

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки

(повне найменування факультету)

Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного

(повна назва кафедри)

менеджменту

**Пояснювальна записка  
до магістерської кваліфікаційної роботи**

Магістр

(освітній ступінь)

на тему: Підвищення ефективності енерговикористання Товариства з обмеженою відповідальністю "Костал Україна", місто Переяслав-Хмельницький, Київська область

08-17.МКР.008.01.021 ПЗ

Виконала: студент 2-го курсу , групи  
ЕСЕ-20м

Освітня програма: “ Електротехнічні  
системи електроспоживання»

(назва ОП)

Спеціальність 141 – Електроенергетика,  
електротехніка та електромеханік

(шифр і назва спеціальності)

Ясько Я.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц. каф. ЕСЕЕМ

Бабенко О.В.

(прізвище та ініціали)

**Допущено до захисту**

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 р.

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

Опонент \_\_\_\_\_

проф. Бурбело М.Й.

(прізвище та ініціали)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 р.

(прізвище та ініціали)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 р.

Вінниця ВНТУ – 2021 року

**ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки  
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту  
Освітній ступінь – бакалавр  
Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри ЕСЕЕМ  
д.т.н., проф., Бурбело М.Й.

«24» вересня 2021 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ МАГІСТЕРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ**  
**Ясько Яні Анатоліївні**

1. Тема роботи Підвищення ефективності енерговикористання Товариства з обмеженою відповідальністю "Костал Україна", місто Переяслав-Хмельницький, Київська область, керівник Бабенко Олексій Вікторович, к.т.н., доц., затверджені наказом по ВНТУ від «24» вересня 2021 року, №277

2. Строк подання студентом роботи «15» грудня 2021 року.

3. Вихідні дані: генплан підприємства; відомості про електричні навантаження цехів (Додаток Б); відомості про особливості технологічних процесів та навколишнього середовища (внутрішнього та зовнішнього); відомості про електричні навантаження підприємства; відомості про джерела живлення, їх віддаленість; графіки електричних навантажень; основні техніко-економічні показники.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки

Анотація

Вступ

1. Загальні відомості про підприємство
2. Підвищення ефективності енерговикористання
3. Вибір системи освітлення
4. Інноваційні рішення та їх економічний розрахунок
5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

Висновки.

Список літератури.

Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу

- Генплан підприємства
- Схема головних кіл РП-10 кВ
- Схема електрична принципова підключення лічильників тр-рного включення

## 6. Консультанти розділів роботи

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

## 7. Дата видачі завдання «24» вересня 2021 року

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальні відомості про підприємство	30.09.2021	
2	Підвищення ефективності енерговикористання	10.11.2021	
3	Вибір системи освітлення	16.11.2021	
4	Інноваційні рішення та їх економічний розрахунок	28.11.2021	
5	Охорона праці	02.12.2021	

Студент

\_\_\_\_\_

(підпис)

Ясько Я.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник бакалаврської  
дипломної роботи

\_\_\_\_\_

(підпис)

Бабенко О.В.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

\_\_\_\_\_

(підпис)

Войтюк Ю. П.

(прізвище та ініціали)

Опонент

\_\_\_\_\_

(підпис)

\_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Ясько Я. А. Підвищення ефективності енерговикористання Товариства з обмеженою відповідальністю "Костал Україна", місто Переяслав-Хмельницький, Київська область. Бакалаврська робота. 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. ФЕЕЕМ. Кафедра ЕСЕЕМ – Вінниця: ВНТУ, 2021 – 107 с.

В магістерській дипломній роботі проведено аналіз споживання паливно енергетичних ресурсів ТОВ «Костал Україна». Знайдено шляхи підвищення ефективності споживання енергоресурсів та запропоновано їх до впровадження . А також розроблені норми з охорони праці.

Ключові слова: *освітлення промислових споруд, автоматична система комерційного обліку електроенергії, категорія надійності електропостачання.*

Рисунків: 9      Таблиць: 26      Бібліографій: 41

UDC 621.311

## ANNOTATION

Yasko Y. A. Improving the energy efficiency of Kostal Ukraine Limited Liability Company, Pereyaslav-Khmelnytskyi, Kyiv region. Bachelor thesis. 141 - Electric power, electrical engineering and electro mechanics. FEEEM. Department of ESEEM - Vinnitsa: VNTU, 2020 - 107 p.

In the master's thesis, the analysis of consumption of fuel and energy resources of LLC Kostal Ukraine is carried out. Ways to increase the efficiency of energy consumption have found and proposed for implementation. The developed norms on labor protection as well.

Keywords: *lighting of industrial buildings, automatic system of commercial electricity metering, power supply reliability category.*

Pictures: 9      tables: 26      bibliography: 41

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	5
ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО	8
1.1 Історична довідка про підприємство	8
1.2 Технічні данні по підприємству	8
1.3 Оцінка категорії з надійності електропостачання	13
РОЗДІЛ 2 ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯ НА ПІДПРИЄМСТВІ	20
2.1 Методи енергетичного аудиту	20
Опишемо ряд статистичних методів.	21
2.2 Регресійний аналіз заходів з енергозбереження	26
2.3 Визначення ROI газогенератора	28
РОЗДІЛ 3 ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ	33
3.1 Підвищення точності світлотехнічних розрахунків систем освітлення з круглосиметричними світильниками	33
3.2 Підвищення точності світлотехнічних розрахунків систем освітлення із світловими лініями	37
3.3 Розрахунок параметрів оптимальної системи освітлення	41
РОЗДІЛ 4 ІННОВАЦІЙНІ РІШЕННЯ ТА ЇХ ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК	53
4.1 Мета розрахунків та характеристика вихідних даних	53
4.2 Розрахунок потреби в робочій силі	57
4.3 Розрахунок річного споживання і втрат електроенергії. Розрахунок оплати за електроенергію	67
4.4 Розрахунок собівартості електроенергії	70
4.5 Організація обліку енергоносіїв	75
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	78
5.1 Технічні рішення щодо безпечної експлуатації об'єкта	79
5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	84

5.3 Дослідження стійкості роботи системи електропостачання в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій	92
5.4 Розробка превентивних заходів по підвищенню стійкості роботи системи електропостачання в умовах дії загрозливих чинників НС	97
ВИСНОВКИ	99
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	101
ДОДАТКИ	105
ДОДАТОК А. Вихідні дані	106
ДОДАТОК Б. Технічне завдання	108
ДОДАТОК В. ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НАВЧАЛЬНОЇ (КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ) РОБОТИ	111
ДОДАТОК Г. Принципова схема живлячої освітлювальної мережі	113



## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

РП - розподільчий пункт

ROI - Return on Investment (повернення інвестицій)

ТП – трансформаторна підстанція

ЩО – щит освітлення

АСКОЕ – автоматизована система комерційного обліку електроенергії

ЦОЕ – центр обліку електроенергії

## ВСТУП

**Актуальність теми:** Прийняття проектних рішень на ТОВ «КОСТАЛ Україна» безпосередньо впливає на об'єм і трудомісткість монтажних робіт, зручність та безпечність експлуатації електротехнічних установок систем електропостачання. Тому актуальним є вибір оптимальних параметрів системи електропостачання: сучасного електрообладнання, провідниково-кабельної продукції. Важливими є заходи по підвищенню надійності електропостачання, а також якості електроенергії в мережах підприємства. Разом з тим, ефективним є використання відновлювальних джерел електроенергії на підприємстві [1]. Для досягнення бажаних показників ефективності необхідно дослідити і оптимізувати параметри дахової фотоелектричної станції, що планується встановити на підприємстві, що досліджується.

**Мета роботи:** підвищення ефективності енерговикористання ТОВ «КОСТАЛ Україна», що призводить до підвищення економічних показників підприємства.

**Об'єкт дослідження:** Споживання електроенергії та система освітлення ТОВ «КОСТАЛ Україна».

**Предмет дослідження:** техніко-економічні показники роботи системи електропостачання ТОВ «КОСТАЛ Україна».

**Задача дослідження:** Основними задачами під час виконання роботи є розроблення технічних рішень по підвищенню ефективності використання енергоресурсів на підприємстві, вибору енергоефективного обладнання, модернізації системи освітлення.

**Наукова новизна:** Вдосконалено автомагізовану систему комерційного обліку ТОВ «Костал Україна» (АСКОЕ) шляхом

обґрунтованого вибору лічильників та маршрутизатора, що дозволяє ефективно контролювати процес енерговикористання на підприємстві.

Дістав подальшого розвитку підхід до використання точкового методу розрахунку круглосиметричних світильників та світлових ліній люмінесцентного освітлення, який полягає на поєднанні інформації про криві сили світла світильників а також аналітичних моделей визначення освітленості в точці і дозволяє відмовитись від застарілих розрахункових кривих, що характеризують світильники. Це дозволяє визначити оптимальну кількість сучасних світильників для забезпечення нормованої освітленості при мінімальному споживанні електроенергії.

**Практичне значення одержаних результатів:** Проведені дослідження дозволяють дізнатися термін окупності, річний прибуток, вартість АСКОВЕ та кількість лічильників, які необхідно встановити на промисловому підприємстві.

**Апробація результатів магістерської кваліфікаційної роботи:** Основні теоретичні положення й найвагоміші практичні результати виконаного дослідження було опубліковано в тезах доповіді [2,3].

**Публікації:** За результатами досліджень опубліковано дві тези доповідей [2,3].

## РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО

### 1.1 Історична довідка про підприємство

Компанія була заснована 6 липня 2006 року в місті Переяслав Київської області. Товариство з обмеженою відповідальністю (надалі ТОВ) «Костал Україна» є дочірньою компанією німецької фірми LEOPOLD KOSTAL GmbH & Co. Сама ж німецька фірма KOSTAL складається з 31 компанії в 17 країнах світу, а основний вид її діяльності є виробництво/розробка електронних, електро-механічних виробів для автомобільної промисловості.

Після затвердження будівництва підприємства на території колишнього заводу «Київприлад» було розпочато набір першої групи працівників. В лютому місяці 2007 році запустили лінії на серійне виробництво. За цей час (від початку будівництва і його завершення) працівники пройшли навчання на аналогічних заводах в Чехії та Німеччині.

Майже за 15 років існування підприємство отримало сертифікат якості ISO TS 16949 та ISO 14001, а також успішно пройшло інші сертифікаційні оцінки та аудити. В 2011 році від замовника компанії Ford ТОВ «Костал Україна» отримало Статус якості Q1.

Партнерами компанії є Ford, Audi, Volkswagen, Mercedes, Renault, BMW, SKODA, SEAT. Саме тому напрям діяльності – це контактні системи, автоматичне та діагностичне обладнання, промислова електроніка, автомобільна електроніка. Нажаль, Україна не має ринків для імпорту даної продукції, тому підприємство працює на 100% експорт.

### 1.2 Технічні данні по підприємству

На підприємстві встановлено комплектний розподільчий пристрій закритого типу для розподілення електроенергії на напрузі 10 кВ.

РП-10 кВ комплектується комірками типу КСО 394В.

Ввідні комірки №1 і 2 комплектуються вакуумними вимикачами типу ВВ/VL-12-20/1000.

Комірки на відхідні лінії №5, 6, 7, 8 до трансформаторів обладнуються вимикачами навантаження типу ВНА-10/630 та запобіжниками для захисту трансформаторів типу ПКТ013- 10-160-31,5. Секційні комірки №9 і 10 обладнані вакуумним вимикачем ВВ/VL-12-20/1000 і секційним роз'єднувачем типу РВЗ-10/630.

Обране обладнання стійке до струмів КЗ.

Розподільчий пристрій 10 кВ проектується окремо, згідно даного тому.

Для живлення струмоприймачів встановлюються чотири трансформатори типу ТМГ-1250/10/0,4 кВ. Встановлення трансформаторів виконується у вбудовані в приміщення заводу трансформаторні відсіки. Розподілення електроенергії на напрузі в 0,4 кВ виконується в головному розподільчому щиті встановленому в приміщенні електрощитової. Головний розподільчий щит 0,4 кВ виконується на базі шаф розподільчих типу XL<sup>3</sup> 6300 Legrand.

Лінії 10 кВ для живлення трансформаторів виконані кабелем марки АПвЭгаПу-15 1x70/25.

Кабель 10 кВ прокладаються в землі у відритій одній траншеї на глибині 1 м і прокладаються в ПЕ трубах. При прокладанні кабелів в траншеї вони повинні мати знизу підстилку, а зверху засипку шаром піску або дрібної землі, що не містить каміння, будівельного сміття і жужелю.

В місцях перетинів з інженерними спорудами кабелі прокладаються в ПЕ трубах з діаметром умовного проходу 160 мм. На ділянці перетину плюс 1 м в кожен бік при перетині кабелю та плюс по 2 м по обидва боки від полотна дороги.

Відриту траншею для прокладання кабелів облаштувати тимчасовим огороженням.

Прокладку кабелю виконати згідно СПиП 3.05.06-85 „Електротехнические устройства” та ПУЕ.

Відстань у світлі від кабелю, прокладеного у землі, до фундаментів будинків і споруд повинна бути не меншою 0,6 м. При прокладанні безпосередньо в землі під фундаментами будинків і спорудами не допускається.

Заземлення корпусів кабельних муфт виконується приєднанням до існуючих контурів заземлення.

Вздовж кабельної лінії встановлюється охоронна зона - 1 м, по обидва боки від кабелю.

Щоб уникнути пошкодження кабелю в місцях зміни траси необхідно дотримуватися мінімального вигину, що складає - 600 мм.

Прокладка кабелю підлягає прийманню із складанням актів огляду прихованих робіт.

Заземлюючий пристрій РП-10 кВ виконується по нормованому опорі відповідно вимогам глави 1.7. "Правил устроства електроустановок". Опір розтіканню струму по заземлюючому пристрою в будь-яку пору року не повинен перевищувати 4 Ом. Всі металоконструкції РП-10 кВ повинні бути надійно заземлені.

Захист від перенапруги здійснюється шляхом встановлення обмежувачів перенапруг.

Підстанція живить такі системи:

1. Освітлення – природне та штучне. Джерелом світла є лампи розжарювання та люмінесцентні лампи. Освітленість приміщення прийнята згідно ДБН В.2.5-28-2006. [4]

2. Джерелом водопостачання є міські мережі.

3. Система опалення – джерелом тепlopостачання є власна електростанція. В приміщеннях запроєктована водяна горизонтальна тупикова система опалення. Температура в приміщеннях підтримується за допомогою регулятора температури.

4. Вентиляція – загальнообмінна з механічним та природним спусканням. Припливне повітря підігрівається в повітропроводі за допомогою електрокалорифера. Піднімання температури – автоматичне. Повітропроводи виконані з оцинкованої сталі. Вентобладнання знаходиться в венткамері.

5. Система каналізації – підключено до міських мереж.

Система електропостачання є досить надійною та розрахована на зміни потужності виробництва. Надійність системи забезпечується живленням напряду від підстанції, наявністю внутрішнього реверсивного електропостачання та джерела безперебійного живлення.

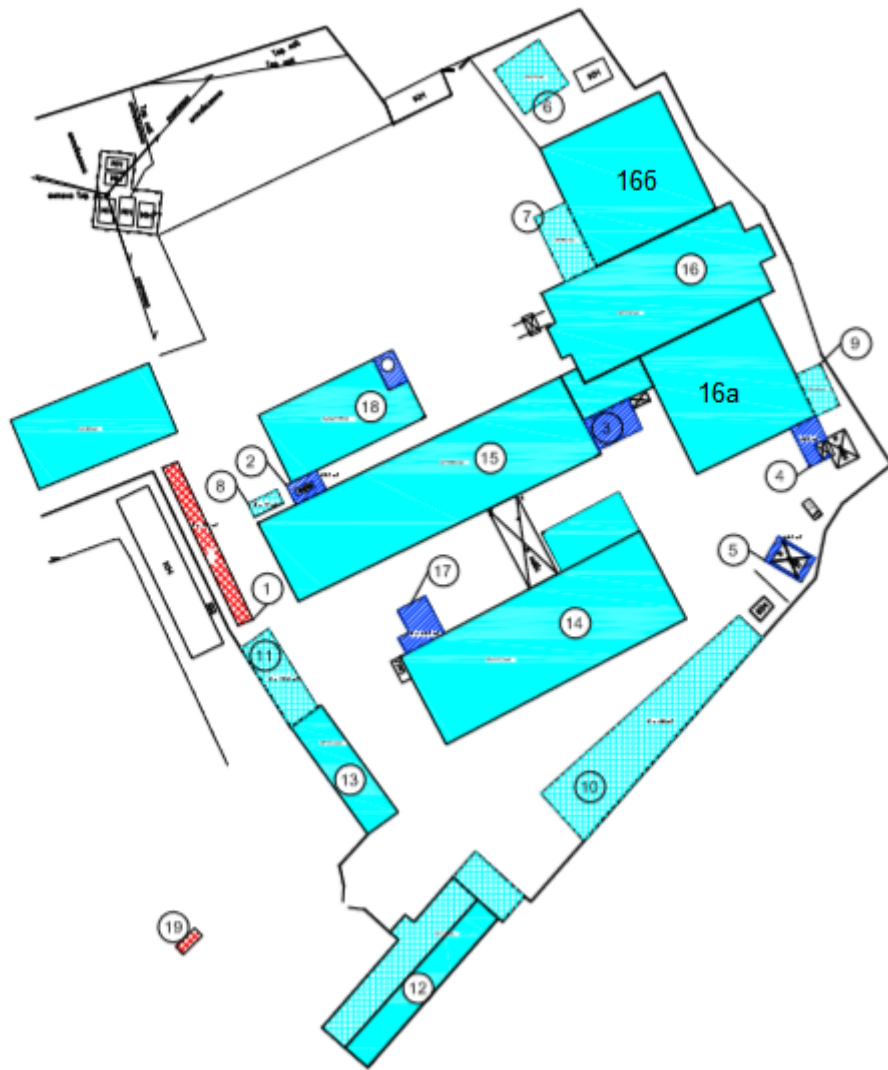


Рисунок 1.1 – Генплан ТОВ «Костал Україна»

На території підприємства (рисунок 1.1) знаходяться будівлі, що мають досить велике споживання електричної енергії. В таблицю 1.1 занесені потужності та площі будівель, що вказані на генплані ТОВ «Костал Україна»

Таблиця 1.1 – Відомості про електричні навантаження заводу

№ п/п	Найменування об'єктів	Р, кВт	Площа, м <sup>2</sup>
1	Майданчик (зем. діл.)	–	–
2	Майданчик (зем. діл.)	–	–
3	Майданчик (зем. діл.)	–	–



4	Майданчик (зем. діл.)	–	–
5	Майданчик (зем. діл.)	–	–
6	Майданчик (зем. діл.)	–	–
7	Майданчик (зем. діл.)	–	–
8	Майданчик (зем. діл.)	–	–
9	Майданчик (зем. діл.)	–	–
10	Майданчик (зем. діл.)	–	–
11	Майданчик (зем. діл.)	–	–
12	Корпус 1 (токарна)	19,9	135,5
13	Корпус 2 (компресорна)	139	137,2
14	Корпус 3 (монтаж)	188	1777,3
15а	Корпус 4 (1 поверх, склад)	329	1965,5
15б	Корпус 4 (2 поверх, ТПА)		
16а	Корпус 6 (цех ТПА)	1006	3147
16	Корпус 6 ( адміністрація)		
16б	Корпус 6 (СМТ)		
16в	Корпус 6 (2 поверх, офіси)		
17	Тамбур	–	40,5
18	Новий ангар	–	396
19	Велосипедна стоянка	–	10

Схема головних кіл РП-10 кВ зображена на рисунку 1.2

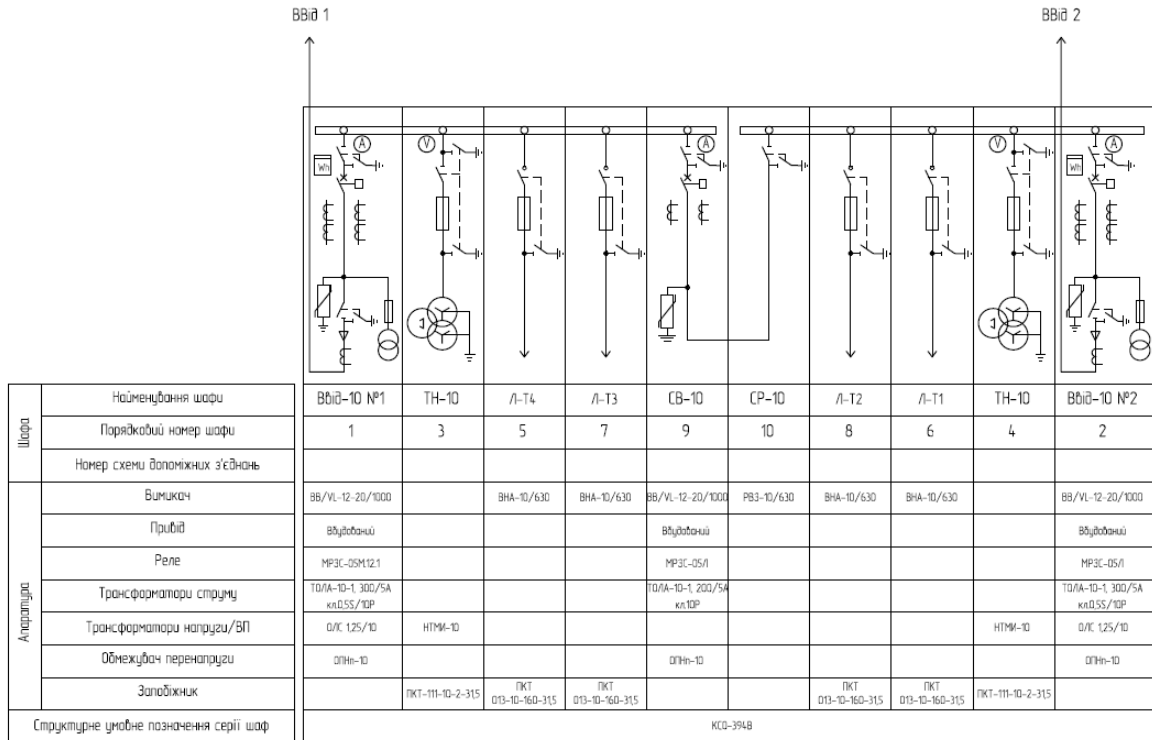


Рисунок 1.2 – Схема головних кіл РП-10 кВ

### 1.3 Оцінка категорії з надійності електропостачання

Дійсний Розрахунок класу наслідків (відповідальності) проводився згідно з наступними нормативними документами:

- ДБН А.2.2-3-2014. «Склад, порядок розроблення погодження та затвердження проектної документації для будівництва», зі зміною 1.
- ДСТУ 8855:2019 «Визначення класу наслідків (відповідальності)».
- ДБН В.1.2-14-2018 «Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд», зі зміною 1.
- Закон України «Про містобудівну діяльність».
- Постанова Кабінету Міністрів України від 15.02.2002 р. №175 «Про затвердження методики оцінки збитків від наслідків надзвичайних

ситуацій техногенного і природного характеру (із змінами, внесеними згідно з постановою КМУ №82 (862-2003-п) від 04.06.2003 р.

- Постанова Кабінету Міністрів України від 27.07.1995 р. № 554 «Про перелік видів діяльності та об'єктів, що становлять підвищену екологічну небезпеку (із змінами і доповненнями, внесеними постановами КМУ від 14.02.2001 р. № 142, від 06.06.201 № 630).

- Постанова Кабінету Міністрів України від 11.05.2011 р. № 560 «Про затвердження Порядку затвердження проектів будівництва і проведення експертизи та визнання такими, що втратили чинність деяких постанов КМУ».

- Наказ міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України № 45 від 16.05.2011 р. «Про затвердження порядку розроблення проектної документації на будівництво об'єктів».

