., Мельничук Л. М. Розрахунок собівартості електроенергії на промисловому підприємстві: Навчальний посібник / О.Д. Демов, О.О. Бірюков, Л.М. Мельничук. Вінниця: ВНТУ, 2008. 92 с.

3.3 Бурбело М. Й. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків: навчальний посібник. Вінниця: УНІВЕРСУМ, 2005. 148 с.

3.4 Правила улаштування електроустановок. - 5-те вид., переробл. й доповн. X : Міненерговугілля України, 2017 р.

#### 4. ЕТАПИ І ТЕРМІН ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Зміст етапу	Термін виконання	
	початок	кінець
4.1 Збір інформації, яка необхідна для дослідження	18.09.2023	29.09.2023
4.2 Проведення дослідних розрахунків	30.09.2023	20.10.2023
4.3 Розробка робочих креслень	21.10.2023	17.11.2023
4.4 Написання розрахунково-пояснювальної записки і захист магістерської роботи	18.11.2023	04.12.2023

#### 5. МАТЕРІАЛИ, ЩО ПОДАЮТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ МКР

Пояснювальна записка МКР, графічні і ілюстровані матеріали, анотація до МКР українською та іноземною мовою.

#### 6. ПОРЯДОК КОНТРОЛЮ ВИКОНАННЯ ТА ЗАХИСТУ МКР

Робота приймається на проміжних контрольних перевірках, попередньому захисті та захисті в ДЕК.

#### 7. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

##### 7.1 Дані про патентоспроможність

Не передбачається

#### 8 ОЧІКУВАНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ

Не передбачається



## Додаток Б

### Вихідні дані

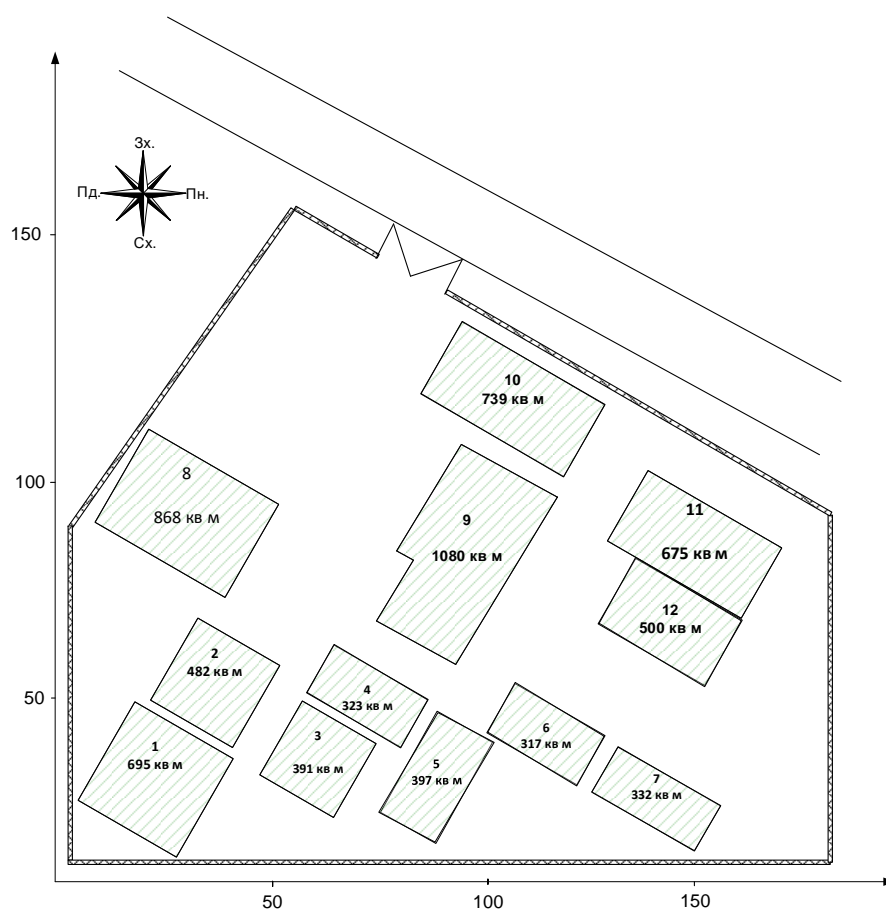


Рисунок Б.1 – Генеральний план ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод»

