

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Навчально-науковий інститут енергозбереження та енергоменеджменту
Кафедра електропостачання**

«До захисту допущено»

В.о. завідувач кафедри

_____ Денис ДЕРЕВ'ЯНКО

«__» _____ 2023 р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Освітня програма: Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології

**на тему: «Підвищення рівня енергоефективності ремонтно-
механічного цеху»**

Виконав (-ла):

студент (-ка) IV курсу, групи ОН-91

Чорний В.М. _____

Керівник:

к.т.н., доц. Прокопенко В.В. _____

Консультанти:

Теплова частина
(назва розділу)

к.т.н., доц. Шовкалюк М.М.
(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Охорона праці та пожежна безпека д.т.н., проф.Третьякова Л.Д.
(назва розділу) (вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Нормоконтроль
(назва розділу)

к.т.н., доц. Черкашина Г.І.
(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент _____

к.т.н., доц. Данілін О.В.

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали) _____ (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному
проєкті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.
Студент (-ка) _____

Київ – 2023 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Навчально-науковий інститут енергозбереження та енергоменеджменту
Кафедра електропостачання

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма: Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології

«До захисту допущено»

В.о. завідувач кафедри

_____ Денис ДЕРЕВ'ЯНКО

«__» _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ
на дипломний проєкт студенту
Чорному Владиславу Миколайовичу

1. Тема проєкту «Підвищення рівня енергоефективності ремонтно-механічного цеху»,

керівник проєкту к.т.н., доц. Прокопенко В.В., затверджені наказом по університету від «31» травня 2023 р. №2097-с

2. Термін здачі студентом закінченого проєкту “16” червня 2023 р.

3. **Вихідні дані до проєкту** Схема електро і теплопостачання, дані про навантаження ремонтно-механічного цеху, план будівлі цеху, загальна характеристика та перелік обладнання, схема освітлення

4. **Перелік розділів, які мають бути розроблені**

а) електрична частина: - Аналіз схеми електропостачання; повірочний розрахунок навантажень; складання електричного балансу, системи обліку споживання, типові заходи з енергоефективності.

б) теплова частина: - Визначення теплового навантаження; аналіз розрахункових та фактичних даних; розроблення типових заходів для огорожувальних конструкцій та інженерних мереж.

в) охорона праці та пожежна безпека: -Охорона праці та пожежна безпека під час встановлення частотно регулюючого приводу на електродвигуни верстатів.

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу

1. Схема ремонтно-механічного цеху
2. Схема теплопостачання цеху
3. Впровадження СЕС
4. Заходи з енергозбереження

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ (частина)	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Теплова частина</i>	<i>к.т.н., доц. Шовкалюк М.М.</i>		
<i>Охорона праці та пожежна безпека</i>	<i>д.т.н., проф. Третьякова Л.Д.</i>		
<i>Нормоконтроль</i>	<i>к.т.н., доц. Черкашина Г.І.</i>		

7. Дата видачі завдання “22” травня 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН-ГРАФІК

виконання дипломного проєкту

студентом Чорним Владиславом Миколайовичем
(прізвище, ініціали)

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту	Позначки керівника про виконання завдань
	Розрахунок електричної частини	20.05.-05.06.23	
	Розрахунок теплової частини	05.06-07.06.23	
	Розрахунок частини охорони праці та пожежної безпеки	24.05-02.06.23	
	Підготовка графічного матеріалу	10.06.-13.06.23	
	Захист дипломної роботи	23.06.23	

Студент

В.М. Чорний

Керівник проєкту

В.В Прокопенко

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломного проекту складається з 6 розділів та містить 103 сторінок основного тексту. В основному тексті роботи наведено 13 ілюстрацій, 28 таблиць та 24 бібліографічних найменування за переліком посилань.

Мета проекту полягала у розробленні заходів з підвищення енергоефективності ремонтно-механічного цеху підприємства та аналізу потенціалу використання відновлювальних джерел енергії. Запровадження усіх розроблених заходів з енергоефективності, дозволить зменшити споживання теплової та електричної енергії у цеху.