Таблиця 1.2 – Класи наслідків

Клас наслідків (відповідально сті) об'єкта	Характеристики можливих наслідків відмови об'єкта				
	Можлива небезпека, кількість осіб			Обсяг можливого економічног о збитку, м.р.з.п.	Припинення функціонування лінійних об'єктів інженерно-транспортної інфраструктури, об'єктів комунікації, зв'язку, енергетики та інженерних мереж, рівень
	Для здоров'я і життя людей, які постійно перебувають на об'єкті	Для здоров'я і життя людей, які періодично перебувають на об'єкті	Для здоров'я і життя людей, які перебувають зовні об'єкта		
1	2	3	4	5	6
СС3 значні наслідки	Понад 400	Понад 1000	Понад 50000	Понад 50000	Загальнодержавний

Продовження таблиці 1.2 – Класи наслідків

1	2	3	4	5	6
СС2	Понад 50 до 400	Понад 100 до	Понад 100 до	Понад 2500	Регіональний, місцевий

середні наслідки	включно	1000 включно	50000 включно	до 50000 включно	
СС1 незначні наслідки	До 50 включно	До 100 включно	До 100 включно	До 2500 включно	Об'єктовий
<b>Примітка 1</b> Мінімальний розмір заробітної плати (м.р.з.п.) щорічно встановлюється у Державному бюджеті України на поточний рік.					

На території об'єкту, відповідно до рішень генерального плану, розташовані такі споруди:

1. Завод із виробництва мехатронних виробів.
2. Водозабірна свердловина (існуюча).
3. Пожежна насосна станція з двома резервуарами.
4. Складський майданчик.
5. Контрольно-пропускний пункт.
6. Майданчик з резервуарами скрапленого азоту та вуглецю та регазифікатором.
7. Майданчик для сортування та вивезення сміття.
8. Комплектні очисні споруди дощових вод.
9. Насосна станція дощових вод.
10. Комплектна насосна станція побутової каналізації.
11. Гостьова стоянка.
12. Крита велостоянка.
13. Інфільтраційний ставок очищених дощових вод.
14. Розподільчий пункт 10кВ.
15. Дизель-генератор.
16. Газовий розподільчий пункт шафового типу.

Для розрахунку класу наслідків (відповідальності) прийняті лише стаціонарні споруди, а саме:

- 1 Завод із виробництва мехатронних виробів.
- 3 Пожежна насосна станція з двома резервуарами.
- 4 Складський майданчик.
- 5 Контрольно-пропускний пункт.
- 14 Розподільчий пункт 10кВ.

Інші об'єкти генерального плану підприємства є елементами інженерного забезпечення об'єкту.

Розрахунок для об'єкту ГП №1 – «Завод із виробництва мехатронних виробів».

Кількість людей, які постійно перебувають на підприємстві дорівнює кількості працівників у зміну (кількість працівників максимальної зміни) і складає – 385 особи.

$$N1 = 385 \text{ особи.}$$

Відповідно до Таблиці 1.2 ДСТУ 8855:2019 об'єкт будівництва належить до класу наслідків (відповідальності) **СС2 (середні наслідки)**. [5]

Кількість осіб які періодично перебувають на території підприємства приймається від кількості персоналу (період перезмінки), з урахуванням адміністративних працівників, відвідувачів і складає – 550 осіб

$$N2 = 550 \text{ осіб.}$$

Відповідно до Таблиці 1 ДСТУ 8855:2019 об'єкт будівництва належить до класу наслідків (відповідальності) **СС2 (середні наслідки)**. [5]

Кількість осіб, які перебувають поза об'єктом становить:

N3 = від 100 до 50 000 осіб.

Відповідно до Таблиці 1 ДСТУ 8855:2019 об'єкт будівництва належить до класу наслідків (відповідальності) **СС2 (середні наслідки)**. [5]

Збитки від можливого руйнування основних фондів розраховують за формулою:

$$\Phi = c \sum_i^n P_i \left( 1 - \frac{1}{2} T_{ef} \times K_{a,i} \right)$$

$$\Phi_{\text{м.р.з.п.}} = \frac{\Phi}{\text{м.р.з.п.}}$$

Таблиця 1.3 – Збитки від можливого руйнування

Φ	прогнозовані втрати	тис. грн	137 398,1
Φ <sub>м.р.з.п.</sub>	обсяг можливого економічного збитку у мінімальних заробітних платах	м.р.з.п.	22 899,68
c	коефіцієнт, що враховує відносну долю основних фондів, що повністю втрачаються під час аварії		0,45
P <sub>i</sub>	вартість і-го виду основних фондів, що можуть бути втрачені, під якою слід розуміти загальну вартість, визначену на підставі ДБН Д.1.1-1 або за даними об'єкта аналога	тис. грн	348 947,598
T <sub>ef</sub>	середнє значення встановленого терміну експлуатації основних фондів	років	25
K <sub>a,i</sub>	коефіцієнт амортизаційних відрахувань і-го виду основних фондів		0,01
n	кількість видів основних фондів	штук	1
м.р.з.п.	Мінімальний рівень заробітної плати	тис. грн	6

Згідно таблиці 1.2 визначаємо, що об'єкт відноситься до класу наслідків (відповідальності) **СС2 (середні наслідки)**. [5]

Рівень складності інженерно-геологічних умов визначається згідно геологічних і геодезичних умов ділянки будівництва для класу наслідків (відповідальності) СС3 і відповідно до діючих норм на проектування. Сейсмічність ділянки - 7 балів. Інженерно-геологічні вишукування у вересня 2018р. виконані на ділянці будівництва.

Підстава: пункт 5.1.1 ДБН В.2.1-12:2014 "Будівництво у сейсмічних районах України". При проектуванні будівель класу наслідків ССЗ слід застосовувати карту ЗСР-2004-С. Згідно цієї карти (див. Таблиця А.1 в Додаток А) сейсмічність у місті Переяслав-Хмельницький - 6 балів.

Згідно звіту з геологічних вишукувань - ґрунти на будівельному майданчику відносяться до III-ї категорії за сейсмічними властивостями.

Згідно Таблиці 6.1 ДБН В.2.1-12:2014 "Будівництво у сейсмічних районах України" - при III-й категорії ґрунту за сейсмічними властивостями, нормативна сейсмічність майданчика за сейсмічності району в 6 балів підвищується на 1 бал до 7 (семи) балів.

Відповідно, сейсмічність майданчика - 7 балів. Складні інженерно-геологічні умови визначаються відповідно до ДБН А.2.1-1, ДБН В.2.1-10, ДБН В.1.1-24, а сейсмічні райони - згідно з ДБН В.1.1-12.

Підприємство за змістом власних технологічних процесів не відноситься до об'єктів, припинення функціонування яких може вплинути на загальнодержавний, регіональний або місцевий рівень.

Розрахунком розглядається ризик техногенної аварії, який може бути викликаний тим, що на території об'єкту пролягає існуюча інженерна комунікація великої державної ваги та відповідальності – високовольтний кабель 10 кВ, який прокладений від ПС 110/10 «Точмаш» ПАТ «Київобленерго» до Державного підприємства ТОВ «Костал Україна». Кабельна лінія належить Регіональному структурному підрозділу Київського районного центру «Київцентраеро» Державного підприємства обслуговування повітряного руху України, який письмово попередив ТОВ «Костал Україна» про непередбачувані тяжкі наслідки у повітряному русі авіасуден України та інших країн, у випадку його пошкодження.

Пошкодження цілком вірогідне, оскільки кабель енергоживлення державного стратегічного об'єкту знаходиться у зоні впливу нового будівництва та експлуатації заводу, проходить по території замовника будівництва, що вбачає високий ступінь ризику.

Згідно таблиці 1.2, з урахуванням викладених обставин, за характеристикою можливих наслідків від відмови зазначеного лінійного об'єкту інженерно-транспортної інфраструктури, визначаємо, що за критерієм «Припинення функціонування об'єктів інженерно-транспортної інфраструктури» рівень об'єкту відноситься до класу наслідків (відповідальності) **СС3 (значні наслідки)**. [5]

Загальний висновок по Об'єкту: За критеріями загальних вимог ДСТУ 8855:2019, а також наведених розрахунків об'єкт проектування відноситься до класу наслідків (відповідальності) **СС 3 (значні наслідки)**. [5]



## РОЗДІЛ 2 ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯ НА ПІДПРИЄМСТВІ

### 2.1 Методи енергетичного аудиту

Методи енергетичного аудиту – сукупність прийомів які оцінюють ефективність використання ПЕР [1]. Ці прийоми можна поділити на три групи

Прийоми (огляд, перерахування, вимірювання) першої групи дозволяють визначити на скільки ефективно використовується ПЕР об'єктом енергоаудиту.

Під час проведення прийомів другої групи зіставляються показники:

- Фактичне і діюче використання ПЕР;
- Фактичний і плановий обсяг випуску продукції;
- Діючі системи управління (функції, структури, методи і так далі) з вітчизняними і закордонними стандартами;
- Контрольні вимірювання і вимірювання, що занотовані у відповідних документах;

Таке зіставлення наглядно показує відхилення між дійсним і прогнозованим споживанням паливно енергетичних ресурсів.

Використовуючи прийоми третьої групи оцінюють стан об'єкта в минулому, майбутньому і теперішньому. Перевіряється достовірність енергетичної інформації, оцінювання споживання паливно енергетичних ресурсів. Цей етап є логічним завершенням всіх етапів зіставлення.

Для коректного проведення енергоаудиту іноді використовують методи всіх галузевих знань: (методи математичної статистики; метод аналізу енергоекономічної діяльності (індекси, групування, ланцюгові підстановки, різні баланси та інше); системний аналіз; метод експертних оцінок; економічно-математичний метод)

Також є енергоаудиторські методи [1]:

1. Статичний метод (використовується звітна інформація об'єкта і таблиці розроблені під час проведення енергоаудиту для визначення динаміки процесів);
2. Експериментальний метод ( проводиться вимірювання відповідних показників);
3. Аналітичний метод (розуміє під собою використання математичного аналізу на всіх стадіях енергетичного аудиту).

Статистичний метод

Опишемо ряд статистичних методів.

А. Визначення параметрів розподілу ймовірностей показників одержаних результатів.

Мета - перевірка гіпотези стосовно нормального розподілу ймовірностей.

Її можна реалізувати за визначеними критеріями, наприклад Колмогорова,  $\chi^2$ ,  $\omega^2$ . Також таку перевірку можна реалізувати з використанням значень так званих параметрів асиметрії та ексцесу, що часто і здійснюється [1].

Параметр асиметрії використовуються у випадку потреби охарактеризувати ступінь асиметричності кривої розподілу.

Оцінювання асиметрії та ексцесу здійснюється відповідно до формул:

$$\tilde{S}_k = \frac{m_3}{s^3}; \quad \tilde{E}_x = \frac{m_4}{s^4} - 3, \quad (2.1)$$

де  $m_3$  та  $m_4$  – вибіркові центральні 3-го та 4-го порядку моменти;  $s^3$ ,  $s^4$  –показники оцінювання середньоквадратичного відхилення відповідно 3- та 4-го ступенів.

Величини, які використовуються в попередній формулі – визначаються за формулами

$$m_3 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \tilde{x})^3; \quad m_4 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \tilde{x})^4; \quad (2.2)$$

$$s^3 = \left( \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - m_x)^2} \right)^3; \quad s^4 = \left( \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - m_x)^2} \right)^4.$$

Гіпотеза стосовно факту, що закон розподілу можна прийняти як нормальний, відкидається за умов

$$\left| \tilde{S}_k \right| > \left| S_{k\alpha} \right|; \quad \tilde{E}_x < E_{x_\alpha^-} \quad \text{або} \quad \tilde{E}_x > E_{x_\alpha^+}. \quad (2.3)$$

Критичні значення  $S_{k\alpha}$  та  $E_{x_\alpha^-}$ ,  $E_{x_\alpha^+}$  для імовірностей  $\alpha = 0,01$ ;  $0,05$  наведено в відповідних таблицях, наприклад в [1].

Б. Також до статистичного методу відноситься визначення довірчих інтервалів

У разі, коли закон розподілу є нормальний і існує оцінка абсолютного відхилення  $\varepsilon$ , за значенням одного із спостережень  $x_i$  можна визначити довірчий інтервал, в межах якого з деякою вірогідністю  $p$  визначаються значення випадкової за своїм характером величини  $X$

$$x_i - \varepsilon \leq \theta \leq x_i + \varepsilon, \quad (2.4)$$

В. Дисперсійний аналіз, який дозволяє порівнювати математичні очікування для будь-якого числа незалежних вибірок.

Г. Кореляційний аналіз. Це аналіз, в основу якого покладено вивчення усередненого закону розподілу кожної з випадкових величин в залежності від значень деякої іншої величини.

Міра залежності між такими величинами, як  $x$  та  $y$  характеризується коефіцієнтом кореляції або кореляційним відношенням. Він визначається як математичне очікування добутку їх нормованих відхилень:

$$r_{xy} = M \left( \frac{x-a}{\sigma_x} \cdot \frac{y-b}{\sigma_y} \right), \quad (2.5)$$

де  $a, b$  – центри розподілу величин  $x$  та  $y$ ;

$\sigma_x, \sigma_y$  – середні квадратичні відхилення відповідних величин.

$a = Mx; \quad b = My.$

Д. Регресійний аналіз. Це аналіз, який дозволяє на основі статистичних даних встановити зв'язок між випадковими величинами. Функції, які показують зв'язок можуть бути такими: лінійна функція, парабола, поліном третього ступеня, гіпербола.

Часто для пошуку найкращої лінії регресії використовують метод найменших квадратів.

Під час аналізу будемо використовувати лінійну регресію  $y_p = a + bx$ .

Значення коефіцієнта регресії [1]

$$b = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad (2.6)$$

Значення коефіцієнта регресійної залежності  $b$  описують через дисперсії  $S_x$ ,  $S_y$  та коефіцієнт кореляції  $r$ :

$$b = r \frac{S_y}{S_x}, \quad (2.7)$$

де 
$$S_y = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (y_i - y_0)^2}; \quad S_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (x_i - x_0)^2};$$

$$r = \frac{\sum (x_i - x_0)(y_i - y_0)}{(n-1)S_x S_y}; \quad x_0 = \frac{1}{n} \sum x_i; \quad y_0 = \frac{1}{n} \sum y_i.$$

Значення постійної складової отримують з рівняння:

$$a = \frac{\sum y_i - b \sum x_i}{n} \quad (2.8)$$

Оскільки планові показники енергоспоживання отримуються виходячи з точної регресійної залежності  $a_y = \varphi(x)$ , а в дійсності ми маємо наближену залежність то необхідно побудувати довірчі інтервали, всередині яких з високою ймовірністю буде точна залежність  $a_y = \varphi(x)$ . Стосовно випадку лінійної регресії будується довірна область, яка зображена на рис. 2.5.

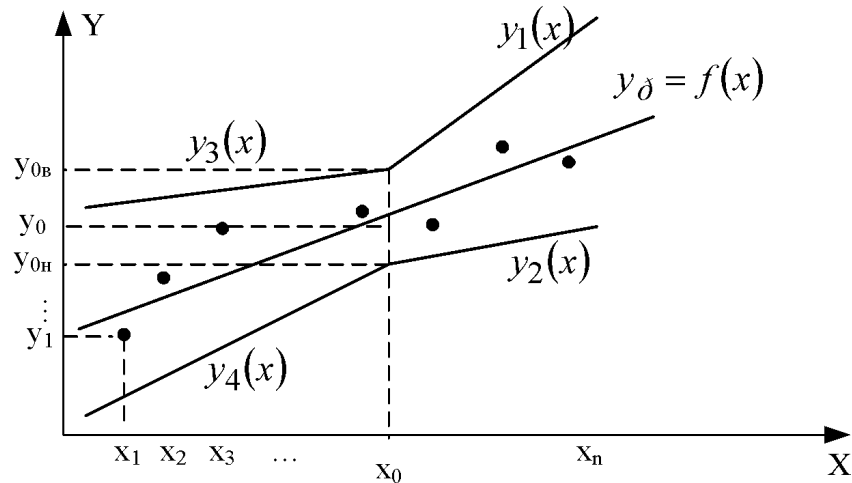


Рисунок 2.1 – Довірчі інтервали регресії

Лінія  $y_{\delta} = a + bx$  знаходиться всередині області, що обмежена довірчими інтервалами. Особливості побудови довірчих інтервалів викладені нижче.

Дисперсія середнього  $y_0$  в  $n$  раз менша середньозваженої дисперсії за всіма окремими спостереженнями  $y_i$ . Межі довірчого інтервалу для істинного середнього значення параметра  $y$

$$y_{0н} = y_0 - \frac{Sy}{\sqrt{n}} t_{1-p/2}; \quad y_{0в} = y_0 + \frac{Sy}{\sqrt{n}} t_{1-p/2}, \quad (2.9)$$

де  $t_{1-p/2}$  – квантилі  $t$ -розподілення (розподіл Стьюдента).

Межі довірчого інтервалу ( $b_1, b_2$ ) отриманої оцінки коефіцієнта регресії  $b$ .

$$b_1 = b - t_{1-p/2} \frac{Sy\sqrt{1-r}}{Sx\sqrt{n-2}}; \quad b_2 = b + t_{1-p/2} \frac{Sy\sqrt{1-r}}{Sx\sqrt{n-2}}. \quad (2.10)$$

За відомими  $y_{0н}$ ,  $y_{0в}$ ,  $b_1$ ,  $b_2$  розраховують значення відповідних коефіцієнтів  $\alpha$  :

$$a_{11} = y_{0н} - b_2 x_0 ; \quad a_{12} = y_{0в} - b_2 x_0 ; \quad (2.11)$$

$$a_{21} = y_{0н} - b_1 x_0 ; \quad a_{22} = y_{0в} - b_1 x_0 .$$

Рисунок 3.1 ілюструє довірчу область, побудовану з урахуванням розрахованих значень коефіцієнтів  $\alpha_{11}$ ,  $\alpha_{12}$ ,  $\alpha_{21}$ ,  $\alpha_{22}$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ . Вона обмежена прямими:  $y_1 = a_{12} + b_2 x$ ,  $y_2 = a_{21} + b_1 x$ ,  $y_3 = a_{22} + b_1 x$ ,  $y_4 = a_{11} + b_2 x$ . У цій області з довірчою ймовірністю  $(1-p)^2$  розташована лінія істинної регресії.

#### Експериментальний метод

Експериментальний метод – це метод аналізу характеристик енергоспоживання через проведення експериментів за допомогою засобів вимірювань.

Одним з методів, який належить до експериментального є метод перевірного тесту, який заснований на спостереженні за зміною рівня енергоспоживання до та після вимкнення приладів [3]. У енергомережі, де кілька споживачів енергії приєднані до одного лічильника, цей метод використовується для знаходження кількості енергії, що споживається одним споживачем або групою.

#### Аналітичний метод

Аналітичним методом називається метод дослідження процесів енергоспоживання з використанням математичного аналізу як у випадку вимірювань або досліджень, так і під час реалізації висновків енергоаудитора.

Такий метод дозволяє за допомогою математичних моделей, що описують процеси експлуатації отримати результати, які дадуть достовірні оцінки ефективності напряму енергоаудиторської діяльності.

## 2.2 Регресійний аналіз заходів з енергозбереження

На підприємстві запропоновано впровадити систему енергетичного менеджменту, функції якої вже фактивно почали виконуватись на підприємстві за допомогою працівників відділу головного енергетика. Працівники впроваджували регулярні заходи з енергозбереження, контролювали їх виконання та аналізували наслідки їх впровадження. Одним із способів ефективної реалізації заходів є використання математичного апарату, який дає оцінку ефективності [6].

Серед методів які запропоновано використовувати звернемо увагу на регресійний аналіз процесів.

Для прикладу взято захід з енергозбереження: регулярна очистка турбін насосів чиллера/градирні, що проводиться по датчику тиску.

Насоси працюють цілодобово із змінним графіком навантаження. Режим роботи насосів щодня повторюється.

За викладеною методикою побудовано регресійні залежності до та після регулярної очистки турбіни, які зображено на рис. 2.2. Вісь абсцис даного графіку – розподілення робочої доби на 10 зон з практично незмінним енергоспоживанням, вісь ординат – річні експлуатаційні витрати на експлуатацію насосу для кожної добової зони.



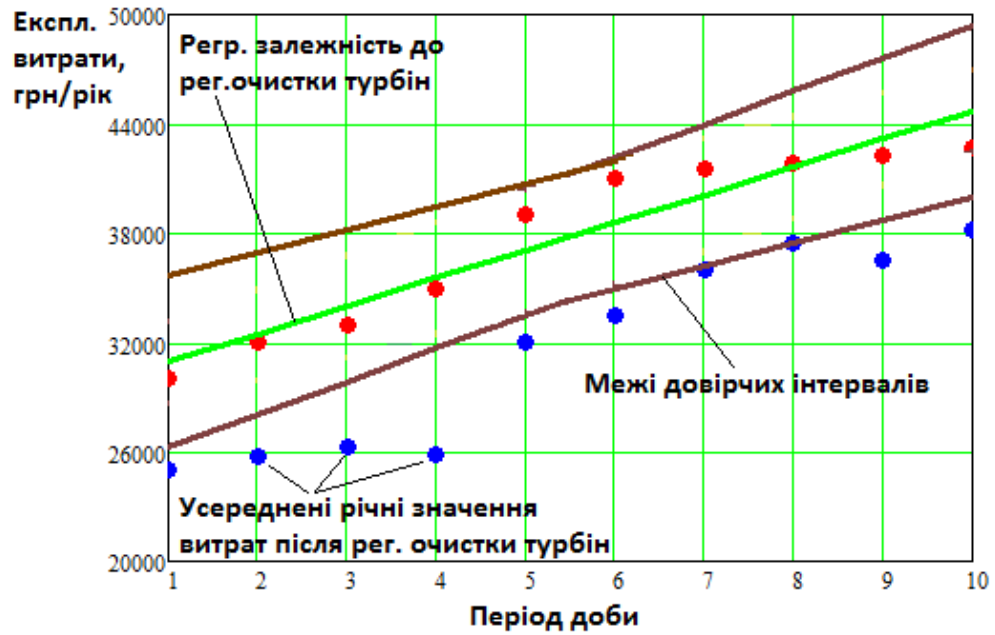


Рисунок 2.2 – Контроль економії витрат на експлуатацію насосів з використанням регресійного аналізу

Порівняння витрат на експлуатацію насосів після заходів з енергозбереження з аналогічними показниками до впровадження заходів показує річну економію близько 51000 грн.

Подібним чином проводиться аналіз ефективності впровадження інших заходів з енергозбереження.

### 2.3 Визначення ROI газогенератора

Рідкий азот, є часто використовуваним матеріалом на підприємствах. Це рідина прозорого кольору і має питому густину  $0,808 \text{ г/см}^3$ , точна точка кипіння складає  $77,4 \text{ К}$  ( $-195,75 \text{ }^\circ\text{C}$ ), за умови, що тиск складає  $101,3 \text{ кПа}$ . Не вибухонебезпечний і не отруйний.

На підприємстві, що підлягає енергоаудиторській перевірці також використовують азот. Закупка азоту призводить до значних фінансових витрат. Один із можливих варіантів зменшення витрат на азот – це встановити газогенератор і добувати азот з повітря навколишнього середовища. Це є досить ефективний спосіб швидкого виготовлення азоту чистотою від  $95 \%$  до  $99 \%$ , так як, близько  $70\%$  повітря складається з азоту.

Генератор розділяє повітря на компоненти, пропускає недороге зжатє повітря через напівпроникні мембрани, які складаються з груп порожніх волокон. Всі волокна мають абсолютно круглий переріз з однаковим отвором по центру. За рахунок малого розміру велика кількість волокон може бути розміщена в обмеженому просторі, що забезпечує досить велику площу мембранної поверхні, завдяки чому можна забезпечити відносно високий об'єм потоку азоту.

Стисле повітря з однієї сторони модуля мембрани поступає в центр волокна і контактує з мембраною по мірі проходження через неї. Кисень, пари води і інші гази легко проникають через пори волокна мембрани і виводяться через спеціальні отвори, а азот утримується в середині мембрани і виходить через вихідний отвір. Оскільки пори води також проникають через пори волокна мембрани, то азот висушують і мають точку роси –  $40 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Проаналізовано споживання енергоресурсів в виробничих цехах 3, 4, 6 (рис. 2.3).