Таблиця Б.1 – Електричні навантаження ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод»

№	Цех	Рн, кВт	Площа, м <sup>2</sup>
1	Ливарний цех	1100	695
2	Механічний цех	400	482
3	Насосна станція	800	391
4	Блок допом.служб.	400	323
5	Адміністративний корпус	250	397
6	Побутовий корпус	450	317
7	Їдальня	400	332
8	Ковальський цех	1500	868
9	Механоскладальний цех №1	5000	1080
10	Механоскладальний цех №2	3000	739
11	Механоскладальний цех №3	2500	675
12	Складальний цех	660	500



## Додаток Г

### Генплан підприємства

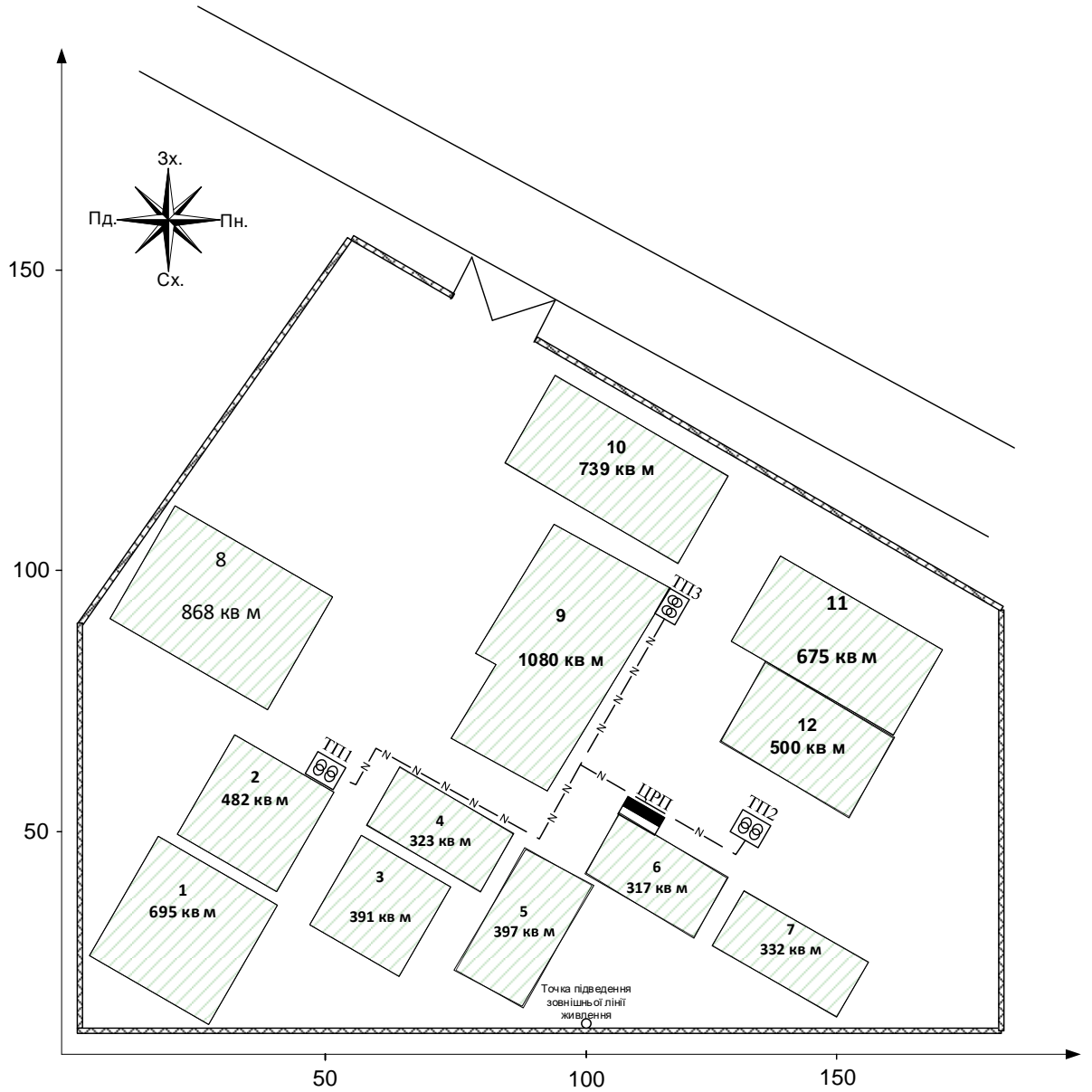


Рисунок Г.1 – Генплан ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод» із розташуванням ЦРП та ЦТП