Ключові слова: ЕНЕРГІЯ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, ВИТРАТИ, ВТРАТИ, ЕКОНОМІЯ, СПОЖИВАННЯ.

					9119.061 ПЗ	Лист
						4
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ABSTRACT

The explanatory note to the diploma project consists of 6 chapters and contains 110 pages of the main text. In the main text of the work, 13 illustrations, 28 tables and 24 bibliographic titles are given in the list of references.

The purpose of the project was to develop measures to increase the energy efficiency of the repair and mechanical shop of the enterprise and to analyze the potential of using renewable energy sources. The implementation of all developed energy efficiency measures will reduce the consumption of heat and electricity in the workshop.

Keywords: ENERGY, ENERGY EFFICIENCY, ENERGY SAVING, COSTS, LOSSES, ECONOMY, CONSUMPTION.

					9119.061 ПЗ	Лист
						5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП	9
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА.....	12
1.1 Короткий опис об'єкту.....	12
1.2 Короткий опис інженерних мереж	14
1.3 Аналіз динаміки виробничої діяльності	15
1.4 Аналіз динаміки споживання ПЕР за останні три роки.....	16
1.5 Оцінка тарифної політики щодо покупних ПЕР	20
1.6 Коротка характеристика попередньої діяльності об'єкту у сфері енергоефективності.....	21
2 АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ.....	23
2.1 Схема електропостачання об'єкта та її аналіз	23
2.2 Коротка характеристика електроприймачів	24
2.3 Повірочний розрахунок навантажень цеху.....	25
2.4 Аналіз енергетичної ефективності системи освітлення	32
2.5 Оцінка завантаженості ТП (кабельних ліній).....	36
2.6 Оцінка рівня компенсації реактивної потужності РМЦ	39
2.7 Складання балансу споживання електричної енергії цеху в аналітичній формі.....	39
2.8 Розроблення методів підвищення рівня енергоефективності ремонтно-механічного цеху	42
2.8.1 Заміна ламп ДРЛ на світлодіодні лампи	42
2.8.2 Заміна люмінесцентних ламп на світлодіодні у малих виробничих приміщеннях.....	46
2.8.3 Використання частотно регулюючого приводу у верстатах	50
2.8.4 Заміна підшипників на токарно-фрезерних верстатах	59
Висновок до розділу 2.....	62
3. АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ.....	63
3.1 Опис системи теплопостачання	63

3.2	Коротка характеристика та оцінка енергоефективності суттєвих споживачів палива та теплової енергії	64
3.3	Тепловий баланс ремонтно-механічного цеху	68
3.4	Розрахунок заходів з енергозбереження	69
3.4.1	Утеплення стін.....	69
3.4.2	Заміна вікон в цеху	72
3.4.3	Впровадження теплової завіси з дверми типу «ворота».....	73
	Висновок до розділу.....	75
4	СИСТЕМА ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ ОБ'ЄКТУ	76
4.1	Оцінка відповідності стану існуючої на об'єкті системи енергетичного менеджменту вимогам ДСТУ ISO 50001:2020	76
4.2	Визначення базового рівня споживання електроенергії та показників енергоефективності на рівні всього об'єкту	78
4.3	Представлення «Енергетичної політики» підприємства	79
4.4	Планування впровадження заходів з енергоефективності, запропонованих в розділах 2 та 3	80
	Висновок до розділу 4.....	82
5	ОЦІНКА МОЖЛИВОСТЕЙ ЗАСТОСУВАННЯ ВТОРИННИХ ТА ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ.....	83
5.1	Аналіз кліматичних умов міста Кривий Ріг	83
5.2	Встановлення СЕС на даху цеху	83
6	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ПІД ЧАС ВСТАНОВЛЕННЯ ЧАСТОТНО РЕГУЛЮЮЧОГО ПРИВОДУ НА ЕЛЕКТРОДВИГУНИ ВЕРСТАТІВ.....	89
6.1	Загальна характеристика об'єкта та енергетичного устаткування	89
6.2	Визначення обсягів і послідовності робіт у ході модернізації енергетичного об'єкту.....	91
6.3	Визначення та оцінка показників умов праці на робочих місцях	92
6.4	Визначення та оцінка ризиків та нещасних випадків	93
6.5	Вибір технічних та організаційних заходів з безпеки праці	94
6.6	Вибір засобів індивідуального захисту для обмеження впливу небезпечних і шкідливих виробничих чинників	95