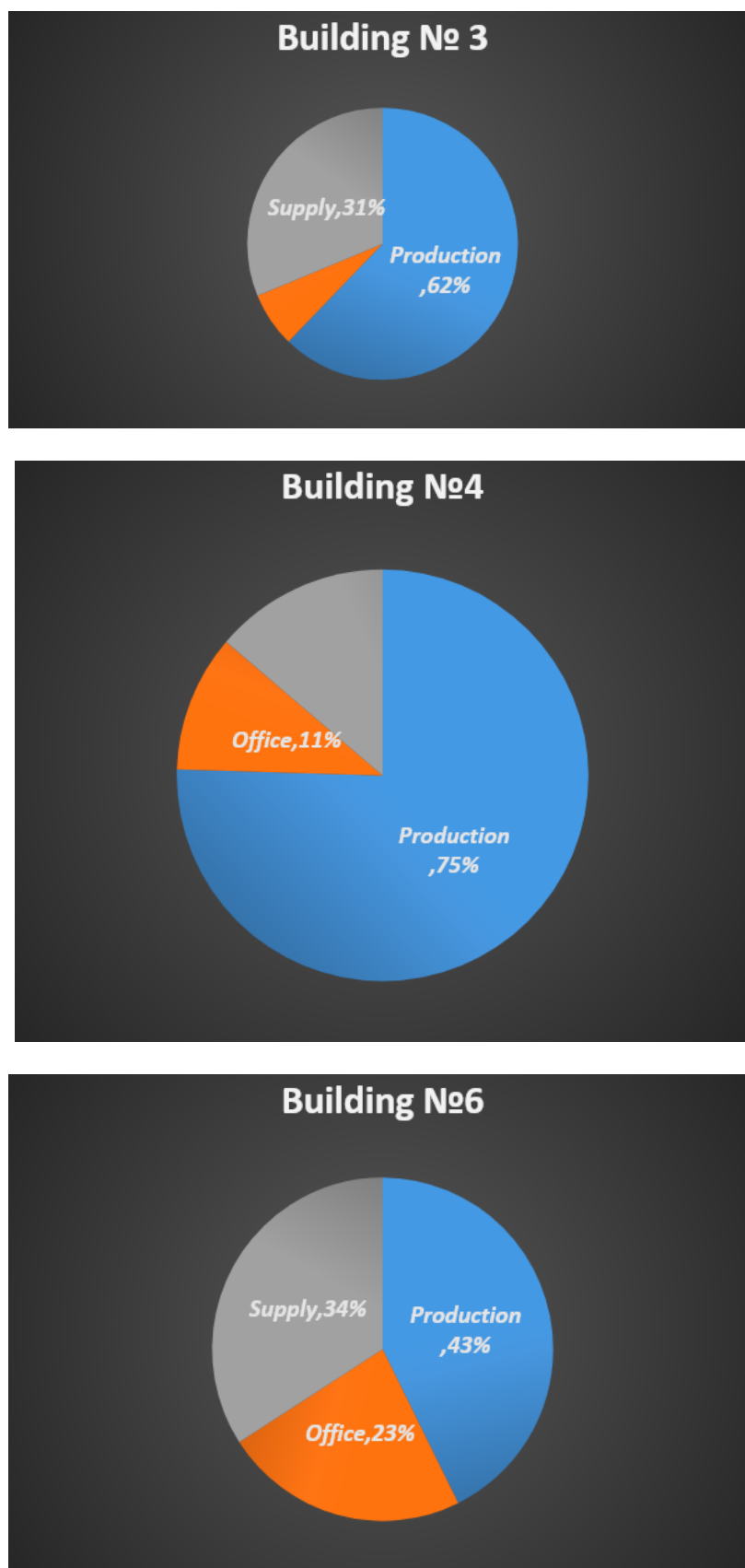


Рисунок 2.3 – Кільцеві діаграми споживання ПЕР по будівлям

Серед загального навантаження варто виділити його складову на освітлення. Аналіз освітлювального навантаження наведено на рис. 2.4 – 2.5.

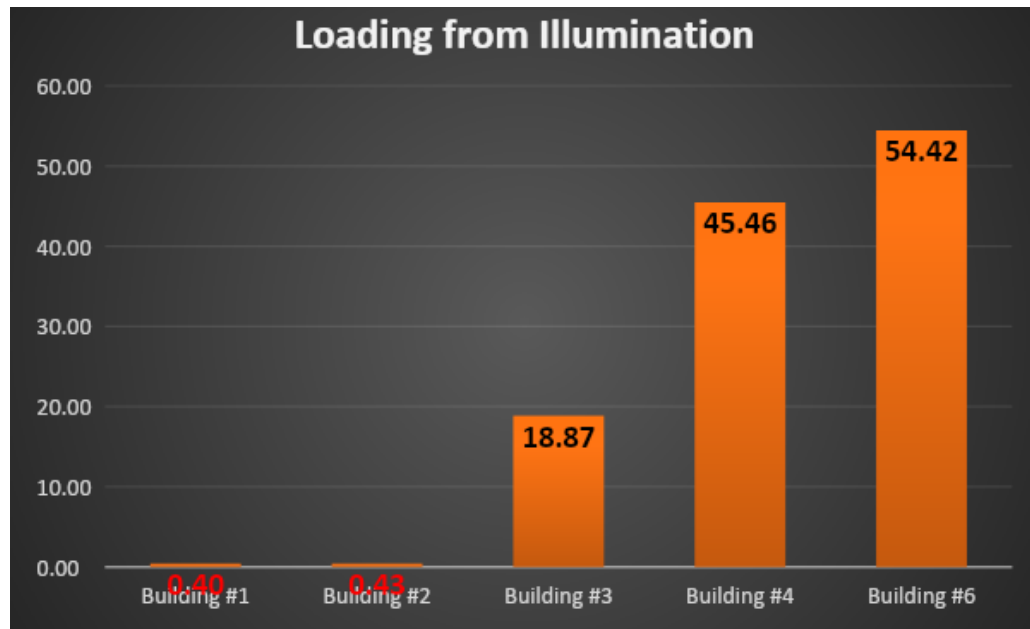


Рисунок 2.4 – Затрати електроенергії на освітлення по будівлям

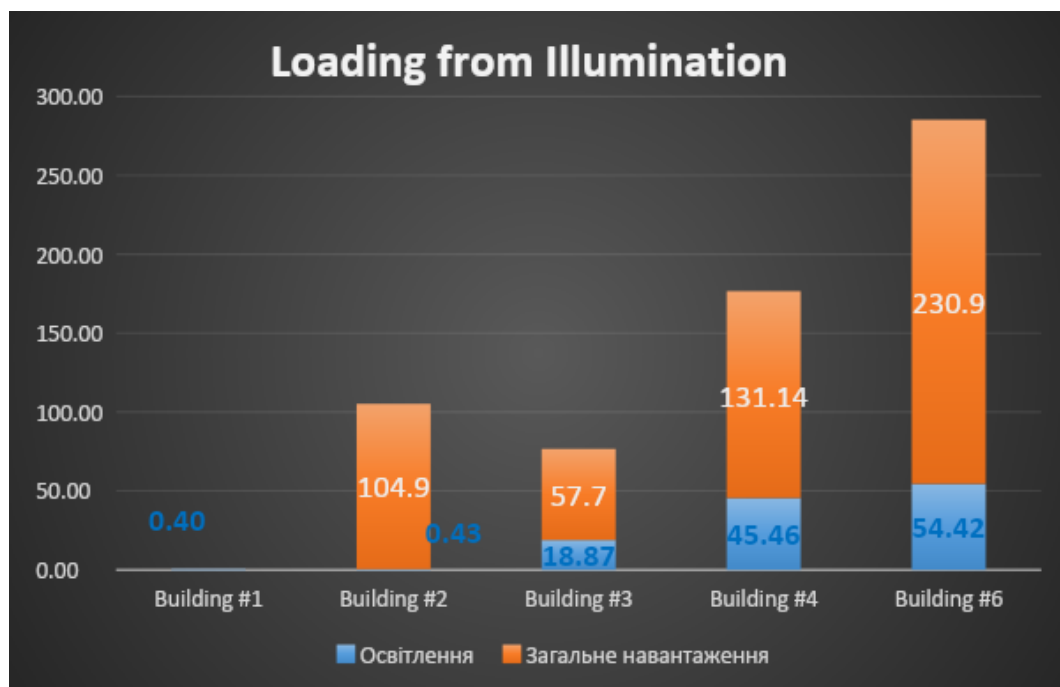


Рисунок 2.5 – Затрати на освітлення від загального навантаження будівлі

Було проаналізовано енергоспоживання в комплексі. Узагальнені показники наведено на рис. 2.6.

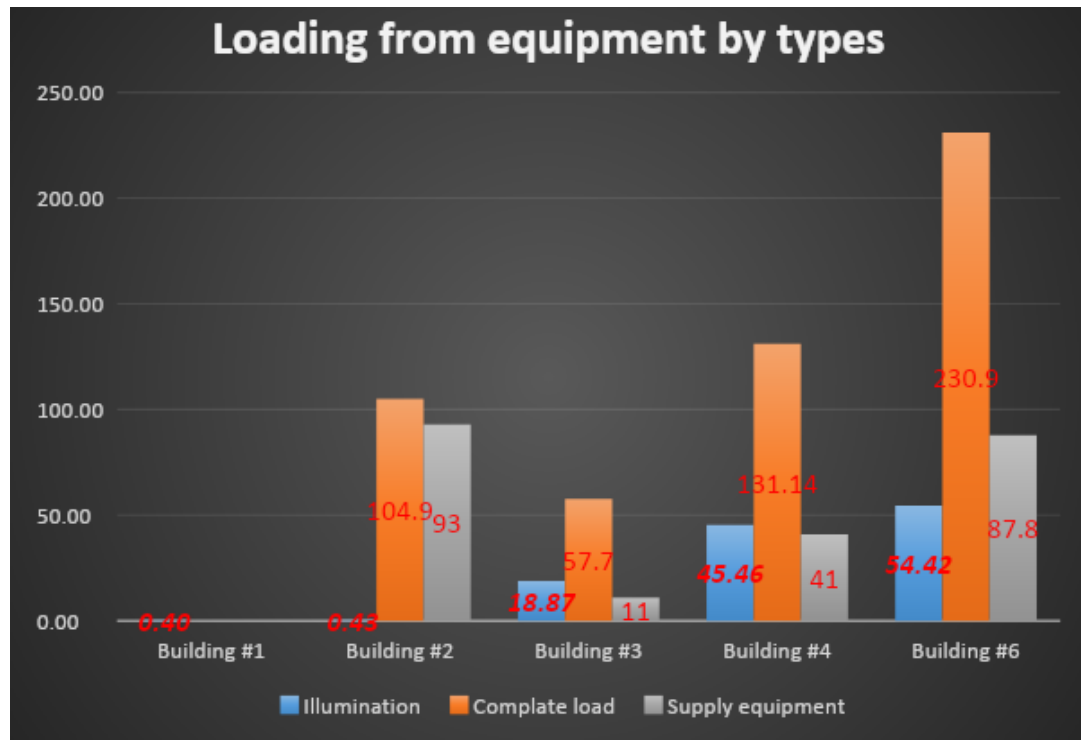


Рисунок 2.6 – Загальне навантаження

Далі приводиться розрахунок і порівняння звичайної азотної установки для його закупки і газогенератора.

Таблиця 2.1– Порівняння цін на азот

	грн	євро	
Вартість 1 м3 воздуха, грн	0,180	0,006	Gas 99,999
Вартість 1 м3 азота, грн	0,992	0,033	
Цена азота жидкого грн/т. без ПДВ	3 800,000	146,154	Liquid 99,999
Вартість 1 м3 азота, грн	4,598	0,177	

Таблиця 2.2 – Порівняння рідкого азоту і газогенератора

Тип	Обладнання	Кількість	Віртість роботи	Ціна азота грн/м3	Виробництво азота м3 год
Азот рідкий	Liquid	1	0	4,60	383 801,65
Газогенератор	NGP100+	2	0	0,99	383 801,65
Тип	Запасні частини грн/год	Ціна обладнання, грн	Споживання за час праці, 1 рік	всього	
Азот рідкий	94 824,00	0,00	4 964 982	4 964 982	
Газогенератор	149 310,00	3 563 378,00	1 414 923	4 978 301	

Показник ROI (Return on Investment, повернення інвестицій) – це коефіцієнт рентабельності інвестицій. Простими словами – термін окупності вкладень. Цей показник демонструє, наскільки вигідним чи невигідним є проект чи продукт.

Таблиця 2.3 – ROI газогенератора

ROI кількість, років	2,67
----------------------	------

Висновок: дане обладнання є досить дороге і потребує великих капіталовкладень. Термін окупності даного обладнання є менше 5 років, а саме 2,67 років, що є досить швидким терміном, як для даного виду робіт.

Даний вид робіт раціональний для впровадження і майже через 3 роки буде приносити значну економію підприємству.

## РОЗДІЛ 3 ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ

### 3.1 Підвищення точності світлотехнічних розрахунків систем освітлення з круглосиметричними світильниками

З вдосконаленням світлотехнічної промисловості на ринку з'являються нові типи освітлювальних приладів, для котрих постає необхідність побудови характеристик, які дозволять реалізувати світлотехнічні обрахунки. У разі проектування освітлювальних систем із світильниками з круглосиметричним світлорозподіленням, можуть застосовуватись просторові ізолюкси для горизонтальної умовної освітленості. Такі характеристики є в джерелах, наприклад [7,8-11], однак для типів світлових приладів, що вже використовуються тривалу значну кількість років. Ізолюкси ж для нових видів світильників там є відсутні. Отже, для інженерних розрахунків є актуальною така задача побудови просторових ізолюксів умовної горизонтальної освітленості для вказаних світильників.

Для їх побудови необхідно вказати, що функція умовної освітленості може бути записана, як  $ei = f(di; hi)$ . Відповідно до [12] умовна освітленість визначається за виразом [13-16]

$$ei = \frac{I_{\alpha} i \cos^3 \alpha i}{h^2 i} , \quad (3.1)$$

відповідно до якого координата  $hi$  визначається, як

$$hi = \sqrt{\frac{I_{\alpha} i \cos^3 \alpha i}{ei}} \quad (3.2)$$

Враховуючи, що співвідношення  $\frac{di}{hi} = \operatorname{tg} \alpha i$ , координата  $di$  визначається, як

$$di = hi \cdot \operatorname{tg} \alpha i \quad (3.3)$$

Значення сили світла, що приведена до деякої величини світлового потоку світильника значенням 1000 лм вибираються з паспорту світильника.

Приклад побудови просторових ізолюксів для визначення горизонтальної умовної освітленості для світильників РСП-16, які призначені для загального освітлення промислових приміщень запилених і вологих. Джерела світла, які застосовуються в даних світильниках – лампи типу ДРЛ, з потужністю 400 Вт та 700 Вт.

Значення з кривої сили світла зазначеного світильника, які отримані з відповідних паспортних даних, вказано в табл. 1.

Таблиця 3.1 – Значення сили світла для світильника РСП-16

$\alpha, ^\circ$	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
$I_{\alpha}$ , кд	122	126	126	131	141	158	190	245	267	284	383	428	315	184	35	9

Для побудови ізолюксів зручно використовувати електронні таблиці MS Excel. Фрагмент розрахунку наведено на рис. 3.1.



e, лк	$\alpha, ^\circ$	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
	Іа, кД	123	127	127	132	140	157	191	246	268	285	382	429	314	183	34	8
0,3	h	20,2	20,5	20,1	19,9	19,7	19,7	20,3	21,2	20,0	18,3	18,4	16,4	11,4	6,8	2,1	0,7
	d	0,0	1,8	3,5	5,3	7,2	9,2	11,7	14,9	16,8	18,3	21,9	23,5	19,8	14,6	5,9	2,5
0,4	h	17,5	17,7	17,4	17,2	17,0	17,1	17,6	18,4	17,4	15,9	15,9	14,2	9,9	5,9	1,8	0,6
	d	0,0	1,6	3,1	4,6	6,2	8,0	10,2	12,9	14,6	15,9	19,0	20,3	17,2	12,6	5,1	2,2
0,5	h	15,7	15,8	15,6	15,4	15,2	15,3	15,8	16,4	15,5	14,2	14,2	12,7	8,9	5,3	1,6	0,5
	d	0,0	1,4	2,7	4,1	5,5	7,1	9,1	11,5	13,0	14,2	17,0	18,2	15,3	11,3	4,5	2,0
0,7	h	13,3	13,4	13,2	13,0	12,9	12,9	13,3	13,9	13,1	12,0	12,0	10,8	7,5	4,4	1,4	0,4
	d	0,0	1,2	2,3	3,5	4,7	6,0	7,7	9,7	11,0	12,0	14,3	15,4	13,0	9,5	3,8	1,7
1	h	11,1	11,2	11,0	10,9	10,8	10,8	11,1	11,6	11,0	10,0	10,1	9,0	6,3	3,7	1,2	0,4
	d	0,0	1,0	1,9	2,9	3,9	5,0	6,4	8,1	9,2	10,0	12,0	12,8	10,9	8,0	3,2	1,4
1,5	h	9,1	9,1	9,0	8,9	8,8	8,8	9,1	9,5	9,0	8,2	8,2	7,3	5,1	3,0	1,0	0,3
	d	0,0	0,8	1,6	2,4	3,2	4,1	5,3	6,6	7,5	8,2	9,8	10,5	8,9	6,5	2,6	1,1
2	h	7,8	7,9	7,8	7,7	7,6	7,6	7,9	8,2	7,8	7,1	7,1	6,4	4,4	2,6	0,8	0,3
	d	0,0	0,7	1,4	2,1	2,8	3,6	4,5	5,8	6,5	7,1	8,5	9,1	7,7	5,6	2,3	1,0
3	h	6,4	6,5	6,4	6,3	6,2	6,2	6,4	6,7	6,3	5,8	5,8	5,2	3,6	2,1	0,7	0,2
	d	0,0	0,6	1,1	1,7	2,3	2,9	3,7	4,7	5,3	5,8	6,9	7,4	6,3	4,6	1,9	0,8
4	h	5,5	5,6	5,5	5,5	5,4	5,4	5,6	5,8	5,5	5,0	5,0	4,5	3,1	1,9	0,6	0,2
	d	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,2	4,1	4,6	5,0	6,0	6,4	5,4	4,0	1,6	0,7
5	h	5,0	5,0	4,9	4,9	4,8	4,8	5,0	5,2	4,9	4,5	4,5	4,0	2,8	1,7	0,5	0,2
	d	0,0	0,4	0,9	1,3	1,8	2,3	2,9	3,6	4,1	4,5	5,4	5,7	4,9	3,6	1,4	0,6
7	h	4,2	4,2	4,2	4,1	4,1	4,1	4,2	4,4	4,1	3,8	3,8	3,4	2,4	1,4	0,4	0,1
	d	0,0	0,4	0,7	1,1	1,5	1,9	2,4	3,1	3,5	3,8	4,5	4,9	4,1	3,0	1,2	0,5
10	h	3,5	3,5	3,5	3,4	3,4	3,4	3,5	3,7	3,5	3,2	3,2	2,8	2,0	1,2	0,4	0,1
	d	0,0	0,3	0,6	0,9	1,2	1,6	2,0	2,6	2,9	3,2	3,8	4,1	3,4	2,5	1,0	0,4

Рисунок 3.1 – Лист MS Excel для побудови просторових ізолюксів для світильника РСП-16

В результаті виконаних розрахунків отримано просторові ізолюкси горизонтальної умовної освітленості для світильника РСП-16 (рис. 3.2)

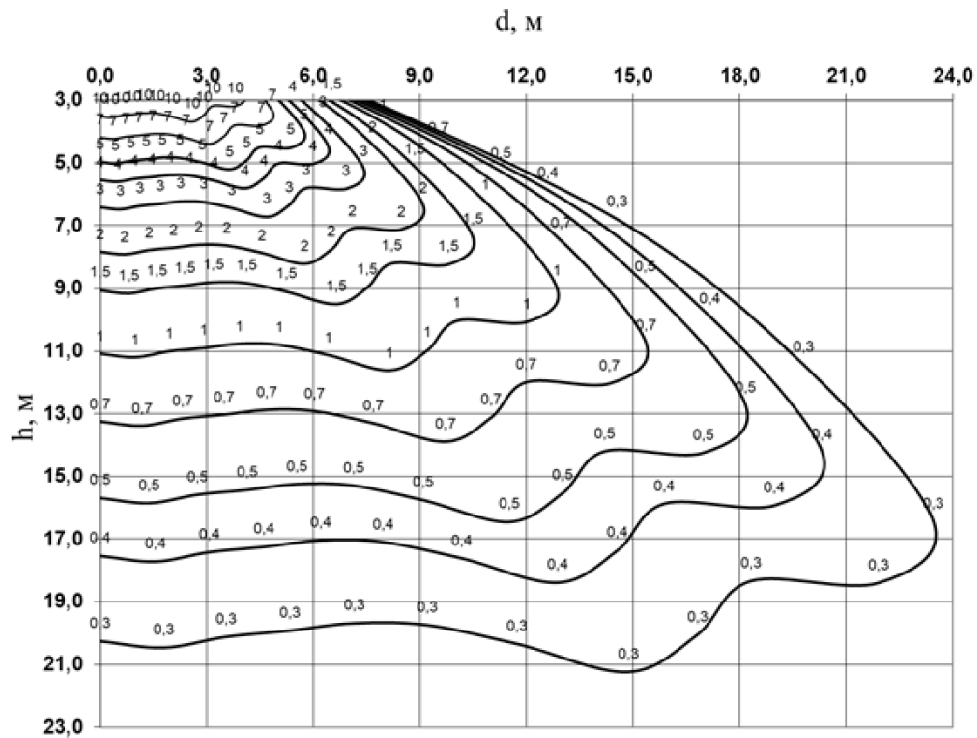


Рисунок 3.2 – Просторові ізолюкси умовної горизонтальної освітленості для світильника РСП-16-400-231

Для прикладу зазначимо, що пошук ізолюксів в літературних джерелах дав можливість отримати дані про ізолюкси для подібного світильника РСП-07 (рис. 3.3)

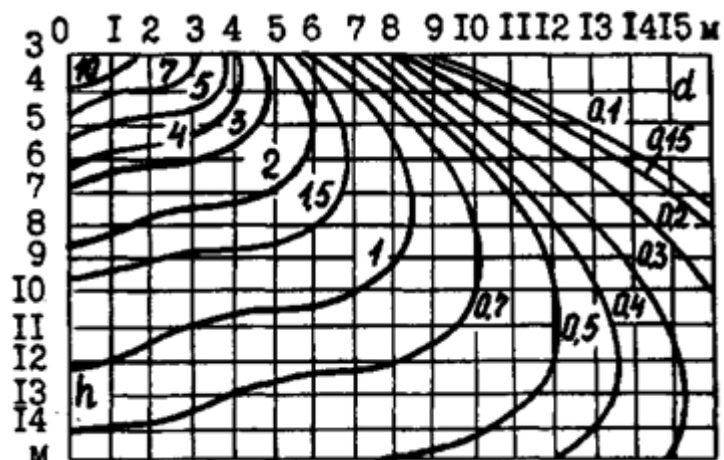


Рисунок 3.3 – Просторові ізолюкси умовної горизонтальної освітленості  
для світильника РСП-07

Однак, як ми бачимо, дані з цих кривих менш точні, потребують інтерполяції. До того ж це світильник схожий на той, що потрібно для проектування.

Зниження точності розрахунку освітленості впливає на завищення результатів проектного рішення по кількості світильників і, відповідно на збільшення споживання електроенергії системою освітлення.

### 3.2 Підвищення точності світлотехнічних розрахунків систем освітлення із світловими лініями

Криві лінійних ізолюксів для певних світильників з люмінесцентними лампами знаходяться у довідникових джерелах.