## Додаток Д

## Однолінійна схема електропостачання підприємства

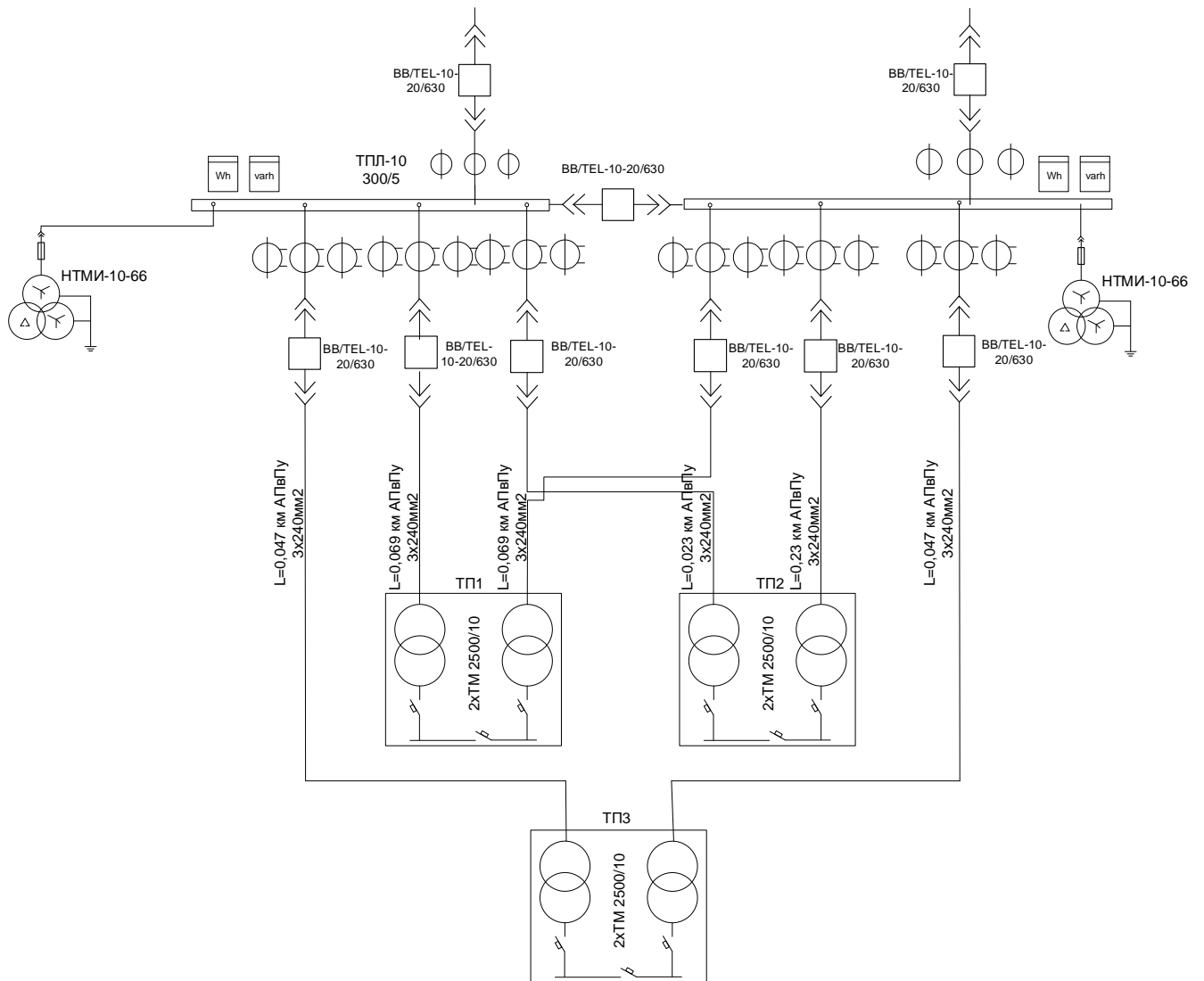


Рисунок Д.1 – Однолінійна схема внутрішньозаводського електропостачання ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод»

## Додаток Е

### Матеріали роботи

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
(повне найменування вищого навчального закладу)  
Факультет електроенергетики та електромеханіки  
(повне найменування факультету)  
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту  
(повна назва кафедри)

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**на тему:**

***ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПРИВАТНОГО  
АКЦІОНЕРНОГО ТОВАРИСТВА «МОГИЛІВ-ПОДІЛЬСЬКИЙ  
МАШИНОБУДІВНИЙ ЗАВОД»***

Виконав: студент   2   курсу, групи   ЕМ-22м  

\_\_\_\_\_ Кравець В. С.