Наприклад, для світильника ЛОУ1ПЗ-2х40 такі ізолюкси наведено на рис. 3.4

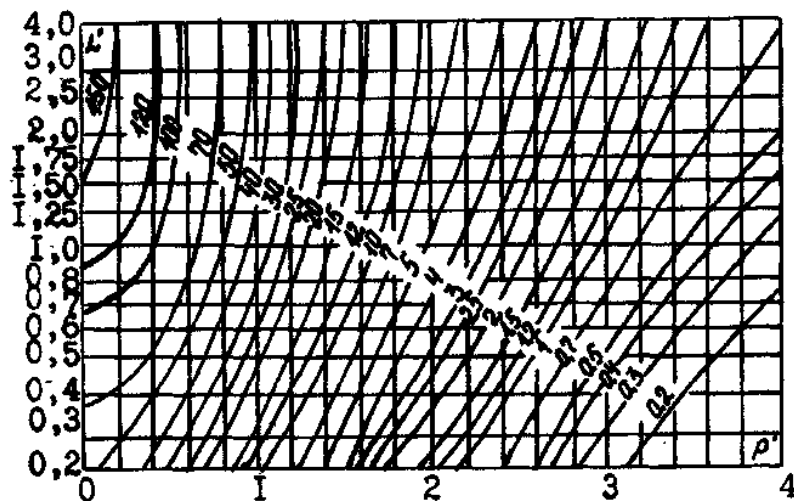


Рисунок 3.4 – Лінійні ізолюкси для світильника ЛОУ1ПЗ-2х40 з люмінесцентними лампами

Разом з тим, на теперішній час виготовляються нові типи світильників, для яких відсутні ізолюкси і постає необхідність вибрати оптимальний методи розрахунку відносних освітленостей без ізолюксів.

Для визначення відносної горизонтальні освітленості  $\varepsilon$  можна використати формулу [9]

$$\varepsilon = I_{\alpha} \cdot f(p', L') \quad (\text{лк}), \quad (3.4)$$

де  $I_{\alpha}$  – сила світла, значення котроь визначається з поперечної кривої сили світла, яка віднесена до сумарного світлового потоку ламп в 1000 лм, (тут  $\alpha = \arctg(p')$ );

$f(p', L')$  – допоміжна функція, яка застосовується для визначення люмінесцентного освітлення (рис. 3.5).

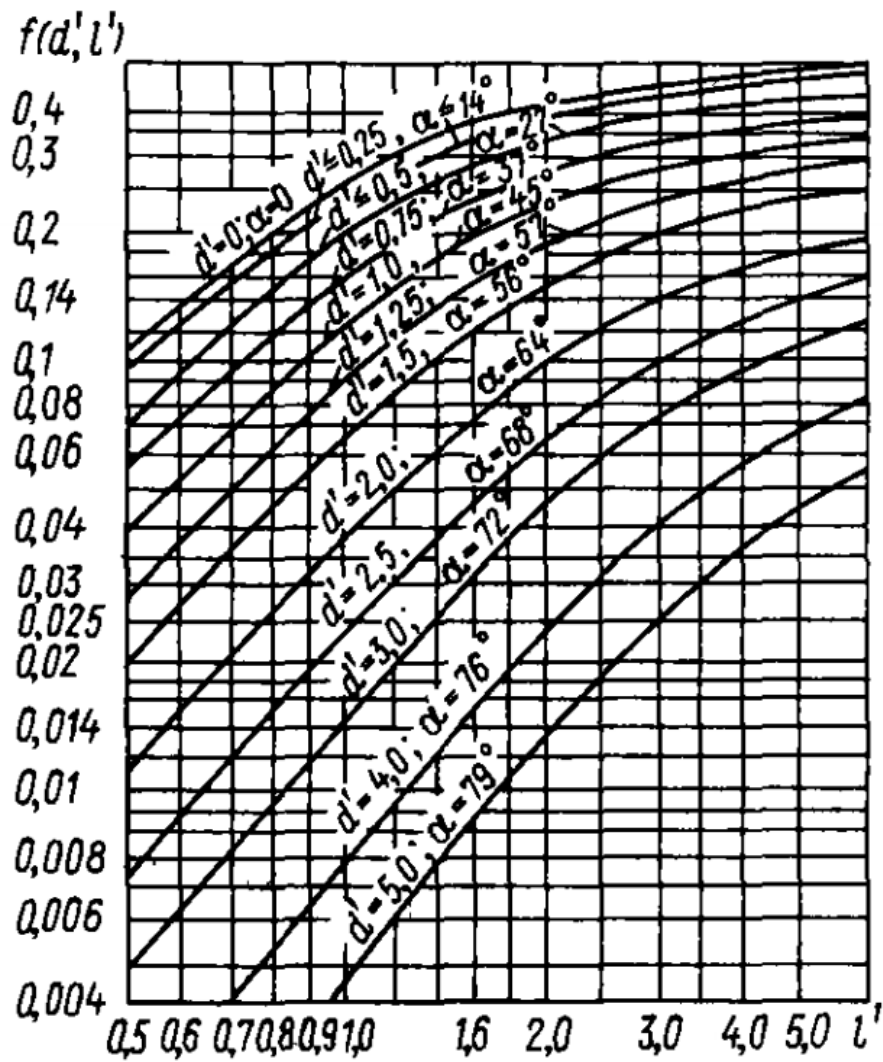


Рисунок 3.5 – Функція для розрахунку люмінесцентного освітлення

За відсутності вказаної допоміжної функції але у випадку наявності даних про значення для сили світла люмінесцентного світильника, з котрим розраховується система освітлення, в [9] пропонується використати формулу для визначення функції  $f(p', L')$

$$f(p', L') = 0,5 \cdot \left[ \frac{L \cdot Ni \cdot I_{л.р}}{L^2 + Ni^2 \cdot I_{л.р}^2} + \arctg \left( \frac{Ni \cdot I_{л.р}}{L} \right) \right] \cdot \cos^2 \alpha, \quad (3.5)$$

де  $L$  – відстань від лінії, що світиться до розрахункової точки, м;

$N_i$  – кількість світильників в  $i$ -му ряду, шт.;

$l_{л.р} = l_л + l_p$ , де  $l_л$  – довжина лампи,  $l_p$  – довжина розриву між

вибраними світильниками;

$\alpha$  – кут між світловою лінією а також розрахунковою точкою (рис. 3.6)

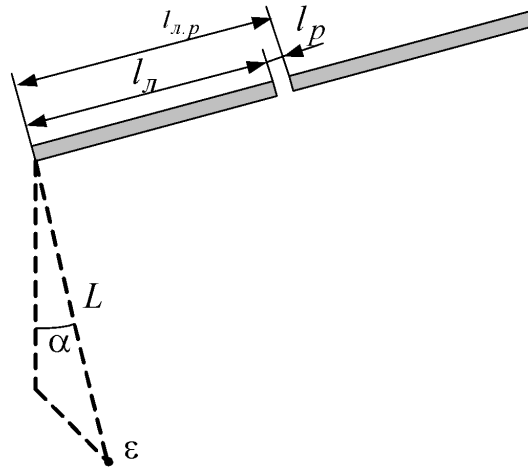


Рисунок 3.6 – Параметри для розрахунку значення функції  $f(p', L')$

У разі довгих рядів світильників можливе зменшення освітленості в кінці рядів. Для запобігання цього можна здійснити один з вказаних нижче заходів:

1. Продовжити ряди світильників на довжину  $0,5h$  за межі робочих місць.
2. В кінці кожного ряду світильників створити подвоєну густину світлового потоку.
3. По кінцям поздовжніх рядів люмінесцентних світильників встановити ще по додатковому одному поперечному ряду.

При виконанні однієї з цих умов розрахункові точки можна вибирати всередині рядів.

Виконано моделювання для визначення відносної горизонтальної освітленості від світильників ЛПО-06В-2х36-002 з двома лампами по 36 Вт на конкретній відстані  $d$  від світильника. На рис. 3.7 показано результати

моделювання для випадку 3-х світильників і застосування функції  $f(p', L')$  (крива 2), що на рис. 3.5 і визначення освітленості за формулою 3.5 (крива 1), для якої потрібні також дані з кривої сили світла світильника. Як видно з рисунка використання графіків дає занижені результати, тому актуальним є використання формули 3.5.

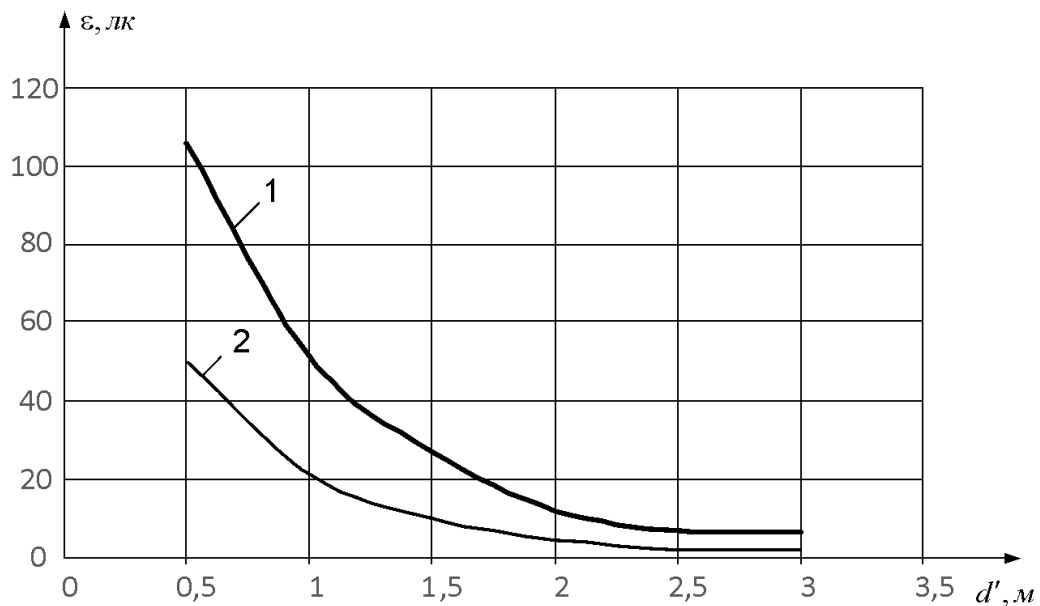


Рисунок 3.7 – Визначення відносної освітленості для ряду з трьох світильників ЛПО-06В-2х36-002 в лінії

Для випадку, коли в ряду є 10 світильників також здійснено моделювання. Результати наведено на рис. 3.8.

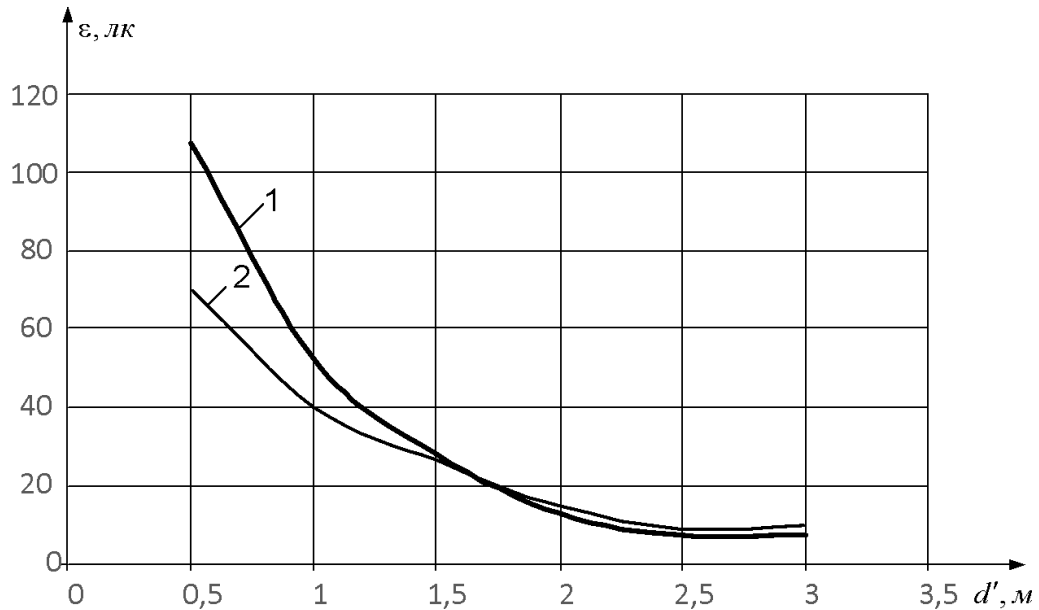


Рисунок 3.8 – Визначення відносної освітленості для ряду з 10-х світильників ЛПО-06В-2х36-002 в лінії

Результати вказують, що результат використання запропонованих в літературі кривих отримані для відносно довгих рядів світильників. Криві є суттєво ближче ніж для випадку 3 світильників. В будь якому випадку ефективніше використовувати аналітичне визначення відносної освітленості, за умови наявності даних про криву сили світла. Результати розрахунків вплинуть на вибір оптимальної кількості світильників, які забезпечать освітленість в приміщенні, що відповідає діючим нормам.

### 3.3 Розрахунок параметрів оптимальної системи освітлення

В освітлювальних установках виробничих приміщень використовують дві системи освітлення: систему загального освітлення з рівномірним і локалізованим розміщенням світильників та систему комбінованого освітлення, яка об'єднує загальне і місцеве освітлення [7]. Місьцеве освітлення самостійно не використовується.



Виходячи з характеристики підприємства, в даному цеху можна створити систему загального освітлення, так як зорові роботи відповідають III розряду.

Дана система освітлення також матиме аварійне освітлення, яке є незалежним до робочої системи освітлення.

Робоче освітлення створюватиме потрібну по нормам освітленість, забезпечуючи тим самим необхідні умови роботи при нормальному режимі експлуатації споруди. Аварійне освітлення забезпечить на поверхнях, що вимагають обслуговування, освітленість 5% від нормованої для загального освітлення.

Освітлення як правило становить 30% всіх витрат на електроенергію. Енергоефективні системи освітлення дозволяють знизити величину спожитої електроенергії та покращити світлові характеристики приміщення. Це комплекс інженерних і світлотехнічних рішень, що включає аналіз приміщення для найбільш оптимального розміщення світильників, вибір енергозберігаючих ламп і світильників, сучасну оптику, датчики присутності, «розумну» систему управління світлом. Подібні системи споживають в середньому вдвічі менше електроенергії, підвищують роботоздатність на 10-15%. Окупність, в середньому, буде тривати 3-5 років.

Особливо актуальним використання енергоефективного освітлення є для приміщень, де світло вимкнене постійно в якості чергового освітлення, а також для приміщень, де якість світла має велике значення.

Основні переваги енергозберігаючих ламп:

- високий ККД (енергозберігаючі лампи витрачають в 5 разів менше електроенергії, ніж лампа розжарювання з таким же світловим потоком);
- миттєве включення без мерехтінь;
- рівномірне поширення світла по колбі, завдяки чому є відсутній засліплювальний ефект світла;

- практично невідчутне вплив перепадів напруги в робочому діапазоні напруг, що становить 180 - 260 В;
- низька температура нагріву під час роботи (до 40°C);
- великий термін служби (до 15000 годин);
- гарантія до 1 року з моменту продажу;
- «гарантоване оповіщення про вихід з ладу» (потемніння підстави балона або зменшення світлового потоку лампи).

Енергозберігаючі люмінесцентні лампи. Це компактні дугові люмінесцентні лампи з вбудованою в цоколь пускорегулюючою апаратурою, що дозволяють економити до 80% енергії в порівнянні з класичними лампами розжарювання.

Під круглосиметричними точковими випромінювачами розуміють світильники з лампами розжарювання і ДРЛ, розміри яких малі в порівнянні з відстанню до робочої поверхні, що мають симетричну щодо поздовжньої осі криву сили світла.

Ці світильники характеризуються просторовими ізолюксами умовної горизонтальної освітленості, приведеними в для типових світильників.

За просторовим ізолюксами умовної горизонтальної освітленості при відомому розташуванні світильників для контрольних точок визначають значення умовної освітленості  $e$  від кожного "найближчого" світильника.

Під умовною освітленістю тут розуміють освітленість, утворювану умовним джерелом світла зі світловим потоком 1000 лм. За значеннями умовної освітленості для кожної контрольної точки визначають сумарну освітленість від "найближчих" світильників.

$$\sum e = e_1 + e_2 + \dots + e_n, \quad (3.6)$$

“Найближчими” світильниками вважаються ті, котрі мають найменші відстані  $d$  від заданих точок і проекції кожного "найближчого" світильника на розрахункову поверхню.

Найменше значення сумарної освітленості з усіх контрольних точок приймають за розрахункове і використовують для визначення світлового потоку і потужності джерела світла при заданому нормованому значенні освітленості  $E_H$ , узятому з [11] відповідно до розряду виконуваних робіт у даному приміщенні.

Контрольними точками будуть також ті, у яких освітленість явно менша, ніж в інших точках аналізованої поверхні. Обираючи контрольні точки, мають на увазі наявність у цих місцях робочих місць; не варто вишукувати точки абсолютного мінімуму освітленості у стін або в кутах.

При розміщенні світильників рядами уздовж світлотехнічних містків, що найбільш часто зустрічається, крайню контрольну точку потрібно вибрати між рядами на відстані від торцевої стіни, приблизно рівній розрахунковій висоті  $h$ .

Алгоритм розрахунку:

1. За відомим розташуванням світильників обмірюванням (розрахунком), за масштабним планом визначають відстань  $d$ .

2. За кривими умовної горизонтальної освітленості для обраного типу світильника [7] визначають для кожної контрольної точки значення умовної освітленості  $e_n$  від кожного "найближчого" світильника і знаходять сумарну умовну освітленість  $\sum e$ , від усіх "найближчих" світильників для кожної із контрольних точок.

3. За найменшим значенням сумарної умовної освітленості визначають світловий потік джерела світла (лампи):

$$\Phi_{л} = \frac{1000 \cdot E_H \cdot K}{\mu \cdot \sum e}, \quad (3.7)$$

де  $\mu$  - коефіцієнт, що враховує дію віддалених світильників і відбиваної складової (приймають  $\mu = 1,1 - 1,15$ ).

4. За отриманим світловим потоком вибирають найближчу стандартну лампу прийнятого типу, світловий потік якої не повинний відрізнятися від розрахованого більш ніж на  $-10...+20\%$ . Якщо неможливо вибрати лампу з зазначеним допуском, коректують розміщення світильників.

Розрахунок зручно виконувати в табличній формі.

На плані цеху зображується розташування світильників (рис. 3.8).

$$d_1 \dots d_4 = \sqrt{4,5^2 + 3,5^2} = 5,7 \text{ (м)},$$

$$e_{A(1-4)} = f(h, d) = f(6,7; 5,7) = 2 \text{ (ЛК)},$$

$$n \cdot e_{A(1-4)} = 4 \cdot 2 = 8 \text{ [ЛК]}.$$

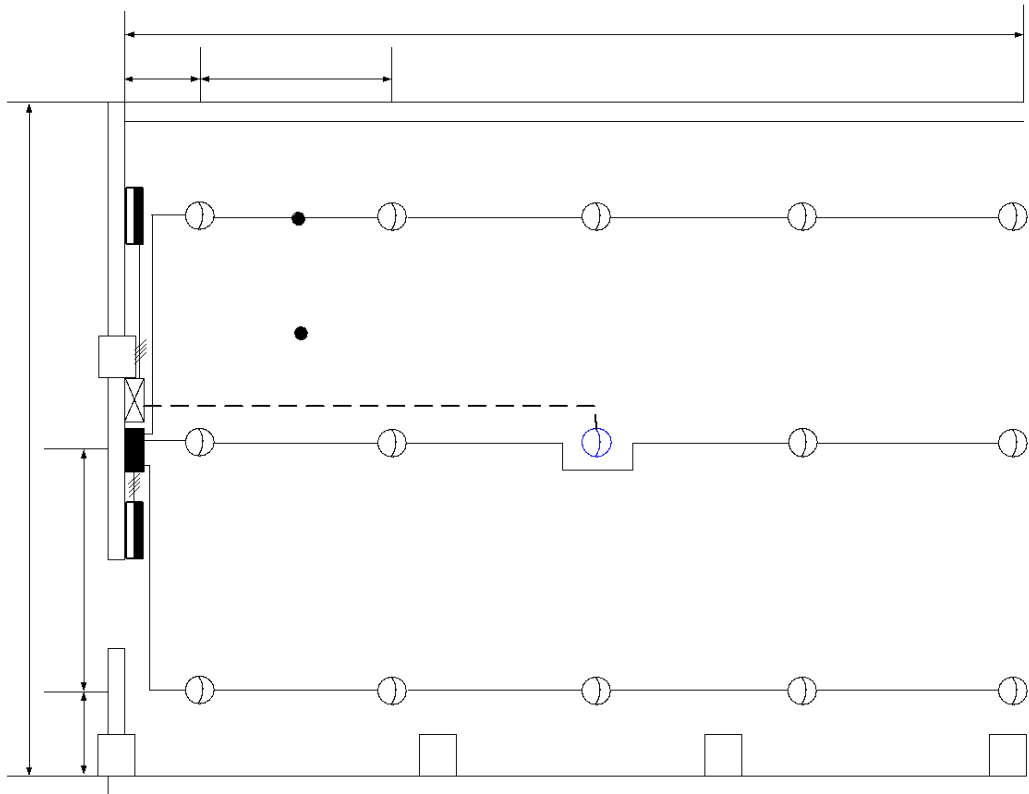


Рисунок 3.8 - Розрахунок системи освітлення точковим методом

Таблиця 3.2 - Визначення умовної освітленості від найближчих світильників

Точка	№ світильники в	$n$ , шт	$d$ , м	$e$ , лк	$n \cdot e$ , лк
1	2	3	4	5	6
А	1 – 4	4	4,65	1,76	8
	5 – 6	2	18,15	0,16	0,2
	7 – 8	2	9,35	0,86	1,8
	9	1	19,35	0,12	0,11

Точка	№ світильники в	$n$ , шт	$d$ , м	$e$ , лк	$n \cdot e$ , лк
В	1 – 2	2	2,5	1,76	3,6
	3 – 4	2	8,36	0,86	1,8
	5 – 6	2	16,19	0,2	0,2
	7	1	7,3	1,5	1,5
	8	1	10,77	0,7	0,9
	9	1	17,55	0,06	0,06

Визначають світловий потік лампи світильника, який забезпечує мінімальну нормовану освітленість:

$$\Phi' = \frac{1000 \cdot 200 \cdot 1,5}{1,1 \cdot 7,65} = 35650 (\text{лм/м}). \quad (3.10)$$

За отриманим світловим потоком вибираємо найближчу стандартну лампу прийнятого типу, світловий потік якої не повинний відрізнятись від розрахованого більш ніж на -10...+20% (32085...42780 лм.).

Так як розрахована кількість люменів є більшою чим нам потрібно, вибираємо лампу типу ДНаТ 250 із світловим потоком 27500 лм.

Враховуючи те, що світловий потік лампи нижче за мінімально розрахований: пропонується 2 варіанти рішень:

- 1) Збільшення потужності лампи до 400 Вт;

2) Збільшення кількості світильників в приміщенні і виконання нового перерахунку за точковим методом, що призведе до вибору лампи, потужністю 400 Вт.

Розрахунок показав, що другий варіант є більш економічним.

Складання схеми електропостачання освітлення

Здебільшого, джерела світла вмикаються в електричну мережу паралельно [9]. У трифазних мережах змінного струму переважно використовуються такі схеми групової мережі: при заземленій нейтралі – двопровідна однофазна, двопровідна двофазна, трипровідна двофазна з нульовим проводом, трипровідна трифазна, чотирипровідна трифазна з нульовим проводом.

У двопровідних лініях з нульовим проводом захисний та вимикаючий апарат (QF) допускається встановлювати тільки у фазному проводі. Встановлення запобіжників у нульових провідниках три- та чотирипровідних мереж забороняється, а встановлення автоматичних вимикачів з електромагнітними розчіплювачами допускається при умові, що при їх спрацюванні відключаються від мережі одночасно всі провідники, що знаходяться під напругою. При великій потужності системи освітлення в будівлі допускається встановлювати декілька групових щитків, які живляться однією магістраллю від вводу.

Живильні і групові щитки потрібно розміщувати в місцях з'єднання живильних і групових мереж, по можливості в центрі електричного навантаження і у місцях доступних для обслуговування.

Висота встановлення щитків має бути не більше 2 м (до верху щитка).

Траса освітлювальної мережі визначається розташуванням світильників. При прокладанні траси враховуються такі вимоги та особливості:

- максимальне скорочення довжини лінії;
- архітектурно-будівельні особливості будівлі,
- зручність подальшої експлуатації обладнання.

Кожна групова лінія має бути захищена запобіжниками або автоматичними вимикачами з електромагнітними розчіплювачами, розрахованими на струм не більший 25 А.