(прізвище та ініціали)

Керівник \_\_\_\_\_ Шугале Ю. А.

(прізвище та ініціали)

Вінниця ВНТУ – 2023

**Актуальність роботи.** Системи електропостачання (СЕП) створюються із метою заживлення електроенергією промислових споживачів, до яких відносяться освітлювальні установки, електродвигуни, електричні печі, апарати електричного зварювання. Сучасні системи електропостачання промислових підприємств забезпечують необхідну надійності електропостачання; економію електроенергії якість електроенергії. Виконання таких важливих завдань забезпечується: лініями електропередач, трансформаторними підстанціями, розподільчими пристроями, комутаційними апаратами, пристроями для підтримки якості електроенергії, засобами регулювання напруги.

**Мета роботи:** підвищення енергоефективності приватного акціонерного товариства «Могилів-Подільський машинобудівний завод».

**Основні задачі:** оптимальний вибір схем електропостачання підприємства, оптимальний підбір провідників, підбір комутаційно-захисної апаратури, а також заходів із енергозбереження та охорони праці.

**Об'єкт роботи:** процес споживання електроенергії приватним акціонерним товариством «Могилів-Подільський машинобудівний завод».

**Предмет роботи:** методи та засоби, що використовуються для оптимального розрахунку системи електропостачання ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод».

**Методи магістерської кваліфікаційної роботи:** методи й закони загальної електротехніки, метод коефіцієнту попиту, метод коефіцієнтів використання, метод підсумовування навантажень.

**Наукова новизна магістерської кваліфікаційної роботи.** За рахунок використання сучасних методів розрахунку та застосування сучасного електротехнічного обладнання, для забезпечення технологічного процесу підприємства, удосконалена СЕП задовольняє вимогам надійності та безперебійності живлення споживачів.

**Практична цінність магістерської кваліфікаційної роботи.** Практична цінність МКР полягає у забезпеченні надійного й безперебійного електропостачання, сприяє енергоефективності, знижує витрати на енергію й дозволяє дотримуватися нормативів безпеки і стандартів електробезпеки. Удосконалення системи електропостачання надає можливість для майбутнього розширення та модернізації.

**Апробація результатів магістерської кваліфікаційної роботи.** Основні теоретичні положення й найвагоміші практичні результати виконаного дослідження було обговорено на конференціях у 2020, 2021, 2022, 2023 р. За результатами опубліковані тези доповідей.







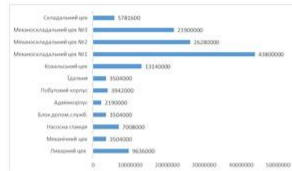


## Продовження додатку Е

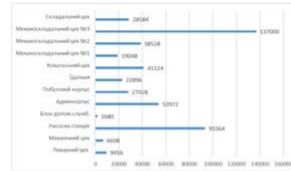
### Матеріали роботи

#### Проведення енергетичного аудиту

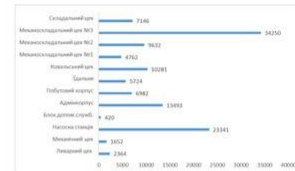
Енергоаудит проводиться із метою установлення ефективності використання енергоресурсів та розроблення економічно обґрунтованих заходів по зниженню обсягів їх споживання.



Баланс використання електроенергії на заводі



Баланс використання води на заводі



Баланс використання теплової енергії на заводі

- У результаті аналізу використання ПЕР на заводі були сформовані наступні рекомендації з енергозбереження:
- встановлення засобів компенсації реактивної потужності;
  - модернізація водяної системи опалення цехів заводу зі значними площами й невеликою кількістю персоналу на систему опалення із використанням інфрачервоних обігрівачів.
  - модернізація системи освітлення шляхом заміни ДРЛ на світлодіодні;
- Після більш поглибленого аналізу запропонованих заходів із енергозбереження було виявлено, що:
- застосування компенсації реактивної потужності на заводі є ефективним заходом із економії електроенергії, що окупиться менше ніж за рік й приведе до щорічної економії коштів заводу більше 1 млн. грн.
  - використання інфрачервоних обігрівачів є ефективним та призводить до економії коштів заводу.
  - зміна ламп ДРЛ приведе до річної економії коштів з терміном окупності капіталовкладень менше одного року.