На планах приводиться специфікація вузлів; рекомендується також приводити специфікації всіх основних матеріалів. Для невеликих об'єктів з простою схемою живлення всі дані щитків і ліній живлення показуються на планах освітлювальної установки; в інших випадках оформляється однолінійна схема мережі живлення.

Проектування штучного електричного освітлення промислових підприємств виконують на основі правил і норм штучного освітлення.

Для надійної роботи системи освітлення необхідно правильно розрахувати освітлювальну мережу і вибрати апарати захисту. Під час розрахунку дуже важливо враховувати такий фактор як допустима напруга на затискачах освітлювальних приладів. Від напруги залежить тривалість роботи ламп, а також світловий потік, що виробляється лампами. Одним з факторів, що впливає на якісну напругу біля споживача є відповідно вибраний переріз ліній живлення.

Рівень напруги для найбільш віддалених ламп повинен бути, згідно ГОСТ 13109-97, як правило, не менше 95 % від номінального значення.

Щитки освітлювальні групові призначені для прийому і розподілу електричної енергії напругою 380/220 В трифазного змінного струму частотою 50 Гц із глухозаземленою нейтраллю, а також для нечастих



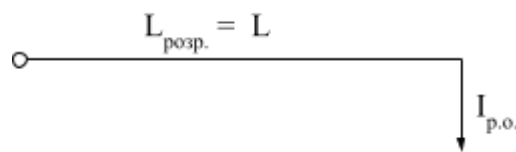
комутацій і захисту однофазних ліній, що відходять, від перевантажень і струмів короткого замикання.

Встановлюються на вертикальну поверхню. Номінальний режим роботи - тривалий.

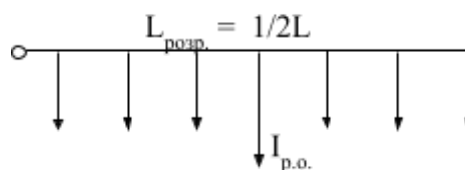
За знайденою у першому розділі даної курсової роботи розрахунковою потужністю ( $P_{po} = 2,47$  кВт) вибираємо до встановлення щиток марки ЩА-601 [7] з номінальним струмом 63 А, який має 4 відхідних автоматичних вимикачів.

Оскільки кількість рядів світильників та навантаження на кожній з фаз однакове наведемо однолінійну схему живлення освітлювальної мережі (рисунок 3.2).

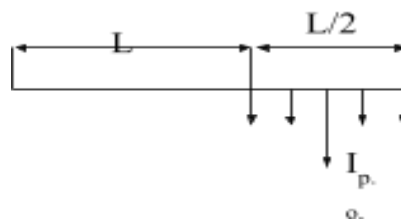
Розрахункова довжина лінії  $L_{розр.}$  приймається наступним чином:  $L_{розр.} = L$  якщо розрахункове навантаження зосереджене в кінці лінії.



Якщо навантаження освітлення зосереджене вдовж всієї лінії:  $L_{розр.} = 1/2 L$ , тобто приймають, що навантаження зосереджене всередині лінії.



Якщо має випадок який показано на схемі, то приймають  $L_{розр.} = L + L/2$ .



В нашому випадку це  $L_{розр.} = 1/2L$

Втрати напруги в лінії:  $\Delta U = I_{p.o.} (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi)$ .

При розрахунку освітлювальних мереж для визначення  $\Delta U$  можна використати наступну залежність:

$$\Delta U = M / (SC); \quad (3.11)$$

де  $M$  – момент навантаження;  $M = P_p \cdot L_{\text{розр.}}$ ;

$S$  – переріз провідника лінії освітлення,  $\text{мм}^2$ ;

$C$  – коефіцієнт, що рівний для трьохфазної мережі: для міді – 72, алюмінію – 44 – в мережі 380/220 В з нульовим провідником і 380 В без нульового провідника; для міді – 24,1, алюмінію – 14,6 – в мережі 220/127 В з нульовим провідником та 220 В без нульового провідника; для міді – 0,648, алюмінію – 0,396 – в мережах напругою 36 В.

Для двохпровідних мереж 380/220 В значення коефіцієнта  $C$  є дорівнює: для міді – 31, алюмінію – 19,4, а для однофазної напругою 220 В він дорівнює: для міді – 12, алюмінію – 7,3 та для однофазної напруги 127 В: для міді – 4, алюмінію – 2,46.

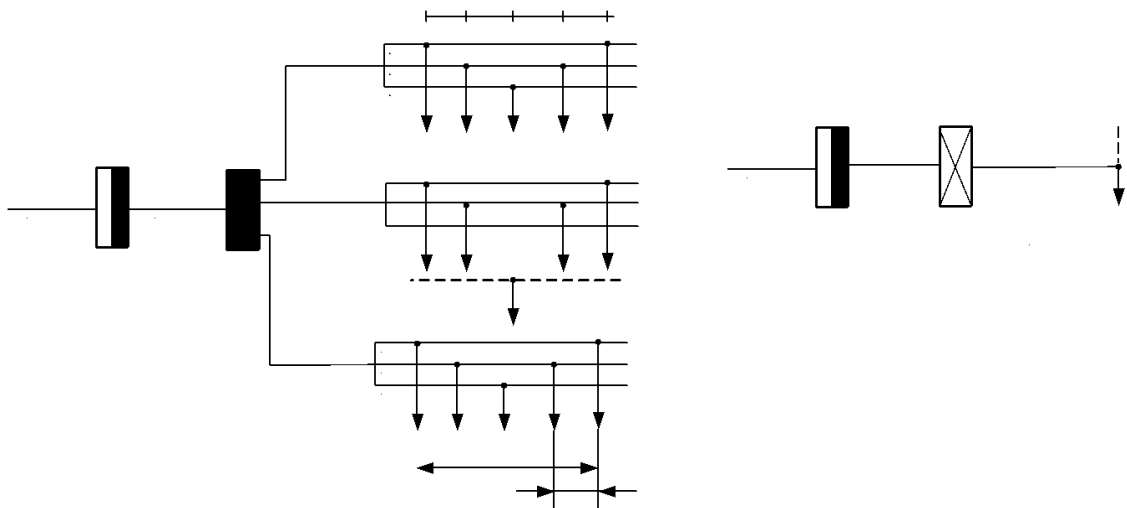


Рисунок 3.9 – Однолінійна схема живлення освітлювальної мережі

Вибір провідників освітлювальної мережі та апаратів захисту

Визначаємо моменти навантаження кожної з ділянок:

для ділянки 3 та 5 (для фаз А, В та С):

$$\begin{aligned} m_{3A} = m_{5A} &= Pl_3 + P(l_3 + 4l) = 2Pl_3 + 4Pl = \\ &= 2 \cdot 0,49 \cdot 20 + 4 \cdot 0,49 \cdot 4,8 = 29 (\text{кВт} \cdot \text{м}); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m_{3B} = m_{5B} &= P(l_3 + l) + P(l_3 + 3l) = 2Pl_3 + (1 + 3)Pl = \\ &= 2 \cdot 0,49 \cdot 20 + 4 \cdot 0,49 \cdot 4,8 = 29 (\text{кВт} \cdot \text{м}); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m_{3C} = m_{5C} &= P(l_3 + 2l) = Pl_3 + 2Pl = \\ &= 0,49 \cdot 20 + 2 \cdot 0,49 \cdot 4,8 = 14,5 (\text{кВт} \cdot \text{м}); \end{aligned}$$

для ділянки 4 (для фаз А, В та С):

$$\begin{aligned} m_{4A} &= Pl_4 + P(l_4 + 4l) = 2Pl_4 + 4Pl = \\ &= 2 \cdot 0,49 \cdot 10 + 4 \cdot 0,49 \cdot 4,8 = 19,2 (\text{кВт} \cdot \text{м}); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m_{4B} &= Pl_4 + P(l_4 + 4l) = 2Pl_4 + 4Pl = \\ &= 2 \cdot 0,49 \cdot 10 + 4 \cdot 0,49 \cdot 4,8 = 19,2 (\text{кВт} \cdot \text{м}); \end{aligned}$$

для ділянки 2:

$$\text{кВт} \cdot \text{м} = l_2 \cdot P_2 = 3 \cdot 14,6 = 49,2 ( \quad \cdot \quad );$$

Момент навантаження на ділянці №1 не розглядаємо, оскільки переріз цієї ділянки вибирається з врахуванням як освітлювального так і силового навантаження. Нехай втрати напруги в тій ділянці не перевищують 2%.

Визначаємо приведений момент навантаження:

$$M_{\text{пр}} = 49,2 + 1,85 \cdot (19,2 \cdot 2 + 29 \cdot 2 + 14,5) = 254,365 (\text{кВт} \cdot \text{м});$$

Визначається переріз другої ділянки:

$$s_2 = \frac{M_{\text{пр}}}{c \varepsilon_{\text{найб}}} = \frac{254,365}{77 \cdot 1} = 3,3 \approx 4 \quad (\text{мм}^2);$$

Визначається дійсне відхилення напруги на другій ділянці:

$$\varepsilon_2 = \frac{M_2}{c s_2} = \frac{49,2}{77 \cdot 5} \approx 0,13\%$$

Визначається переріз 3,4 ділянок (для найбільш завантажених фази А і В так як вони завантажені однаково):

$$s_3 = s_5 = \frac{m_3}{c(\varepsilon_{\text{найб}} - \varepsilon_2)} = \frac{29}{12,8 \cdot (1 - 0,13)} = 2,6 \approx 4 \quad (\text{мм}^2);$$

$$s_4 = \frac{m_4}{c(\varepsilon_{\text{найб}} - \varepsilon_2)} = \frac{19,2}{12,8 \cdot (1 - 0,13)} = 1,7 \approx 4 \quad (\text{мм}^2);$$

$$\Delta U = \frac{M_{L3}}{C \cdot S_3} = \frac{29}{12,8 \cdot 4} = 0,45\%;$$

$$\Delta U = 0,13 + 0,45 = 0,58\%;$$

Для фази С цієї ділянки приймаємо аналогічний переріз.

Визначаємо момент навантаження для провідників аварійного освітлення першого світильника:

$$M_{\text{л2}} = P_{\text{а.о.}} \cdot I_{\text{ЦОа}} = 0,49 \cdot 6 = 2,94 \quad (\text{кВт} \cdot \text{м});$$

$$S_{\text{розр(авар)}} = \frac{M}{\Delta U_{\text{ж.м.}}} = \frac{2,94}{12,8 \cdot 0,5} = 0,46 \approx 1,5 \quad (\text{мм}^2)$$

$$\Delta U = \frac{M}{C \cdot S_3} = \frac{2,94}{12,8 \cdot 1,5} = 0,15\%;$$

$$s_{a4} = \frac{m}{c(\varepsilon_{\text{найб}} - \varepsilon_2)} = \frac{2,94}{12,8 \cdot (1 - 0,15)} = 0,3 \approx 1,5 \quad (\text{мм}^2);$$

Отже, для освітлювальної мережі вибираємо наступні проводи:

РП1-ЩО1: ПВЗ 4(1x4) – відкрито;

РП2-ЩОа: ПВЗ 2(1x1,5) – відкрито;

ЩО1-1: ПВЗ 2(1x4) – в коробах;

ЩО1-2: ПВЗ 2(1x4) – в коробах;

ЩО1-3: ПВЗ 2(1x4) – в коробах;

ЩОа-1: ПВЗ 2(1x1,5) – в коробах;

ЩО1-3: ПВЗ 2(1x4) – в коробах;

ЩОа-1: ПВЗ 2(1x1,5) – в коробах;

## РОЗДІЛ 4 ІННОВАЦІЙНІ РІШЕННЯ ТА ЇХ ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК

## 4.1 Мета розрахунків та характеристика вихідних даних

Відповідно до вихідних даних, приведених у табл. 4.1 – табл. 4.3, 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-630	1	447,8368924
ТП 2	ТМ-1000	1	941,438415

Таблиця 4.2 – Відомості про кабельні лінії

Найменування ліній	Довжина лінії від ТП до ГПП, м	Марка кабелю	К-сть
ГПП - ТП1	130,7	ААБ 3х50	1

ГПП - ТП2	104	ААБ 3x95	1
-----------	-----	----------	---

Таблиця 4.3 – Потужність цехів підприємства

Найменування цеху	Кількість змін	Факт. потужність, кВА
Корпус 1 (токарка)	2	190,9
Корпус 2 (компресорна)	2	139
Корпус 3 (монтаж)	2	188
Корпус 4	2	329
Корпус 6	2	980,36

Рекомендації до виконання:

1. Вважати, що в кожному цеху встановлено одну ТП (номер цеху відповідає номеру ТП).

2. Оплату за спожиту електроенергію розраховують за одноставковим тарифом: 2,8 грн/кВт·год;

3. Прийняти норму амортизації – 6%,

3. Нарахування:

– в пенсійний фонд – 32%,

– у фонд зайнятості – 1,5%,

– на соціальне страхування – 1,5%.

4 Якщо заводська мережа складається тільки з живильного кабелю 10 кВ і однієї ТП 10/0,4 кВ, то необхідно розраховувати капіталовкладення і експлуатаційні витрати для мережі 0,38 кВ.

За відсутності даних щодо вартості високовольтних вимикачів можна приблизно вартість вимикача 10 кВ прийняти рівною 50 тис. грн., а вимикача 110 кВ – 100 тис. грн.

#### 4.1.1 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання

Розрахунок капіталовкладень в лінії електропередач виконуємо за вартістю кабелів та їх прокладання, які наведені в табл. 4.2 і табл. 2.5 [17].

Капітальні вкладення для ліній електропередач:

$$K_{л} = (K_{пит} \cdot n + K_{прок}) \cdot L, \quad (4.1)$$

де  $K_{пит}$  – питома вартість на 1км лінії, тис. грн./км (табл. 2.4, 2.5 [7]);

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

$L$  – довжина лінії електропередачі, км.

$n$  – кількість кабелів в траншеї, шт.

Визначимо вартість прокладання кабельної лінії від ГПП до ТПІ (АББ 2х95) в ґрунті II категорії без врахування переходів:

$$K_{л1} = (K_{пит} \cdot n + K_{прок}) L = (83,08 \cdot 1 + 10) \cdot 0,025 = 12,166 \text{ тис. грн.}$$

Для інших ліній розрахунки виконуються аналогічно, результати розрахунків заносимо в табл. 4.4.

Таблиця 5.4 – Розрахунок капіталовкладень для ліній електропередач

Назва лінії	Марка кабелю	Кіл-т ь	Довжина, км	$K_{пит}$ , тис. грн	$K_{прок}$ тис. грн	$K_{л}$ , тис. грн



ГПП - ТП1	ААБ 3x50	1	0,1307	83,0835	10	12,166
ГПП - ТП2	ААБ 3x95	1	0,104	83,0835	10	9,68068
Всього						21,8467

Капітальні вкладення для електричних підстанцій будуть:

$$K_{\text{пс}} = K_{\text{псі}} + K_{\text{пост}}, \quad (4.2)$$

де  $K_{\text{псі}}$  – вартість однієї трансформаторної підстанції, тис. грн. (табл. 2.7 і табл. 2.8 [6]);

$l$  – кількість підстанцій;

$K_{\text{пост}}$  – 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.

З табл. 2.7–2.8 [6] визначаємо величину капіталовкладень для трансформаторних підстанцій, наприклад, для ТП–1:

$$K_{\text{псі}} = 299,8 + 59,96 = 359,76 \text{ тис. грн.}$$

Результати розрахунків заносимо в табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Розрахунок капіталовкладень для електричних підстанцій

№	Тип тр-ра	Кількість тр-рів	Код, тис. грн	Кпост, тис. грн	Кпс, тис. грн
КТП-1	ТМ-630	1	299,8	59,96	359,76

КТП-2	ТМ-1000	1	216,86	43,37	260,232
Всього					619,992
о					

Розрахуємо сумарну вартість вимикачів. Відповідно до схеми, зображеної на рис.1, кількість вимикачів 10 кВ – 5 шт., а вимикачів 110 кВ – 2 шт. Відповідно до рекомендацій приймаємо вартість вимикача 10 кВ рівною 50 тис. грн., а вимикача 110 кВ – 100 тис. грн.

Сумарна вартість вимикачів:

$$K_B = 50 \cdot 5 + 2 \cdot 100 = 450 \text{ тис. грн.}$$

Вартість підстанцій з вимикачами:

$$K_{\text{пс}} = 619,992 + 450 = 1069,992 \text{ тис. грн.}$$

Відповідно сумарна величина капітальних вкладень в систему електропостачання підприємства.

$$K = 21,8467 + 1069 = 1191,84 \text{ тис. грн.}$$

#### 4.2 Розрахунок потреби в робочій силі

Чисельність робітників, яка необхідна для технічного обслуговування і поточного ремонту всього енергоустаткування та мереж, визначається виходячи з трудомісткості виконуваних робіт. При цьому рекомендується скористатися нормативами системи планово-попереджувальних робіт промислових електричних мереж.

Трудомісткість технічного обслуговування не залежить від змінності роботи споживачів, тому планується в розмірі 10% від трудомісткості поточного ремонту всіх прокладених електромереж, а для мереж заземлення

та заземлювальних пристроїв, поточний ремонт для яких не планується, у розмірі 3% від вказаної в таблиці трудомісткості капітального ремонту.

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

$$T = \Pi \cdot t_{\text{норм}} \cdot h, \quad (4.3)$$

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

$t_{\text{норм}}$  – норма трудомісткості поточного ремонту або огляду, люд.-год. (табл.2.12 [6]);

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

Для схеми, представленої на рис.1 трудомісткість ремонту вимикачів 110кВ, люд.-год./рік:

$$T = 1 \cdot 20 \cdot 2 = 40.$$

Проводимо розрахунки трудомісткості ремонту іншого електрообладнання та заносимо їх результати до табл. 2.1.

Слід зазначити, що норми тривалості міжремонтних періодів і пов'язана з ними розрахункова кількість ремонтів за рік, розроблені для енергоустаткування, яке працює в двох змінах, тобто при  $K_{\text{зм}}=2$ . При іншій змінності вводиться поправочний коефіцієнт  $\beta_p$ , який знаходимо за табл. 2.15 [6].

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

$$T_{\text{то}} = 12 \cdot t_{\text{пр}} \cdot K_{\text{ср}} \cdot K_{\text{зм}} \cdot h, \quad (4.4)$$

де 12 – кількість місяців у році;

$t_{\text{пр}}$  – планова (таблична) трудомісткість поточного ремонту одиниці устаткування люд.-год. (табл. 2.13 [6]);

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

$h$  – кількість обладнання в групі.

Для вимикачів 10 кВ, люд-год/рік:

$$T_{\text{то}} = 12 \cdot 16 \cdot 0,1 \cdot 5 = 60.$$

Проводимо розрахунки трудомісткості технічного обслуговування іншого електрообладнання та заносимо їх результати до табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Трудомісткість поточного ремонту та огляду

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Таблиця 2.1 – Трудомісткість поточного ремонту та огляду							
2				Поточний ремонт			Огляд	
3			К-сть на	Норма трудо-	Заг. труд-	К-сть на	Норма трудо-	Заг. труд-місткість
4			одиницю	місткості	місткість	одиницю	місткості	люд.год.
5	Обладнання	К-ть	облад. рем/рік	люд.год.	люд.год.	огл/рік	люд.год.	люд.год.
6	Вимикач 10кВ	5	1,00	16,00	80,00	12,00	1,00	60,00
7	ТМ-630	1	0,33	100,00	33,00	12,00	20,00	240,00
8	ТМ-1000	1	0,33	120,00	39,60	12,00	20,00	240,00
9	Кабельна лінія							
10	50 мм <sup>2</sup> , км	0,131	1,00	54,00	7,06	1,00	13,50	1,76
11	95 мм <sup>2</sup> , км	0,104	1,00	54,00	5,62	1,00	13,50	1,40
12	Разом				159,66			541,76

Таблиця 4.4 – Трудомісткість технічного обслуговування і загальна трудомісткість

	J	K	L	M	N	O	P
1	Таблиця 2.2 – Трудомісткість технічного обслуговування і загальна трудомісткість						
2	Обладнання	К-ть	Технічне обслуговування			Загальна	
3			Змінність роботи	Коеф. складності	К-ть місяців	Загал. трудомісткість люд.год.	трудоміст-кість обслу-говування люд.год.
4	Вимикач 10кВ	5	2	0,1	12	192	252,00
5	ТМ-630	1	2	0,1	12	240	480
6	ТМ-1000	2	2	0,1	12	576	816
7	Кабельна лінія 50 мм <sup>2</sup> , км	0,13	1	0,1	12	8,46936	8,46936
8	Кабельна лінія 95 мм <sup>2</sup> , км	0,10	1	0,1	12	6,7392	6,74
9	Разом					1016,46936	1556,46936

Якщо ремонтний персонал виконує лише поточні ремонти, то його чисельність

$$N_{\text{пр}} = \frac{T_{\text{пр}}}{\Phi_{\text{д}} \cdot K_{\text{в.н}}}, \quad (4.5)$$

експлуатаційні робітники, чол.:

$$N_{\text{обс}} = \frac{T_{\text{обс}}}{\Phi_{\text{обс}} \cdot K_{\text{в.н}}}, \quad (4.6)$$

де  $T_{\text{пр}}$  – річна планова трудомісткість поточного ремонту, люд · год;

$\Phi_{\text{д}}$  – дійсний (ефективний) фонд часу роботи одного робітника за рік; приймається рівним 1850-1900 год;

$K_{\text{вн}}$  – плановий коефіцієнт виконання норм для даної категорії робітників. При розрахунках приймаємо для ремонтного персоналу  $K_{\text{вн}} = 1,10$ , а для експлуатаційного –  $K_{\text{вн}} = 1,05$ ;

$T_{\text{обс}}$  – річна планова трудомісткість технічного обслуговування з урахуванням витрат праці на огляди, люд · год.

Знаходимо кількість експлуатаційних робітників, чол.:

$$H_{\text{обс}} = \frac{2534,27}{1900 \cdot 1,05} = 1,27$$

та персоналу для ремонтних робіт, чол.:

$$H_{\text{тр}} = \frac{305,30}{1900 \cdot 1,1} = 0,146$$

Приймаємо  $H_{\text{тр}} = 2$  чол.,  $H_{\text{обс}} = 2$  чол.

#### 4.2.1 Розрахунок витрат по заробітній платі

Для розрахунку оплати праці експлуатаційних робітників рекомендується використовувати погодинно-преміальну систему, а для ремонтного персоналу – відрядно-преміальну. Преміювання експлуатаційних робітників здійснюється за безаварійну і надійну роботу енергообладнання та мереж, економію енергоресурсів, компенсацію реактивної потужності. Ремонтний персонал преміюється за високоякісне і своєчасне виконання ремонтних робіт.

Величина премії (відповідно до категорій енергоперсоналу) може бути прийнята в розмірі 20 і 25%.

Фонд прямої заробітної плати:

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

$$\Phi_e = H_{\text{обс}} \cdot \beta_n \cdot t_{\text{ге}} \cdot \Phi_d \quad (3.7)$$

Годинну тарифну ставку рекомендується розраховувати за формулою:

$$t_{\text{ге}} = ((K3 + K4) / 2) \cdot C_1, \quad (4.8)$$

де  $K3$ ,  $K4$  – тарифні коефіцієнти III та IV розрядів, відповідно, (табл. 1.1) [18];

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

$$C_I = \frac{Z_{\min} \cdot k_{r,i}}{\Phi_H}, \quad (4.9)$$

де  $Z_{\min}$  – мінімальний розмір заробітної плати;

$k_{r,i}$  – тарифний коефіцієнт робітника i-го розряду;

$\Phi_H$  – номінальний місячний фонд робочого часу ( $\Phi_H = 22 \cdot 8 = 176$  год).

Законом України „Про Державний бюджет України на 2021 рік та про внесення змін до деяких законодавчих актів України” встановлено розміри мінімальної заробітної плати:[19,20]

- у місячному розмірі: з 1 січня - 6000 гривень, з 1 грудня - 6500 гривень;
- у погодинному розмірі: з 1 січня - 36,11 гривні, з 1 грудня - 39,12 гривні.

$$C_I = 39,12 \text{ грн./год.}$$

Тоді годинна тарифна ставка 3,5 розряду становитиме:

$$t_{re} = ((1,18 + 1,27) / 2) \cdot 39,12 = 47,922 \text{ грн./год.};$$

Заробітна плата робітників-погодинників:

$$\Phi_e = 2 \cdot 0,9 \cdot 47,922 \cdot 1900 = 163893,24 \text{ грн./рік};$$

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

$$\Phi_p = T_{пр} \cdot t_{пр}, \quad (4.10)$$

$$t_{гр} = ((K4+K5)/2) \cdot C_1, \quad (4.11)$$

де K4, K5 – тарифні коефіцієнти IV та V розрядів, відповідно, (табл. 1.1) [6].

Розраховуємо годинну тарифну ставку 4,5 розряду:

$$t_{гр} = ((1,27+1,36)/2) \cdot 39,12 = 51,44 \text{ грн./год};$$

$$\Phi_p = 191,66 \cdot 51,44 = 9859,41 \text{ грн./рік.}$$

Фонд основної заробітної плати, грн./рік:

$$\Phi_o = \Phi(1+0,05+0,01+\alpha), \quad (4.12)$$

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:

$$\Phi_{oe} = 163893,24 \cdot (1+0,05+0,01+0,2) = 206505,48 \text{ грн./рік,}$$

і для ремонтних:

$$\Phi_{op} = 9859,41 \cdot (1+0,05+0,01+0,25) = 12915,83 \text{ грн./рік.}$$

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:

$$\Phi_{од} = \Phi_o \cdot 1,15; \quad (4.13)$$

$$\Phi_{оед} = 206505,48 \cdot 1,15 = 237481,30 \text{ грн./рік};$$

$$\Phi_{орд} = 12915,83 \cdot 1,15 = 14853,207 \text{ грн./рік.}$$



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:

$$C_{зп} = \Phi_{об} \cdot \left(1 + \frac{\beta_{п} + \beta_{з} + \beta_{с}}{100}\right), \quad (4.14)$$

де  $\beta_{п}$  - нарахування в пенсійний фонд,  $\beta_{п} = 32\%$  ;

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

$\beta_{с}$  - нарахування на соціальне страхування,  $\beta_{с} = 1,5\%$  .

Відповідно розраховуємо витрати по заробітній платі експлуатаційному персоналу:

$$C_{зп\text{е}} = 237481,30 \cdot \left(1 + \frac{32 + 1,5 + 1,5}{100}\right) = 320599,76 \text{ грн./рік;}$$

і ремонтному персоналу:

$$C_{зп\text{р}} = 14853,2 \cdot \left(1 + \frac{32 + 1,5 + 1,5}{100}\right) = 20051,83 \text{ грн./рік.}$$

Таблиця 4.5 – Розрахунок витрат по заробітній платі

	A	B	C	D	E	F	G
18	Таблиця 2.3 – Розрахунок витрат по заробітній платі						
19	Показник					Заробітна плата	
20	$\Phi_e$	Заробітна плата експлуатаційного персоналу				560514880,80	грн
21	$\Phi_p$	Заробітна плата ремонтного персоналу				1889633,57	грн
22	$\Phi_{oe}$	Величина основної ЗП експлуатаційного персоналу				706248749,81	грн
23	$\Phi_{op}$	Величина основної ЗП ремонтного персоналу				2475419,98	грн
24	$\Phi_{oed}$	Основний фонд ЗП експлуатаційного персоналу				812186062,28	грн
25	$\Phi_{ord}$	Основний фонд ЗП ремонтного персоналу				2846732,98	грн
26	$C_{zpe}$	Витрати по ЗП експлуатаційного персоналу				1096451184,08	грн
27	$C_{zpr}$	Витрати по ЗП ремонтного персоналу				3843089,52	грн

#### 4.2.2 Планування вартості матеріалів, що витрачаються

Розрахунок необхідної на рік кількості основних матеріалів для усіх видів ремонтів і технічного енергетичного обслуговування устаткування та мереж розробляється на основі трудомісткості і існуючих норм витрат матеріалів (табл. 2.19) [6]. Якщо на окремі види матеріалів норми відсутні, підприємство розробляє їх самостійно і затверджує.

Розрахунок трудомісткості спрощується при виконанні його в табличній формі. Оскільки вартість конкретного виду матеріалу можна визначити як добуток норми його витрат на ціну, то доцільно по кожному виду устаткування і мереж визначити підсумкову вартість усіх матеріалів, а потім її помножити на трудомісткість поточного ремонту чи технологічного обслуговування.

Необхідні дані для розрахунку беремо з табл. 2.19 та 2.20 [6], результати розрахунків заносимо до таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Розрахунок вартості матеріалів, включених у норму витрат

	A	B	C	D	E	F
1	Таблиця 2.4 – Розрахунок вартості матеріалів, включених у норму витрат					
2						
3	Матеріал	Ціна матеріалу,	Норми витрат матер. на 100 люд.-год. трудомісткості ремонту і тех. обслуговування		Вартість матеріалу, грн.	
5	Силові трансформатори		630	1000	630	1000
6	Сталь сортова, кг	13,38	6,00	6,00	80,30	80,30
7	Провід установлюваний, м	5,55	0,50	0,50	2,78	2,78
8	Мідь-алюміній (гола), кг	124,62	62,00	62,00	7726,44	7726,44
9	Картон електроізоляційний, кг	60,09	1,40	1,40	84,12	84,12
10	Лакотканина (ширина 700мм), м	166,64	0,20	0,20	33,33	33,33
11	Кабельний папір, кг	49,14	0,60	0,60	29,48	29,48
12	Стрічка кіперна, кг	600,86	40,00	40,00	24034,24	24034,24
13	Стрічка тафтяна, кг	446,38	18,00	18,00	8034,85	8034,85
14	Стрічка азбестова, м	13,15	0,05	0,05	0,66	0,66
15	Лаки ізоляційні, кг	71,88	1,50	1,50	107,82	107,82
16	Емалі ґрунтові, кг	78,85	2,50	2,50	197,11	197,11
17	Масло трансформаторне, кг	24,36	0,58	0,58	14,13	14,13
18	Бензин, кг	12,36	0,70	0,70	8,65	8,65
19	Розчинники кг	34,83	0,80	0,80	27,87	27,87
20	Маслостійка гума, кг	89,35	0,40	0,40	35,74	35,74
21	Гума профільна, кг	89,35	0,13	0,13	11,62	11,62
22	Припій олов'яно-свинцевий, кг	850,63	0,02	0,02	17,01	17,01
23	Припій мідно-фосфорний, кг	158,12	0,03	0,03	4,74	4,74
24	Електроди, кг	29,37	0,15	0,15	4,41	4,41
25	Засоби кріплення, кг	37,41	2,00	2,00	74,83	74,83
26	Дріт кручений, кг	4,88	0,30	0,30	1,46	1,46
27	Матеріали обтіску, кг	48,72	0,40	0,40	19,49	19,49
28	Разом:				40551,08	40551,08
29	Кабельні лінії					
30	Сталь сортова, кг	13,38392	2		26,76784	
31	Електроди, кг	29,39424	0,1		2,939424	
32	Разом:				29,707264	

Вартість матеріалу на технічну операцію:

$$C_{\text{м}} = 0,001 T \sum_{i=1}^n C_{\text{ор}} \cdot L_{\text{ю}} \quad (4.15)$$

де  $C_{\text{ор}}$  – питома вартість витратних матеріалів на обслуговування і-го виду трансформаторів,

$T$  – трудомісткість обслуговування і-го виду трансформаторів,

$L$  – сумарна довжина кабелів,

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

Вартість матеріалів, потрібних на ремонт і вартість матеріалів, потрібних на технічне обслуговування розраховані в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 – Планування вартості матеріалів, що витрачаються

	A	B	C	D	E	F
35			Ремонт		Обслуговування	
		Вартість витрат матеріалів на 100 норм.год	Загальна трудомісткість ремонтів	Вартість витрат матеріалів грн.	Загальна трудомісткість обслуговування	Вартість витрат матеріалів грн.
36	Назва обладнання					
37	ТМ-630	40551,08	33,00	1338185,552	480	19464517,11
38	ТМ-1000	40551,08	39,60	1605822,662	816	33089679,09
39	Кабелі	29,707264	7,06	209,6679279	8,46936	251,6015134
40	Всього витрат на матеріали			29442,17881		525544,4781

Отже, можна розрахувати:

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

$$C_{\text{обс}} = C_{\text{зпе}} + C_{\text{мто}}, \quad (4.16)$$

$$C_{\text{обс}} = 525544,48 + 320599,7614 = 846144,24 \text{ грн/рік};$$

- витрати на їх поточний ремонт, грн/рік:

$$C_{\text{пр}} = C_{\text{зпр}} + C_{\text{мпр}}, \quad (4.17)$$

$$C_{\text{пр}} = 525544,48 + 20051,82945 = 545596,31 \text{ грн/рік}.$$

#### 4.2.3 Визначення амортизаційних відрахувань і інших витрат

Знаходимо амортизаційні відрахування за формулою:

$$C_a = a \cdot K, \quad (4.18)$$

де  $a$  – норма амортизації, %

$K$  – капіталовкладення, грн.

$$C_a = 0,06 \cdot 1191,84 \cdot 1000 = 53510,32185 \text{ грн/рік}.$$

Окремою складовою в кошторисі річних поточних витрат виділяються інші витрати. Вони включають витрати на допоміжні матеріали, послуги

виробничим підрозділам підприємства, частину загальнозаводських витрат. Їх можна приймати в розмірі 20 - 30% від суми витрат на обслуговування, поточний ремонт і амортизацію, тис. грн/рік:

$$C_{ip} = \beta_{ip} (C_{обс} + C_{пр} + C_a); \quad (4.19)$$

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

$$C_{ip} = 0,25 \cdot (846144,24 + 545596,31 + 53510,32185) = 361312,7172 \text{ грн/рік.}$$

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 обладнання	846144,24	46,83722433
Витрати на поточний ремонт	545596,31	30,20078074
Витрати на амортизацію	53510,32185	2,961994931
Інші витрати	361312,7172	20
Разом	1806563,586	100

### 4.3 Розрахунок річного споживання і втрат електроенергії.

#### Розрахунок оплати за електроенергію

Розрахунок обсягу споживання визначається, виходячи з розрахункової потужності, яка визначається як добуток установленої (номінальної) потужності усіх електроприймачів, коефіцієнта попиту і кількості годин використання максимуму навантаження, тис. кВт·год./рік:

$$E_{ai} = P_p \cdot T_{mi} = K_n \cdot P_{ном} \cdot T_{mi}, \quad (4.20)$$

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.

Річна кількість годин використання максимуму активної потужності по галузях промисловості при різній кількості робочих змін приводяться в галузевих інструкціях і довідкових матеріалах. Величина  $T_m$  у середньому за рік складає: для освітлювальних навантажень – 1500 – 2000 год.; для однозмінних підприємств – 2000 – 3000 год.; для двозмінних – 3000 – 4500 год і тризмінних 4500 – 8000 год.

Для прикладу визначимо річні витрати активної електроенергії для першого цеху:

$$E_{a1} = 447,8368924 \cdot 4500 = 2015266,016 \text{ кВт}\cdot\text{год./ рік.}$$

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

Необхідно також визначити річні витрати реактивної електроенергії.

Таблиця 4.9 – Річні витрати активної електроенергії по цехах

Назва цеху	К-сть змін	Sp, кВА	Tm, год.	cos φ	Pp, кВт	Ea, кВт·год./рік
тп1	2	447,8368924	4500	0,95	425,4450478	2015266,016
тп2	2	941,438415	4500	0,95	894,3664942	4236472,867
Разом						6251738,883

Для визначення повної потреби підприємства в електроенергії необхідно до отриманого результату додати втрати електроенергії в лініях і трансформаторах.

Втрати електроенергії в лініях розраховуємо так:

$$\Delta E_{\text{л}} = 3 \cdot n \cdot I_{\text{м}}^2 \cdot R \cdot \tau \cdot 10^{-3}, \quad (4.21)$$

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

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

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

$n$  – кількість кабелів в лінії.

$$R = r_0 \cdot L, \quad (4.22)$$

де  $r_0$  – питомий опір однієї фази кабелю, Ом / км (див. табл. 2.25 [21]),

Величина  $\tau$  визначається за часом використання максимального навантаження  $T_m$  :

$$\tau_m = \left( 0,124 + \frac{T_m}{10000} \right)^2 \cdot 8760 = \left( 0,124 + \frac{4500}{10000} \right)^2 \cdot 8760 = 2886,210$$

Для лінії ГПП –ТП1:

Активний опір однієї фази кабелю від ГПП до ТП1.:

$$R = 0,620 \cdot 0,025 = 0,016 \text{ Ом.}$$

Відповідно втрати електроенергії в лінії ГПП-ТП1:

$$\Delta E_{\tau} = 3 \cdot 2 \cdot 25,856^2 \cdot 0,016 \cdot 2886,210 \cdot 10^{-3} = 469,067 \text{ кВт}\cdot\text{год./рік.}$$

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

Таблиця 4.10 – Втрати електроенергії в лініях

	B	C	D	E	F	G	H	I	J
6									
7	Лінія	Марка кабелю	К-сть ліній	Довжина, км	$I_M, A$	R, Ом	$\tau$ , год./рік	Rпнт, Ом/км	$\Delta E_{\tau}$ , кВт·год.
8	ГПП - ТП1	ААБ 3х50	1	0,131	25,856	0,081	2886,210	0,620	469,067
9	ГПП - ТП2	ААБ 3х95	1	0,104	54,354	0,064	2886,210	0,620	1649,441
10	Разом								2118,508

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

$$\Delta E_T = n \cdot \Delta P_{XX} \cdot T_p + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_{K3} \cdot \left( \frac{S_{\Phi}}{S_H} \right)^2 \cdot \tau, \quad (4.23)$$



де  $n$  - кількість трансформаторів;

$\Delta P_{\text{кз}}$  і  $\Delta P_{\text{хх}}$  – 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;

$S_n$  - номінальна потужність одного трансформатора, кВА.

Відповідно втрати енергії в трансформаторах КТП-1:

$$\Delta E_T = 2 \cdot 2,1 \cdot 8760 + (1/2) \cdot 12 \cdot \left( \frac{1096}{1000} \right)^2 \cdot 2886,210 = 16395,84$$

кВт·год./рік.

Для інших КТП проводимо аналогічні розрахунки і їх результати зводимо у табл. 4.11.

Таблиця 4.11 – Втрати енергії в трансформаторах

№	Тип т-ра	К-сть	$\Delta P_x$ , кВт	$\Delta P_k$	$S_p$ , кВА	$S_n$ , кВА	$\Delta E_T$ , кВт·год./рік
КТП-1	ТМ-630	1	1,31	8,5	447,837	1000	16395,84299
КТП-2	ТМ-1000	1	2,1	10,5	941,438	630	86069,70006
Разом							102465,5431

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

$$E = E_a + \Delta E_{\text{л}} + \Delta E_T ; \quad (4.24)$$

$$E = 2118,508 + 102465,5431 + 6251738,883 = 6356322,934 \text{ кВт·год./рік.}$$

Оплата за електроенергію при одноставковому тарифі визначається як:

$$P_1 = v \cdot E / 100, \text{ грн.,}$$

де  $v$  – ставка тарифу за 1 кВт · год споживаної активної електроенергії, грн.;

$E$  – кількість енергії, що споживається, врахована по лічильнику.

$$\Pi_1 = 2,8 \cdot 6356322,934 = 17797704,22 \text{ грн.}$$

#### 4.4 Розрахунок собівартості електроенергії

Собівартість корисної, споживаної підприємством кіловат-години електроенергії, коп./кВт · г:

$$S = \frac{C_{\text{сум}} \cdot 100}{E_a}, \quad (4.25)$$

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.

Промислові підприємства, що споживають електроенергію від зовнішнього джерела, з одного боку, оплачують кількість отриманої енергії за тарифом, а з іншого – несуть додаткові витрати при передаванні та розподілі електроенергії від мереж енергосистеми до цехових споживачів. Отже, загальні (сумарні) витрати підприємства на електроенергію за рік будуть складати, тис. грн./рік:

$$C_{\text{сум}} = \Pi + C_{\text{п}}, \quad (4.26)$$

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:

$$C_{\text{п}} = C_{\text{обс}} + C_{\text{пр}} + C_a + C_{\text{ір}}, \quad (4.27)$$

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;

Для наочності результати розрахунків зводимо в таблицю 4.12.

Таблиця 4.12 –Результати розрахунків

Показники	Позначення	Величина показників	Одиниця вимірювання
Кількість корисно спожитої електроенергії	$E_a$	6251738,883	кВт·год.
Річне споживання електроенергії із втратами	$E$	6356322,934	кВт·год.
Плата за електроенергію	$\Pi_1$	17797704,22	грн.
Витрати на передачу і розподіл електроенергії	$C_{\text{п}}$	1806563,586	грн.
Сумарні витрати підприємства	$C_{\text{сум}}$	19604267,8	грн.
Собівартість електроенергії	$S$	313,5810399	коп/кВт·год.

В нинішніх умовах тотальної економії особливо гостро постало питання раціонального використання електроенергії. Для збереження обсягів виготовлення продукції промисловим підприємствам великого масштабу необхідно швидко та ефективно знайти шляхи економії, зокрема плати за електроенергію. Ринок вщент заповнений різними пропозиціями економії. Але до задачі оптимізації необхідно підходити більш комплексно, а не точково, та насамперед враховувати наступне:

- заходи, які направлені на зменшення об'ємів споживання електроенергії, але не за рахунок зменшення якості продукції;
- пошуки додаткових джерел закупівлі (генерації) електроенергії.

На виробництві найбільш економічно вигідним і менш затратним є економія саме електроенергії. Шляхів досягання даної мети також багато:

- контроль за режимом роботи найбільш енергозатратних пристроїв;
- контроль за освітлювальними пристроями;
- заміна старого обладнання на більш сучасне (лічильники нового покоління, LED-світильники);
- використання датчиків руху;
- впровадження систем ЦОЕ або АСКОЕ для змоги контролювати використання електроенергії на більш високому рівні.

В даній роботі пропоную встановити АСКОЕ (Автоматизована система обліку електроенергії) для кожної ТП. Даний метод впроваджується за допомогою встановлення по 2 лічильника на кожну ТП типу AD13A.1 (Prime) 3x220/380В (5-80А) багатотарифний трьохфазний активної та реактивної енергії, також до даного лічильника встановлюється маршрутизатор типу GSM/GPRS COM 900. Це дасть змогу при невеликій кількості лічильників стежити за великим обсягом енергії.

Вартість встановлення одного лічильника електроенергії складає:

$$\text{грн.} \cdot \frac{2,8 \cdot 3 \cdot 8760}{100} = 735,84 \text{ ($$

Встановивши 20 додаткових лічильників отримаємо затрати:

$$C = 735,84 \cdot 20 = 54709,92 \text{ (грн.)}$$

Встановлюємо АСКОЕ на кожний цех (20 цехів). Відомість про цехи в кожному корпусі наведена в таблиці 4.13.

Таблиця 4.13 – Відомість про цехи в кожному корпусі

№ ТП	№ цеху	Назва цеху	Розрахункова активна потужність Pp, кВт
ТП1	1	Корпус 1 (токарка)	149,252
	2	Корпус 2 (компресорна)	139,4176
	3	Корпус 3 (монтаж)	134,97696
		Всього по ТП1	423,64656
ТП2	4	Корпус 4	258,596
	5	Корпус 6	633,5328
		Всього по ТП2	892,1288

Оскільки річна кількість корисно споживаної підприємством електроенергії ( $E_a$ , кВт·год./рік), без врахування втрат у лініях і трансформаторах становить 8993030,041 кВт·год./рік., то враховуючи той факт, що встановлення ЦОЕ забезпечує економію електроенергії на 3%, то сумарна економія за рахунок використання ЦОЕ становить:

$$E_e = 6356322,934 \cdot 0,99 = 6189221,494 \quad (\text{кВт} \cdot \text{год./рік}).$$

Таким чином, загальна потреба підприємства в електроенергії складає, кВт·год./рік:

$$E = E_e + \Delta E_{\text{л}} + \Delta E_{\text{Т}}; \quad (4.28)$$

$$E = 54709,92 + 15482761,64 + 54709,92 = 17344035,15 \quad (\text{кВт} \cdot \text{год./рік})$$

Оплата за спожиту електроенергію:

– у разі застосування одноставкового тарифу:

$$\Pi_1 = 2,8 \cdot 6293805,545 = 15482761,64 \text{ тис. грн};$$

Річні витрати промислового підприємства, зв'язані з передаванням і розподілом електричної енергії, включають також складову затрат на лічильники, тис.грн/рік:

$$C_{\Pi} = C_{\text{обс}} + C_{\text{пр}} + C_a + C_{\text{ір}} + C_{\text{л}}, \quad (4.29)$$

де  $C_{\text{л}}$  – витрати підприємства на додаткові лічильники, грн/рік.;

Для наочності результати розрахунків після прийняття інноваційного рішення зводимо в таблицю 4.15.

Таблиця 4.15 – Результати розрахунків

	A	B	C	D	E
15					
16	$E_e$	6189221,494		$C_{\text{сум}} = \Pi + C_{\Pi}$	17344035,15
17	$\Pi$	17329820,18		$S_2$	280,2296729
18					
19	Показники	Позначення	Величина показників	Одиниця вимірювання	
20	Кількість корисно спожитої електроенергії	$E_a$	6293805,545	кВт·год.	
21	Річне споживання електроенергії із втратами	$E$	6189221,494	кВт·год.	
22	Плата за електроенергію	$\Pi_1$	15482761,64	грн.	
23					
24	Витрати на передачу і розподіл електроенергії	$C_{\Pi}$	1806563,586	грн.	
25	Сумарні витрати підприємства	$C_{\text{сум}}$	17344035,15	грн.	
26	Собівартість електроенергії	$S$	280,2296729	коп/кВт·год.	
27					

Отже, прийняття інноваційного рішення, в якості встановлення АСКОЕ, забезпечило зниження собівартості електроенергії з 313,6 коп. до 280,2 коп. Це свідчить про доцільність впровадження даного методу для забезпечення економії у вигляді плати за електроенергію.

#### 4.5 Організація обліку енергоносіїв

Згідно з ПУЕ п. 1.5.13 [20] кожен установлений розрахунковий лічильник повинен мати на гвинтах, які кріплять кожух лічильника, пломбу з чинним відбитком тавра виробника або повірочної лабораторії, а на затискній кришці – пломбу електропередавальної організації. У разі використання лічильника для розрахунків з кількома юридичними особами на лічильнику допускається встановлювати пломби всіх зацікавлених сторін. Лічильники та їх кола треба опломбовувати таким чином, щоб забезпечити безперешкодне (без зняття пломб) технічне обслуговування іншого електрообладнання цієї електроустановки.

Згідно з ПУЕ п. 1.5.16 [20] класи точності трансформаторів струму і трансформаторів напруги для приєднання розрахункових лічильників електроенергії мають бути не гіршими від наведених у табл. 1.5.2 ПУЕ [20].

Дозволено використовувати блоки трансформаторів струму-трансформаторів напруги (комбіновані трансформатори), класи точності яких відповідають вимогам табл. 1.5.2 ПУЕ [20].

У разі встановлення дублюючих лічильників трансформатори струму повинні мати не менше двох вторинних обмоток для вимірювання і обліку необхідного класу точності.

Марка, технічні характеристики і заводський номер вимірювального трансформатора мають бути доступними для зчитування; вимірювальний трансформатор треба позначати відповідно до схеми електроустановки.

Згідно з ПУЕ п. 1.5.18 [20] приєднувати струмові кола основних лічильників до вторинних обмоток трансформаторів струму треба окремо від кіл захисту та електровимірювальних приладів.

Дозволено виконувати спільне приєднання струмових кіл основних лічильників і кіл захисту в разі, якщо окреме їх приєднання потребує встановлення додаткових трансформаторів струму, а спільне приєднання не призводить до зростання похибки вимірювання і забезпечує необхідні характеристики пристроїв релейного захисту.

Використовувати проміжні трансформатори струму для увімкнення розрахункових лічильників заборонено.