9

#### Економічна частина магістерської кваліфікаційної роботи

В економічній частині роботи проведено розрахунок основних показників спроектованої СЕП, визначено величину капітальних вкладень та плати підприємством за електроенергію. Собівартість електроенергії складає 590,36 коп/кВт·год.

##### Кошторис річних поточних витрат

Стаття витрат	Величина витрат, грн	Структура, % до підсумку
Витрати по експлуатації енергоустановки і мереж	7288653,06	67,97
Витрати на поточний ремонт	919036,88	8,57
Витрати на амортизацію	370791,84	3,46
Інші витрати	2144620,44	20,00
Разом	10723102,19	100,00

##### Результати розрахунків основних економічних показників спроектованої СЕП

Показники	Позначення	Величина показників	Одиниця вимірювання
Кількість корисно спожитої електроенергії	Е <sub>а</sub>	31685193,09	кВт·год
Річне споживання електроенергії із втратами	Е	32060940,87	кВт·год
Плата за електроенергію	П	176335174,8	грн
Витрати на передачу і розподіл електроенергії	С <sub>п</sub>	10723102,2	грн
Сумарні витрати підприємства	С <sub>сум</sub>	187058277	грн
Собівартість електроенергії	S	590,36	коп/кВт·год

10

## Продовження додатку Е

### Матеріали роботи

#### Висновок

В результаті виконання магістерської кваліфікаційної роботи було проведено аналіз та оптимізацію системи електропостачання ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод» з метою підвищення енергоефективності. Проведені наукові дослідження дозволили отримати наступні основні результати та висновки.

Обрано оптимальну кількість і потужність трансформаторних підстанцій для ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод», а саме запропоновано встановити три двотрансформаторних підстанцій з трансформаторами ТМ 2500/10.

Обрано оптимальні перерізи і марки ліній живлення ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод». Підприємство буде оптимально заживити від підстанції повітряною лінією АС 300 мм<sup>2</sup> 10 кВ. Оптимальний переріз кабельних ліній ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод» краще виконати АПвПу 3х240мм<sup>2</sup> 10 кВ.

Здійснено розрахунок оптимального місця розташування центру мережі та центрального розподільчого пункту ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод».  $x=109$  м,  $y=45$  м – координати у яких встановлення ЦРП забезпечить мінімальні річні приведені затрати 75,148 тис. грн.

Обрано оптимальну схему внутрішньозаводського електропостачання ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод».

Оптимізована система електропостачання ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод» за рахунок прийнятих оптимальних рішень і інновацій стала більш енергоефективною, а це дозволить суттєво покращити економічні й технічні характеристики функціонування системи електропостачання заводу.

У результаті проведення енергетичного аудиту й аналізу використання ПЕР на заводі були сформовані наступні рекомендації з енергозбереження: встановлення засобів компенсації реактивної потужності; модернізація водяної системи опалення цехів заводу зі значними площами й невеликою кількістю персоналу на систему опалення із використанням інфрачервоних обігрівачів; модернізація системи освітлення шляхом заміни ДРЛ на світлодіодні;

Після більш поглибленого аналізу запропонованих заходів із енергозбереження було виявлено, що:

- застосування компенсації реактивної потужності на заводі є ефективним заходом із економії електроенергії, що окупиться менше ніж за рік й приведе до щорічної економії коштів заводу більше 1 млн. грн.

- використання інфрачервоних обігрівачів є ефективним та призводить до економії коштів заводу.

- зміна ламп ДРЛ приведе до річної економії коштів з терміном окупності капіталовкладень менше одного року.

В економічній частині роботи проведено розрахунок основних показників спроектованої СЕП, визначено величину капітальних вкладень та плати підприємством за електроенергію. Собівартість електроенергії для заводу складає 590,36 коп/кВт·год.

У роботі були розглянуті питання охорони праці та безпека в надзвичайних ситуаціях на підприємстві. Були визначені небезпечні та шкідливі фактори, які мають місце на ПрАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод» та розроблені ефективні заходи для покращення даних показників.