Згідно з ПУЕ п. 1.5.42 [20] на підприємствах треба передбачати встановлення стаціонарних або застосування інвентарних переносних ВК для контролю за дотриманням лімітів витрат електроенергії цехами, технологічними лініями, окремими енергоємними агрегатами, для визначення витрат електроенергії на одиницю продукції або напівфабрикату.



Дозволено встановлювати ВК технічного обліку на вводі підприємства, якщо розрахунковий облік із цим підприємством виконують за допомогою лічильників, які встановлено на підстанціях або електростанціях енергосистем.

Згідно з ПУЕ п. 1.5.43 [20] засоби вимірювальної техніки технічного обліку на підприємствах (лічильники і вимірювальні трансформатори) мають перебувати у віданні користувачів. Вимоги до пломбування лічильників технічного обліку визначають виключно їх користувачі.

Трансформатор напруги передбачено типу НТМИ-10 з класом точності 0,5.

Також передбачено пристрої, що закривають доступ до струмопровідних частин кіл обліку, а саме, кола обліку закриваються конструкцією з діелектричного матеріалу (оргскло). Конструктивно передбачається пломбування клемних коробок, вимірювальних кіл вмикання лічильників (струму та напруги).

При монтажі обладнання виконати необхідні заходи, щодо виключення несанкціонованого доступу до струмопровідних частин приладів обліку з можливістю пломбування і з дотриманням вимог ПУЕ та інших нормативних документі

В якості пристроїв для збору та передачі даних на сервер ПрАТ «Київобленерго» передбачено використовувати контролер GSM/GPRS типу 900.

Проектований контролер встановлюється під кришкою лічильника.

Передача даних на сервер ПрАТ «Київобленерго» виконується за допомогою GSM/GPRS каналу зв'язку.

## РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У випускній магістерській роботі розробляються заходи з оптимізації енергопостачання ТОВ «Костал Україна» в місті Переяслав Київської області.

Наразі зі зростанням темпів розвитку сучасного виробництва значно зростає роль і значення охорони праці на підприємстві. Для дотримання нормального режиму праці робітників роботодавець зобов'язаний створити безпечні та сприятливі умови роботи, зокрема, такі, щоб забезпечували досягнення високих та ефективних результатів. Про це йдеться, зокрема в Законі України «Про охорону праці». Законодавством України установлені соціальні гарантії у сфері охорони праці найманих працівників, які потрібно виконувати в обов'язковому порядку.

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних, лікувально-профілактичних заходів спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці [22-24].

Основна мета охорони праці – зведення до мінімуму імовірності травматизму та захворювань працівників. Це здійснюється за рахунок забезпечення нормальних умов праці.

При експлуатації котельні на підприємстві необхідно використовувати нормативно-технічну документацію. Для постійного обслуговування обладнання працівники повинні бути забезпечені усіма необхідними інструментами. Крім того, необхідно створити сприятливі умови праці.

На електротехнічний оперативний персонал, який обслуговує обладнання котельні, згідно ГОСТ 12.0.003-74, діють такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

- 1). фізичні:

- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищена температура повітря робочої зони;
- підвищена температура поверхонь обладнання;
- підвищена та знижена рухомість повітря;
- підвищена та знижена рухомість повітря;
- недостатнє природне освітлення;
- недостатня освітленість робочої зони;
- підвищений рівень вібрації;
- знижена вологість повітря;
- небезпечний рівень напруги в електричному колі, замикання якого може пройти через тіло людини;
- незахищені рухомі елементи виробничого обладнання.

## 2). хімічні:

- загальнотоксичні речовини, які діють на нервову систему (окис вуглецю);
- подразнюючі речовини, що діють на очі, ніс, тіло людини (окис азоту).

## 3). психофізіологічні:

- фізичні перевантаження (статичні);
- нервово-психічні перевантаження (монотонність праці, перенапруга аналізаторів).

## 5.1 Технічні рішення щодо безпечної експлуатації об'єкта

### 5.1.1 Електробезпека

Живлення силового обладнання 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 – підвищеної небезпеки, у зв'язку з наявністю у приміщенні струмопровідної підлоги.

Перед допуском до роботи на комутаційних апаратах з дистанційним керуванням слід виконати такі технічні заходи:

- відключити силові кола приводу, кола оперативного струму і кола підігріву;

- закрити і замкнути на замок засувки на трубопроводі подачі повітря в баки вимикачів або на пневматичні приводи і випустити в атмосферу повітря, що в них є, в цьому разі спускні пробки (клапани) залишаються у відкритому стані;

- привести в неробочий стан вантаж або пружини, що вмикають комутаційні апарати;

- вивісити плакати «Не вмикати! Працюють люди» на ключах дистанційного керування і «Не відкривати! Працюють люди» на закритих засувках.

Для пробних вмикань і вимикань комутаційного апарата під час його налагоджування і регулювання допускається у випадку, якщо ще не здано наряд, тимчасове подавання напруги в кола оперативного струму і силові кола приводу, в кола сигналізації і підігрівання, а також подавання повітря в привод і на вимикач.

Встановлення знятих запобіжників, вмикання відключених кіл і відкриття засувок під час подавання повітря, а також зняття на час випробування плакатів «Не вмикати! Працюють люди» і «Не відкривати! Працюють люди» здійснюють оперативні працівники або з їх дозволу керівник робіт. Дистанційно вмикати або вимикати комутаційний апарат для випробування дозволяється особі, яка проводить налагодження чи регулювання, або за її вимогою оперативному працівнику.

Після випробування, в разі необхідності продовження роботи на комутаційному апараті, оперативним працівником або, з його дозволу – керівником робіт слід виконати технічні заходи, що вимагаються для допуску до роботи.

Підніматися на повітряний вимикач, що перебуває під робочим тиском, дозволяється тільки в разі проведення випробувальних і налагоджувальних робіт (регулювання демпферів, зняття віброграм, під'єднання або від'єднання провідників від вимірювальних приладів, визначення місць витoku повітря тощо).

Підймання на відключений повітряний вимикач з повітрянаповненим відокремлювачем забороняється в усіх випадках, коли відокремлювач перебуває під робочим тиском.

Вологонепроникність (герметичність) повітряних вимикачів перевіряється за умови пониженого тиску відповідно до заводських інструкцій.

Перед підйманням на повітряний вимикач для випробування і налагодження необхідно:

- вимкнути кола оперативного струму;
- заблокувати кнопку місцевого керування та пускові клапани (наприклад від'єднати повітропровідні трубки, замкнути шафи тощо) чи поставити біля вимикача проінструктованого члена бригади, який допускав би до оперування вимикачем (після вмикання оперативного струму) тільки одного визначеного працівника за вказівкою керівника робіт.

В разі перебування людей на повітряному вимикачі, що перебуває під тиском, припиняються всі роботи в шафах керування і розподільчих.

Під час вмикання і вимикання повітряних вимикачів у разі перевірок, налагодження і випробування присутність людей біля вимикачів не допускається.

Команду на виконання операцій вимикачем керівник робіт з випробування і налагодження (або уповноважений ним член бригади) може подати після того, як члени бригади будуть відведені від вимикача на безпечну відстань або в укриття.

Перед допуском до роботи, пов'язаної з перебуванням людей всередині повітрозбірників, необхідно:

- закрити засувки на всіх повітропроводах, якими може бути подане повітря, замкнути на замок, вивісити на засувках плакати «Не відкривати! Працюють люди»;

- випустити повітря, що перебуває під тиском в повітрозбірнику, залишивши відкритими пробку в його верхній частині і спускний клапан;

- від'єднати від повітрозбірника повітропровід подавання повітря і встановити на ньому заглушки,

Нульове показання манометрів на баках вимикачів і повітрозбірників не може слугувати достовірною ознакою відсутності стисненого повітря,

Спускні пробки (клапани) або засувки дозволяється закривати тільки після загвинчування всіх болтів і гайок, що кріплять кришку лазу,

Компресорну установку слід обслуговувати згідно з «Правилами будови і безпечної експлуатації стаціонарних компресорних установок, повітропроводів і газопроводів» працівнику з групою ІІІ, закріпленому за цією установкою.

В приміщенні, де розташована когенераційна біопаливна установка знаходиться обладнання, яке відноситься до класу посудин, що працює під надлишковим тиском. Дане обладнання розміщується таким чином, що за ним можна здійснити нагляд та виконати ремонтні роботи. Згідно законодавства України, всі котли підлягають огляду інспектором з котлонагляду. Якщо в приміщенні, де розташована когенераційна біопаливна установка буде знайдено порушення в роботі котла або не задовільний стан

котлоагрегату, то його використання припиняється, до моменту здійснення ремонту.

Обслуговуванням приміщення, де розташована когенераційна біопаливна установка підприємства займається машиніст установки. Експлуатація, обслуговування та ремонт здійснюється згідно інструкцій, які містять вимоги з техніки безпеки.

### 5.1.2 Технічні рішення щодо безпечної організації робочих місць

Для опалення виробничих приміщень використовується власна котельня.

Персонал котельні повинен:

1. не залишати без нагляду обладнання, яке працює на газу;
2. не допускати до такого обладнання сторонніх осіб;
3. сповіщати майстру про аварійні ситуації, які виникають при роботі

газового обладнання.

В котельні встановлений автоматичний блок керування насосами та компресорами, який використовується тоді, коли виникає загазованість повітря та зниження його температури нижче допустимої.

Все обладнання приміщення, де розташований водогрійний котел, і де знаходяться прилади під тиском, заземлене. Здійснюється навмисне електричне з'єднання з нульовим проводом металевих не струмоведучих частин, що можуть опинитись під напругою.

Для забезпечення безпечних умов праці персоналу здійснюються такі заходи: автоматична зупинка обладнання при виникненні аварійної ситуації; ізоляція трубопроводів та обладнання, що має температуру стінок  $> 45^{\circ}\text{C}$ ; розміщення арматури таким чином, щоб вона була доступна для обслуговування; заземлення та занулення обладнання; герметичність обладнання; раціональне виконання кольорової обробки приміщень;

створення температурного та вологого режиму, згідно норм технологічного режиму.

В приміщенні, де розташований водогрійний котел, використовується трифазна 4-провідна мережа із заземленою нейтраллю напругою 380/220 В. Умови роботи за ступенем небезпеки ураження людей електричним струмом є з підвищеною небезпекою. Оскільки в приміщенні, де розташована когенераційна біопаливна установка, залізобетонна підлога, і є можливість одночасного дотику до корпусів електрообладнання та підлоги. В якості захисту від ураження електричним струмом застосовується:

1. ізоляція струмовідних елементів електроустаткування відповідно з вимогами нормативів, опір ізоляції нового устаткування не менше 1 кОм на 1В напруги; використання засобів орієнтації в електроустаткуванні, що запобігає помилковим діям при обслуговуванні та експлуатації електроустаткування – написи, таблички, попереджувальні знаки, сигналізація, різнокольорова ізоляція провідників окремих елементів електросхем, використання пониженої напруги 12В у стаціонарній мережі розеток для переносного електричного освітлення на котельні і 42В у системі місцевого освітлення; підвод кабелів до електроспоживачів у трубах, розведення до електромережі в приміщеннях у каналах стін, підлоги.

2. захисне занулення – навмисне електричне з'єднання нормально неструмовідних елементів устаткування із заземленим нульовим проводом.

3. використання електрозахисних засобів: ізолювальні кліщі, заземлення, інструменти з ізолювальними ручками, діелектричні рукавиці, підставки для ніг на ізоляторах, покажчики відсутності напруги, плакати безпеки, огороження.



## 5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

### 5.2.1 Мікроклімат

З метою підвищення працездатності та збереження здоров'я важливим є створення працівникові (оператору котельні) стабільних метрологічних умов - мікроклімат повітряного середовища [25-27]. Він складається з:

- температури;
- відносної вологості;
- швидкості руху повітря;
- інтенсивності теплового випромінювання.

Робота виконується на постійних робочих місцях, сидячи, тому її можна віднести до категорії робіт легка, 1а.

В залежності від періоду року існують нормовані значення параметрів температури, відносної вологості та швидкості руху повітря. Допустимі норми температури відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничого приміщення приводяться в таблиці 5.1

Виміри приладами показників мікроклімату необхідно проводити на початку, в середині та в кінці кожного періоду року не менше 3-х разів за зміну. Температура повітря в робочій зоні, заміряна на різній висоті в приміщенні не повинна виходити протягом зміни за межі оптимальних величин при забезпеченні оптимальних показників мікроклімату, а для допустимих показників мікроклімату перепад температури повітря по висоті в робочій зоні дозволяється до 3°C. Інтенсивність теплового опромінювання на робочих місцях не повинна перевищувати нормованих величин.

Таблиця 5.1 – Допустимі норми параметрів повітря

		Температура, °C	Відносна вологість	Швидкість руху повітря, м/с
Період року	Категорія робіт			

		Допустима на робочих місцях	Доп. на пост і непост. роб. місцях	Доп. на пост і непост. роб. місцях
Холодний	Легка Ia	21-25	75	не більше 0,1
Теплий	Легка Ia	22-28	55 при 28°C	0,1-0,2

### 5.2.2 Склад повітря робочої зони

Згідно ГОСТ 12.1.005-88, концентрація шкідливих речовин у повітрі робочої зони приміщення котельні не повинно перевищувати гранично допустиму концентрацію (ГДК) [28]. Повітря у приміщенні повинно бути чистим.

Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в атмосферному повітрі населених пунктів наведено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в атмосферному повітрі населених пунктів

Речовина	Гранично допустима концентрація, мг/м <sup>2</sup>		Клас безпеки
	Максимально разова, ГДК <sub>МАХ</sub>	Середньодобова, ГДК <sub>СЕР</sub>	
Двоокис азоту (NO <sub>2</sub> )	0,085	0,04	2
Вуглець (СО)	3,0	1,0	3

Для нормалізації повітря робочої зони котельня містить дві системи вентиляції: припливну та витяжну. Перша призначена для постачання чистого повітря, а друга – видаляє забруднене пилом та іншими речовинами повітря із приміщення котельні. Повітря в котельні повинно бути очищене від пилу, шкідливих домішок, крім того мати необхідну температуру і вологість для створення сприятливого мікроклімату.

### 5.2.3 Освітлення робочої зони

При поганому освітленні зростає потенційна небезпека помилкових дій і нещасних випадків. 5% травм можна пояснити недостатнім освітленням, а у 20% випадків воно сприяло їх появі. Погане освітлення може призвести до професійних захворювань: погіршують загальне самопочуття, зменшують фізичну і розумову працездатність.

#### Природне освітлення

В залежності від джерела світла промислове освітлення поділяється на:  
- природне освітлення – освітленість приміщень світлом неба (прямого або відображеного), яке попадає в приміщення через світлові пройми в зовнішніх огорожуючих конструкціях. По своєму спектральному складу воно є найбільш сприятливим. Природне освітлення характеризується коефіцієнтом природної освітленості КПО ( $\epsilon$ ). КПО - відношення природного освітлення, яке створюється в деякій точці заданої площини всередині приміщення світлом неба, до значення зовнішньої горизонтальної освітленості [31-32].

Основною величиною для розрахунку і нормування природного освітлення є коефіцієнт природної освітленості (КПО). Прийняте роздільне нормування КЕО для бічного і верхнього освітлення. Ті місця, що освітлюється тільки бічним світлом, нормується мінімальне значення КЕО в межах робочої зони, що повинно бути забезпечене в точках, найбільше віддалених від вікна.

#### Штучне освітлення.

Штучне освітлення буває двох систем: загальне або комбіноване. Загальне освітлення – освітлення, при якому світильники розміщуються у верхній зоні приміщення рівномірно або пристосувальне до розташування обладнання. Комбіноване освітлення – додаткове освітлення, при якому до загального освітлення додається ще й місцеве. Місьцеве освітлення –

освітлення, яке створюється світильниками, концентруючими світловий потік безпосередньо на робочих місцях.

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 розряд зорової роботи – малої точності V, підрозряд «б». Нормовані значення штучного, природного та суміщеного освітлення наведені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

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

Для забезпечення достатнього освітлення здійснюють систематичне очищення скла та світильників від пилу (не рідше двох разів на рік), використовують жалюзі. В разі нестачі природного освітлення, використовують загальне штучне освітленням, що створюється за допомогою світлодіодних ламп E27 LED 15W NW A60 "SG". Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 2,5 метра.

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). Разом з тим необхідно врахувати і недоліки цих ламп: висока пульсація світлого потоку та пов'язана з цим можливість стробоскопічного ефекту; для запалювання та горіння лампи необхідно включення послідовно з ним пускорегулюючих апаратів; працездатність ламп залежить від температури оточуючого середовища, до кінця часу роботи світловий потік зменшується більш ніж на половину від номінального [29].

Світильники з світлодіодними лампами розміщують рядами; що дозволяє здійснювати їх послідовне включення (відключення) в залежності від величини природної освітленості.

#### 5.2.4 Виробничий шум

Під поняттям шуму розуміють звук (або сукупність звуків різної інтенсивності та частоти) незалежно від його характеру та походження, який несприятливо впливає на здоров'я і працездатність людини та заважає сприйняттю корисної інформації [30-31]. Зростання рівнів виробничих шумів, які суттєво перевищують нормативні значення. Шкідливо впливають на людський організм, знижує продуктивність праці та стає фактором ризику і виробничого травматизму. У замкненому просторі ( виробниче приміщення ) звукові хвилі багато разів відбиваються від огорожуючих поверхонь, якими є стіни, стеля, підлога при цьому рівень шуму зростає, оскільки за умов утворення дифузійного звукового поля має місце накладання відбитої звукової хвилі на пряму.

Димососи, вентилятори, насоси, пальники котлів – це основні джерела шуму котельні. Дія шуму на людину шкідлива. Нормування шуму проводиться за граничним спектром шуму і за рівнем звуку. За характером спектру шум – широкопasmовий з безперервним спектром шириною більше

октави; за тональною характеристикою постійний; за походженням – гідродинамічний.

Допустимі рівні звукового тиску представлені в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Допустимі рівні звукового тиску

Вид трудової діяльності, робоче місце	Рівні звукового тиску								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
На постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях та на території підприємства	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Найбільш раціональними способами є пониження шуму в джерелі, або зміна напрямку його випромінювання. Однак вони потребують конструкторської переробки джерела, яке випромінює шум, або механізми в цілому, що є несприятливими. Але можна рекомендувати застосування менш шумного обладнання. Пониження рівнів шуму, який проникає зовні, може бути отримано збільшенням звукоізоляції огорожуючих конструкцій. Звукопоглинання є найбільш простим і в той же час найбільш достатньо ефективним способом зменшення шуму в виробничих приміщеннях. Звукопоглинаюче облицювання слід розміщувати на стелі та на верхній частині стін.

Найбільше поглинання шуму досягається при облицюванні 60% та більше загальної поверхні приміщення. Ефект пониження шуму збільшується із зниженням висоти приміщення.

### 5.2.5 Виробничі вібрації

Вібрація – процес розповсюдження механічних коливань різних видів у твердому тілі з частотою від 3 до 100 Гц . Параметри, які нормуються згідно ДЕСТ 12.1.012-90 є: середньоквадратичне значення віброшвидкості  $V$  (та їх логарифмічних рівнів  $L_v$ ) або віброприскорення  $A$  (та їх логарифмічні прискорення  $L_a$ ).

У приміщенні котельні розміщуються прилади, що є джерелом вібрації. Дії вібрації на людину класифікуються по способу передачі вібрації на загальну і локальну (місцеву). В котельні на людину діє загальна і місцева вібрація. Загальна вібрація у котельні по джерелу виникнення відноситься до 3 категорії, тип «а» - технологічна, критерій оцінка – межа зниження продуктивності праці.

Допустимі рівні виробничої вібрації представлені в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Допустимі рівні вібрації на постійних робочих місцях

Вид вібрації	Октавні полоси з середньо геометричними частотами, Гц									
	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Загальна вібрація на постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях	$\frac{1.3}{108}$	$\frac{0.45}{99}$	$\frac{0.22}{93}$	$\frac{0.2}{92}$	$\frac{0.2}{92}$	$\frac{0.2}{92}$	-	-	-	-
Локальна вібрація	-	-	$\frac{2.8}{115}$	$\frac{1.4}{109}$	$\frac{1.4}{109}$	$\frac{1.4}{109}$	$\frac{1.4}{109}$	$\frac{1.4}{109}$	$\frac{1.4}{109}$	$\frac{1.4}{109}$

Основними засобами колективного захисту є: зниження вібрації впливає на джерело збудження, динамічне гасіння коливань та заміна конструктивних елементів пристроїв та будівельних конструкцій.

### 5.2.6 Психофізіологічні фактори

а) Класи умов праці за показниками важкості праці:

Загальні енергозатрати організму (кг/м):

Зовнішнє фізичне динамічне навантаження, виражене в одиницях механічної роботи за зміну, кг/(Вт);

При регіональному навантаженні (для чоловіків) - 12 000(40);

При загальному навантаженні ( за участю м'язів рук, тулуба, ніг) - 40 000(80);

Маса вантажу. Що постійно підіймається – до 25.

Стереотипні робочі рухи:

При локальному навантаженні (участь м'язів кистей та пальців рук)- до 60 000;

При регіональному навантаженні(участь рук та плечового суглоба) – до 30 000;

Статичне навантаження (кг/с):

Двома руками (чоловіки) – до 70 000;

За участю м'язів тулуба та ніг – до 200 000.

Робоча поза:

Періодичне перебування в незручній позі (робота з поворотом тулуба, незручним розташуванням кінцівок) до 25% часу зміни.

Нахил тулуба:

Вимушені нахили протягом зміни – 150 разів;

Переміщення у просторі(переходи задля технологічного процесу) – більше 12

б) 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.

Сенсорні навантаження:

Зосередження (%за зміну) - до 50;

Щільність сигналів (звукові за 1 год) - до 150;

Навантаження на слуховий аналізатор (%) – розбірливість слів та сигналів від 50 до 80;

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 - більше 8 год;

Змінність роботи – тризмінна (цілодобова).

### 5.3 Дослідження стійкості роботи системи електропостачання в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій

Надзвичайні ситуації військового характеру є не безпечні тим, що застосування зброї масового ураження, негативно впливає на характеристики систем енергопостачання, вони погіршують свою роботу. Також, небезпечними є загрозливі чинники при надзвичайних ситуаціях техногенного характеру тому, що вони призводять до викидів шкідливих

радіоактивних, біологічних речовин, які можуть пошкодити метали, що входять до складу радіоелементів.

З усіх загрозливих чинників найбільш небезпечними є дія іонізуючих випромінювань та електромагнітні імпульси. Дослідження стійкості роботи ОГ в надзвичайних ситуаціях (НС) мирного та військового часу має велике значення, тому що вона дозволяє не тільки оцінити можливі втрати, нанесені об'єкту, але й розробити комплекс заходів, направлених на підвищення його стійкості.

Дослідження стійкості роботи об'єкта може бути проведена за допомогою моделювання його ураження при дії деяких еквівалентних факторів ураження, що враховують можливі наслідки руйнувань, пожеж і уражень людей у НС мирного та військового часу.

При оцінці стійкості потрібно приймати до уваги такі положення :

- Дослідження стійкості роботи ОГ передбачає максимальні значення факторів ураження;
- стійкість роботи об'єкта в цілому визначається стійкістю роботи кожного елемента ОГ окремо. Як правило, зі всієї сукупності елементів ОГ вибираються ті, без яких неможливий випуск продукції (функціонування ОГ);
- обов'язково повинна враховуватись можливість виникнення на ОГ повторних факторів ураження.

Дія радіації на матеріали і деталі апаратури залежить від виду випромінювання, дози радіації, природи опроміненої речовини та умов навколишнього середовища.

В енергетичних системах використовуються елементи, до складу яких входять матеріали: метали, неорганічні матеріали, напівпровідники та різні органічні сполуки (діелектрики, смоли та ін.). Серед цих матеріалів метали найбільш чутливі до радіації.

В радіоелектронній апаратурі радіація викликає оборотні і необоротні процеси, внаслідок яких можуть бути порушення роботи елементів схеми, що приведе до пошкодження апаратури.

5.3.1 Дослідження стійкості роботи СЕП ТОВ «Костал Україна» в умовах дії іонізуючих випромінювань

За критерій стійкості приймається максимальне значення дози радіоактивного опромінення. Функціонування РЕА при дії іонізуючих випромінювань залежить від стійкості її окремих елементів.

1) Визначаємо елементи, від яких залежить функціонування схеми.

2) Визначаємо граничні значення експозиційних доз, при яких в елементах можуть виникнути зворотні зміни, але елемент ще буде працювати.

Дані заносимо до таблиці 5.6

Таблиця 5.7 - Експозиційні дози для матеріалів і елементів обладнання (початок зміни параметрів, при яких елементи ще можуть працювати).

№	Дільниця	Елементи РЕА	$D_{гр1}, P$	$D_{гр2}, P$
1	Блок живлення	Мікросхеми ТТЛ DA3	$10^5$	$10^3$
		Транзистори, діоди КТ531, VD 648	$10^4$	
		Інтегральні схеми К1553ЛА	$5 \cdot 10^5$	
2	Пульт управління	Конденсатори К-41	$10^7$	
3	Розвідна мережа	Резистори СП1-10	$10^3-10^7$	
		Напівпровідникові елементи	$10^5-10^6$	
		Електричні батареї Е48, Е96	$10^5-10^6$	
4	Управляючий МПК	Випрямлячі ВД-306	$10^6$	
		Діелектричні матеріали	$10^{10}$	

По мінімальному значенню визначаємо границю стійкості роботи РЕА в цілому  $D_{гр} = 10^3 P$ . Можлива експозиційна доза опромінення:

$t_n = 1$  год

$t_k = 12$  років = 103800 год

$K_{осл} = 1$

$$D_m = \frac{2 \cdot P_{1\max} \cdot (\sqrt{t_k} - \sqrt{t_n})}{K_{noc}} [P]$$

(5.1)

$$D_m = \frac{2 \cdot 3 \cdot (\sqrt{103801} - \sqrt{1})}{1} = 1972,2 (P)$$

Визначаємо допустимий час роботи за формулою:

$$t_{дон} = \left( \frac{D_{зр} \cdot K_{носл} + 2 \cdot P_{1\max} \sqrt{1}}{2 \cdot P_1} \right)^2 [год]$$

(5.2)

$$t_{дон} = \left( \frac{10^3 \cdot 1 + 2 \cdot 3 \cdot \sqrt{1}}{2 \cdot 3} \right)^2 = 28089,76 (год)$$

Отже,  $D_m > D_{гр}$ , робота системи електропостачання не стійка, допустимий час роботи РЕА складатиме 28089,76 годин.

5.3.2 Дослідження стійкості роботи системи електропостачання ТОВ «Костал Україна» в умовах дії електромагнітного імпульсу

За критерій стійкості роботи СЕП або окремих її елементів в умовах дії електромагнітного імпульсу можна прийняти коефіцієнт безпеки:

$$K_B = 20 \lg \frac{U_{дон}}{U_{B(\Gamma)}} \geq 40 [дБ]; \quad (5.3)$$

де  $U_d$  - допустиме коливання напруги живлення, В;

$U_{B(\Gamma)}$  - наруга наведення за рахунок електромагнітного імпульсу у вертикальних (горизонтальних) струмопровідних частинах, В.

Вхідні дані.

Приймаємо вертикальну складову напруженості електричного поля,  
 $E_v = 9,92$  кВ/м.

Напруга живлення,  $U_{ж} = 36, 220, 380$  В.

Визначаємо горизонтальну складову напруженості електричного поля:

$$E_r = E_v \cdot 10^{-3} = 9,92 \cdot 10^{-3} \text{ (В/м)}.$$

Напруга наводки:

$$U_{z1} = E_{v1} \cdot l_{z1}, \text{ [кВ]}; U_{e1} = E_{r1} \cdot l_{e1}, \text{ [кВ]}; \quad (5.4)$$

На кожній ділянці визначаємо максимальну довжину струмопровідних частин (в горизонтальній і вертикальній площинах)  $l_{v1}, l_{r1}$ , м.

$$l_{v1} = 7,5 \text{ м}, l_{v2} = 9 \text{ м}, l_{v3} = 4 \text{ м}, l_{v4} = 11 \text{ м},$$

$$l_{r1} = 6 \text{ м}, l_{r2} = 15 \text{ м}, l_{r3} = 12 \text{ м}, l_{r4} = 8 \text{ м}.$$

$$U_{z1} = 9000 \cdot 6 = 54000 \text{ (кВ)},$$

$$U_{e1} = 9,92 \cdot 7,5 = 74,4 \text{ (В)}.$$

Допустиме коливання напруги живлення дорівнює:

$$U_{д} = U_{ж} + \frac{U_{ж}}{100} \cdot N \text{ [В]}; \quad (5.5)$$

$$U_{д1} = 380 + \frac{380}{100} \cdot 10 = 418 \text{ (В)};$$

$$U_{д2} = 220 + \frac{220}{100} \cdot 10 = 242 \text{ (В)};$$

$$U_{д3} = 36 + \frac{36}{100} \cdot 10 = 39,6 \text{ (В)};$$

Де  $U_{ж}$  – напруга живлення, В;

$N$  – допустиме відхилення напруги, 10%

Визначаються коефіцієнти безпеки для горизонтальних струмопровідних частин:

$$K_{\delta z1} = 201g \frac{U_{\delta 1}}{U_r} [\text{дБ}] ; \quad (4.6)$$

$$K_{\delta z1} = 201g \frac{440}{54000} = -41,8 (\text{дБ}) .$$

Визначаються коефіцієнти безпеки для вертикальних струмопровідних частин:

$$K_{\delta v1} = 201g \frac{U_{\delta 1}}{U_B} [\text{дБ}] ; \quad (4.7)$$

$$K_{\delta v1} = 201g \frac{440}{67,5} = 30,3 (\text{дБ}) .$$

Дані всіх розрахунків закосимо в таблицю 5.7.

Таблиця 5.7 - Результати розрахунків по стійкості обладнання до ЕМІ

№	Дільниця	$U_{ж}, \text{В}$	$U_{в}, \text{В}$	$U_r, \text{В}$	$K_{\delta v}$	$K_{\delta z}$	Результати дії
1	Блок живлення	380	67,5	54000	16,3	-41,8	нестійкий
2	Розвідна мережа	220	81	135000	9,5	-54,9	нестійкий
3	Пульт управління	36	36	108000	0,8	-68,7	нестійкий

Так як  $K_{\delta v1}$  та  $K_{\delta z1} < 40$  дБ, то апаратура буде не стійкою в роботі, а отже потрібно проводити екранування.

#### 5.4 Розробка превентивних заходів по підвищенню стійкості роботи системи електропостачання в умовах дії загрозливих чинників НС

Для зменшення дії іонізуючих випромінювань використовують такі заходи: зменшення чутливості перемикальних схем до зміни вхідних сигналів і напруг джерел живлення; зниження напруги живлення на аноді і збільшення

негативного зміщення сіток газорозрядних приладів, збільшення відстані між елементами, які знаходяться під навантаженням та ін.

Проводимо захисне екранування.

Розрахунок екрану для сталі:

$$t = \frac{A_{\text{екр}}}{k \cdot \sqrt{f}} \quad [\text{см}]$$

(5.8)

$k=5,2$  (для сталі);

$f$  - частота,  $f = 1500$  Гц;

$A_{\text{екр}}$  - затухання в екрані, дБ:

$$A_{\text{екр}} = K_{\delta} - K_{\delta, \text{роз}} \quad (5.9)$$

$$t_1 = \frac{40 - 16,3}{5,2 \cdot \sqrt{15000}} = 0,04 \quad (\text{см}) ,$$

$$t_2 = \frac{40 - 9,5}{5,2 \cdot \sqrt{15000}} = 0,05 \quad (\text{см}) ,$$

$$t_3 = \frac{40 - 0,8}{5,2 \cdot \sqrt{15000}} = 0,07 \quad (\text{см}) ,$$

Отже при екрануванні блоку живлення з використанням екрану товщиною 0,04 см зі сталі, розвідної мережі з використанням екрану товщиною що дорівнює 0,05 см, пульта управління 0,07 см система електропостачання буде безпечно працювати в умовах дії електромагнітного імпульсу.

Також, в даному розділі приведено аналіз і дана Дослідження стійкості роботи елементів системи електропостачання ТОВ «Костал Україна» при дії іонізуючих випромінювань, при цьому виявлено, що система працює не

стійко в заданих умовах, оскільки  $D_m > D_{gr}$ , тому запропоновано заходи по підвищенню стійкості системи.

Дослідження стійкості роботи елементів системи електропостачання при дії електромагнітного імпульсу показала, що вона буде стійкою при застосуванні захисного екрану товщиною 0,04; 0,05; 0,07 см зі сталі. Для чого може використовуватись кожух на лотках з кабелями.



## ВИСНОВКИ

В даній магістерській роботі було обґрунтовано заходи для покращення енергоефективності підприємство ТОВ «Костал Україна».

Було розроблено та розраховано можливі заходи з енергозбереження. Такі як:

- Оптимізація освітлювального навантаження
- Встановлення газогенераторів

Дані розроблені заходи є досить ефективними, адже їх термін окупності складає менше 5 років.

Для покращення освітлювальної системи було зібрано інформацію про об'єкт на якому здійснювались розрахунки системи освітлення. Для цеху обрано систему комбінованого освітлення так як необхідно було створити концентроване освітлення без утворення різких тіней та те, що зорові роботи в даному цеху відносять до IV розряду.

У якості джерела світла було обрано сучасні лампи ДНаТ 250.

Кількість світильників типу РСП-07 вибирались із розрахунку системи освітлення методом коефіцієнта використання світлового потоку та розрахунку системи освітлення точковим методом. Результати в обох випадках виявилися однаковими, що свідчить про вірність розрахунків. Новизною роботи є порівняння графічного і теоретичного шляхів розрахунку освітленості для вибору оптимальної кількості світильників. Застосування математичним моделей за наявності даних про криві сили світла світильників дають більш точні результати і дозволяють уникнути випадків вибору завищеної кількості світильників.

Спроектовано електротехнічну частини системи освітлення. Обрано живильні лінії та елементи захисту.

Також в даній дипломній роботі було поставлено мету здійснити розрахунок собівартості електроенергії на промисловому підприємстві ТОВ «Костал Україна» при прийнятті інноваційних рішень.

В третьому розділі дипломної роботи було проаналізовано вихідні дані та розраховано розмір капіталовкладень в систему електропостачання. Відповідно сумарна величина капітальних вкладень в систему електропостачання підприємства для даного варіанту склала 1183,204525 тис. грн.

Один з підрозділів третього розділу включає в с себе розрахунок поточних витрат підприємства. Знаходиться необхідна кількість персоналу, а також витрати, які спрямовані на:

- заробітню плату робочого персоналу;
- вартість витратних матеріалів;
- амортизаційні витрати.

Для розрахунку оплати праці обраховано годинну тарифну ставку, розраховано заробітню плату для робітників-погодинників та для робітників, які виконують поточний ремонт енергоустаткування.

Розрахунок річного споживання і втрат електроенергії, а також розрахунок оплати за електроенергію. Як було підраховано, підприємство за кожний витрачений кВт·год сплачує 313,6 коп. що є суттєво дорого.

В останньому розділі було прийнято рішення про впровадження Центру обліку енергії для зменшення плати за електроенергію. Сумарна економія за рахунок використання АСКОВЕ становить 8723239,14 тис. грн, а плата за кВт·год зменшилась з 313,6 коп. до 280,2 коп./ кВт·год.

Отже, даний розрахунок був здійснений для підтвердження необхідності впроваджувати більш сучасні методи в роботу підприємств, аби

досягати максимум економії. Даний метод, що пропонувався як інноваційний, не є дуже затратним у реалізації, а користі приносить значно більше.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Соловей В.П., Розен В.П., Ситник О.О., Лега Ю.Г., Чернявський А.В., Курбака Г.В. Енергетичний аудит. Навчальний посібник. Черкаси, ЧДТУ, 2005 - 299с.
2. Автоматизована система контролю і обліку енергоресурсів/ [Бабенко О.В., Ясько Я.А.], матеріали І Науково-технічної конференції факультету електроенергетики та електромеханіки [Електронний ресурс] Режим доступу:  
<https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem-2020/paper/view/9211>
3. Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загального призначення на основі дсту en 50160 2014/ [Бабенко О.В., Ясько Я.А.], матеріали І Науково-технічної конференції факультету електроенергетики та електромеханіки [Електронний ресурс] Режим доступу:  
<https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem-2021/paper/view/12267>
4. Природне і штучне освітлення : ДБН В.2.5-28-2018. – К. : Мінрегіон України, 2018. – 133 с.
5. Визначення класу наслідків (відповідальності) будівель і споруд (ДБН 8855-2019).
6. Економіка підприємства: Навчальний посібник / За ред. А. В. Шегди – К.: Знання, 2005. – 431 с.
7. Кнорринг Г.М. Светотехнические расчеты в установках искусственного освещения. -Л.: Энергия, 1973. -200с

8. Кнорринг Г. М. Справочная книга для проектирования электрического освещения / Кнорринг Г. М., Фадин И. М., Сидоров В. Н. – СПб. : Энергоатомиздат, 1992. – 448 с.
9. Шеховцов В. П. Осветительные установки промышленных и гражданских объектов / В. П. Шеховцов. – М. : Форум, 2009. – 160 с.
10. Энергосбережение в освещении / под ред. Ю. Б. Айзенберга. – М. : Знак, 1999. – 264 с.
11. Природне і штучне освітлення : ДБН В.2.5-28-2018. – К. : Мінрегіон України, 2018. – 133 с.
12. Закон України «Про Державний бюджет України на 2014 рік» та зміни до додатка № 3 до Закону України "Про Державний бюджет України на 2016 рік" щодо державної підтримки державних вугледобувних підприємств. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1063-19#n2>
13. Бабенко О. В. Підвищення швидкодії застосування точкового методу під час розрахунку системи освітлення з круглосиметричними світильниками / О. В. Бабенко // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2014. – № 2. – С. 50–54.
14. Бабенко О. В. Метод перехресної перевірки результатів оцінювання освітлювального навантаження під час проведення енергетичного аудиту виробничих приміщень / О. В. Бабенко, В. В. Захаров, Д. Л. Ферфецький // Наукові праці ВНТУ. – 2014. – № 2. – С. 1–6.
15. Бабенко О. В. Наближений метод побудови кривої сили світла світильників вуличного освітлення / О. В. Бабенко, В. В. Захаров, А. А. Видмиш // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2015. – № 2. – С. 38–42.
16. Бабенко О. В. Наближений метод визначення освітленості під час виконання енергетичного аудиту системи зовнішнього освітлення / О. В. Бабенко, А. А. Видмиш, А. А. Штуць // Вимірювальна та

- обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2018. – № 6. – С. 241–245.
17. Демов О. Д. Економія електроенергії на промислових підприємствах / О.Д. Демов – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 95 с.
18. Експлуатація освітлювальних установок [Електронний ресурс]. – Режим доступу:  
[http://life-prog.ru/ukr/1\\_954\\_ekspluatatsiya-osvitlyuvalnih-ustanovok.html](http://life-prog.ru/ukr/1_954_ekspluatatsiya-osvitlyuvalnih-ustanovok.html)
19. Плоткін Я. Д., Янушкевич О. К. Організація і планування виробництва на машинобудівному підприємстві: Навч. видання / Я.Д. Плоткін, О.К. Янушкевич – Львів: Світ, 1996. – 352 с.
20. Правила улаштування електроустановок, 2017р., 617 с.
21. 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.
22. 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.
23. Кобилянський О. В., Кобилянська І.М., Яблочников С.Л. Основи охорони праці. – Вінниця: Планер, 2007. – 171 с.
24. Кобилянський О. В. Охорона праці при експлуатації електроустановок. – Вінниця: ВДТУ, 2003. – 125 с.
25. Кобилянський О. В. Охорона праці у галузі. – Вінниця: ВНТУ, 2005. – 139 с.
26. Кобилянський О. В. Основи охорони праці. Ч. 1. – Вінниця: ВНТУ, 2007. – 183 с.

- 27.Кобилянський О. В. Основи охорони праці. Ч. 2. – Вінниця: ВНТУ, 2007. – 171 с.
- 28.ДСН «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14>.
- 29.ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування – К. : Мінрегіонбуд України, 2013. –149 с.
- 30.ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. – [Електронний ресурс] – Режим доступу : <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazyuku-nor4878.html>
- 31.ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. – [Електронний ресурс] – Режим доступу : <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>

## ДОДАТКИ



## ДОДАТОК А

## Вихідні дані

Таблиця А.1 – Відомості про навантаження підприємства

№ п/п	Найменування об'єктів	Р, кВт	Площа, м <sup>2</sup>
1	Майданчик (зем. діл.)	–	–
2	Майданчик (зем. діл.)	–	–
3	Майданчик (зем. діл.)	–	–
4	Майданчик (зем. діл.)	–	–
5	Майданчик (зем. діл.)	–	–
6	Майданчик (зем. діл.)	–	–
7	Майданчик (зем. діл.)	–	–
8	Майданчик (зем. діл.)	–	–
9	Майданчик (зем. діл.)	–	–
10	Майданчик (зем. діл.)	–	–
11	Майданчик (зем. діл.)	–	–
12	Корпус 1 (токарна)	19,9	135,5
13	Корпус 2 (компресорна)	139	137,2
14	Корпус 3 (монтаж)	188	1777,3
15а	Корпус 4 (1 поверх, склад)	329	1965,5
15б	Корпус 4 (2 поверх, ТПА)		
16а	Корпус 6 (цех ТПА)	1006	3147
16	Корпус 6 ( адміністрація)		
16б	Корпус 6 (СМТ)		
16в	Корпус 6 (2 поверх, офіси)		
17	Тамбур	–	40,5
18	Новий ангар	–	396

19	Велосипедна стоянка	—	10
----	---------------------	---	----

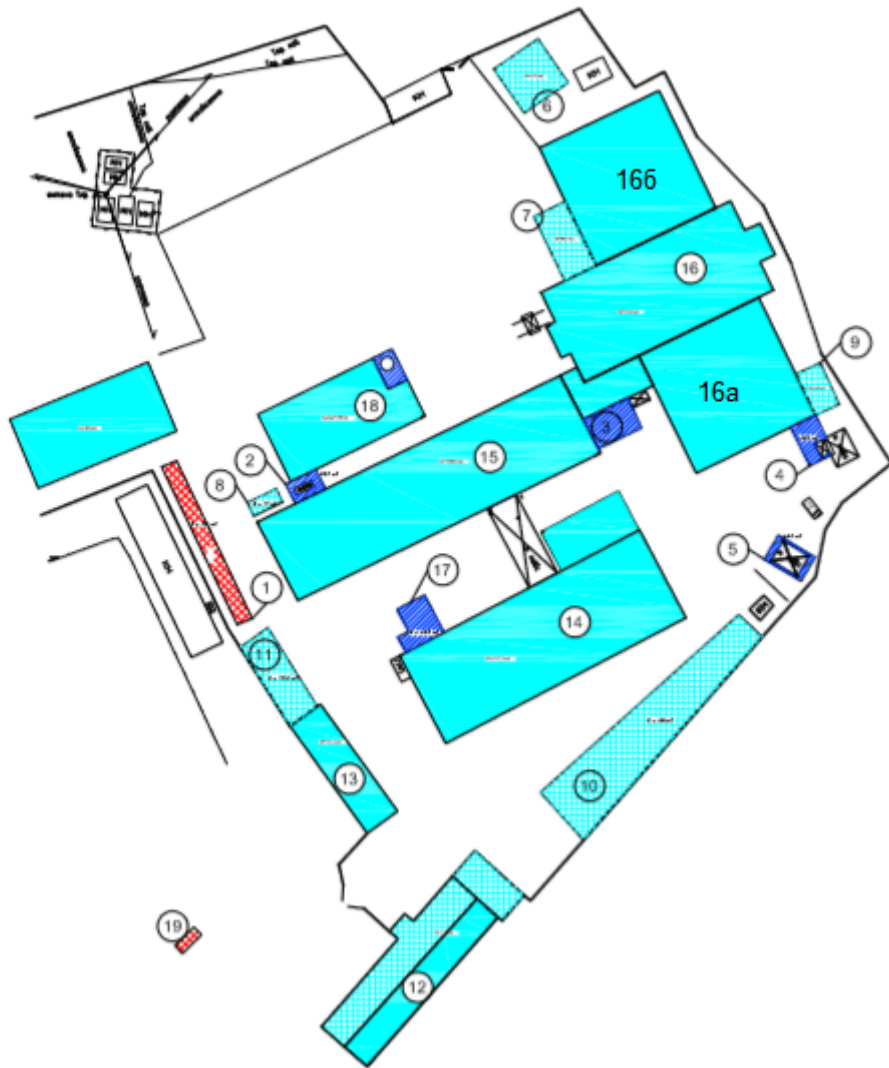


Рисунок А.1 - Генплан підприємства

## ДОДАТОК Б

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

УЗГОДЖЕНО

\_\_\_\_\_  
“ ” \_\_\_\_\_ 2021р.ЗАТВЕРДЖЕНО  
Зав. кафедри ЕСЕМк.т.н., доц. Бабенко О.В.  
“ ” \_\_\_\_\_ 2021 р.**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**

до магістерської кваліфікаційної роботи

на тему:

Підвищення ефективності енерговикористання Товариства з обмеженою  
відповідальністю "Костал Україна", місто Переяслав-Хмельницький,  
Київська область

Науковий керівник:

к.т.н., доц. Бабенко О.В. \_\_\_\_\_

(підпис)

Виконавець: студентка гр. ЕСЕ – 20м

Ясько Я.А. \_\_\_\_\_

(підпис)

Вінниця 2021 р.

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

Робота виконується на підставі наказу ВНТУ за №277 від 27.09.21 р.

Дата початку роботи 27.09.21 р.

Дата закінчення роботи 15.12.21 р.

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

а) мета – підвищення енергоефективності енерговикористання на підприємстві.

б) призначення розробки – виконання магістерської кваліфікаційної роботи.

в) вихідні дані для виконання МКР:

генплан підприємства; відомості про електричні навантаження цехів; відомості про особливості технологічних процесів та навколишнього середовища (внутрішнього та зовнішнього); відомості про електричні навантаження підприємства; відомості про джерела живлення, їх віддаленість; графіки електричних навантажень; основні техніко-економічні показники.

## 3. ДЖЕРЕЛА РОЗРОБКИ

3.1 Методичні вказівки до оформлення дипломних проектів (робіт) у Вінницькому національному технічному університеті / Уклад. Г.Л. Лисенко, А.Г. Буда, Р.Р. Обертюх. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 60 с,

3.2 Правила улаштування електроустановок.: Міненерговугілля України, 2017.

3.3. М.Й. Бурбело «Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків».- Вінниця: ВНТУ, 2005р.

3.4 ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення.

3.5 Методичні вказівки до виконання магістерської кваліфікаційної роботи студентами спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та

електромеханіка» / Л.Б. Терешкевич, О.Д. Демов, Ю.А. Шулле. – Вінниця: ВНТУ, 2006р.

#### 4. ЕТАПИ І ТЕРМІН ВИКОНАННЯ РОБОТИ

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

#### 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 ОБГРУНТУВАННЯ

##### 7.1 Дані про патентоспроможність

Не передбачається

#### 8 ОЧІКУВАНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ

Не передбачається

## ДОДАТОК В

**ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НАВЧАЛЬНОЇ (КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ)  
РОБОТИ**

Назва роботи: Вибір місць розміщення компенсуючих пристроїв з урахуванням нелінійності втрат електричної енергії.

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота.

Підрозділ: Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту.

Науковий керівник: д.т.н. професор Бурбело М.Й.

Показники звіту подібності	
UNICHECK	
Схожість	17.3%

Аналіз звіту подібності

Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.

Заявляю, що ознайомлений з повним звітом подібності, який був згенерований Системою щодо роботи.

Автор \_\_\_\_\_ Ясько Я.А.

Опис прийнятого рішення

Магістерська кваліфікаційна робота допускається до захисту

Особа відповідальна за перевірку \_\_\_\_\_ Лобода Ю.В.

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Бурбело М.Й.

Експерт \_\_\_\_\_ Бурбело М.Й., зав кафедри ЕСЕМ

### ДОДАТОК Г

Принципова схема живлячої освітлювальної мережі

Рис. 1.1.1