6.7 Заходи із запобігання та ліквідації наслідків пожежі і вибухів.....	96
6.8 Розрахунок захисного заземлення електроустановок напругою до 1000 В.....	97
Висновок до розділу 6.....	99
ВИСНОВОК.....	100
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	101

ВСТУП

Надійне енергопостачання за світовими цінами має величезне значення для успішного розвитку економіки будь-якої країни. Для України це особливо важливо, оскільки її економіка базується на промисловості, а в цьому секторі найбільш енергоємні галузі, що займаються виробництвом сталі, хімічних продуктів і будівельних матеріалів.

Підвищення енергоефективності виробництва – одне з основних завдань щодо покращення результативності та зниження собівартості (одна з конкурентних переваг будь-якої продукції). Сьогодні сучасним промисловим підприємствам необхідно докорінно змінити свій підхід до використання енергетичних ресурсів. Першочерговим завданням є економне витрачання енергетичних ресурсів і підвищення ефективності їх використання на всіх стадіях виробництва і споживання. На відміну від розвинених країн, де політика енергоефективності є елементом економічно та екологічно раціонального використання ресурсів, для України це питання виживання, оскільки пов'язане з проблемою збалансованого платоспроможного споживання паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) і має гостро негативні соціальні наслідки

Україна - одна із країн світу, де рівень енерговитрат надзвичайно високий. Її частка у світовому споживанні енергії становить 0,9%, у той час як населення становить 0.8% населення Землі. З погляду енергетики неефективність виробництва викликана двома основними причинами: незбалансованою структурою енергоспоживання та нераціональним використанням енергії у всіх галузях економіки. Енергоефективність у промисловому секторі - один з інструментів не лише декарбонізації економіки, а й

підвищення її конкурентоздатності. Існують вагомі причини для нагальних зрушень у сфері енергоефективності в промисловості:

енергоємність ВВП в Україні у 2022 році була у 2,5 раза вище, ніж в Польщі, та у 3,3 раза вище, ніж у Німеччині;

у 2019 році втрати енергії через низьку енергоефективність підприємств коштували Україні близько 5 млрд доларів. Підписавши Паризьку угоду, Україна обрала курс на розвиток низьковуглецевої економіки.

Від технічного рівня, режиму роботи, умов експлуатації електроустаткування залежить продуктивність, якість і собівартість продукції, тобто всі основні показники, що характеризують ефективність роботи, як окремих галузей, так і всього народного хазяйства в цілому. В цих умовах успіх виробничої діяльності спеціалістів істотно залежить від їх готовності до виконання цілого ряду функцій, що стосуються грамотної експлуатації електроустаткування.

В галузі раціонального витрачання і економії електроенергії особлива роль належить фахівцям – технологам, які повинні повсякденно виявляти і знаходити нові резерви, економії електроенергії на всіх ділянках технологічного процесу, включаючи безперервне вдосконалення діючих технологій, оптимізацію режимів роботи електроустаткування, заміну їх найбільш досконалими і економічними, з меншою питомою втрати енергії.

Бурхливе зростання енергетики висуває ряд великих проблем, пов'язаних з охороною навколишнього середовища. Інтереси охорони здоров'я населення і охорони природи вимагають розробки цілого комплексу заходів, таких як, наприклад, підвищення рівня електрифікації і побуту, ефективне очищення промислових викидів, пиловловлювання і т.д.

Перед енергетикою у близькому майбутньому стоїть завдання всесвітнього розвитку та використання відновлювальних джерел енергії:

					9119.061 ПЗ	Лист
						10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

сонячної, вітрової, приливної та інших. Розвиток комбінованого виробництва електричної енергії та тепла для централізації тепlopостачання промислових міст.

Попри те, що війна триває, українська влада, експерти та партнери вже активно розробляють плани повоєнного відновлення України. Одразу після завершення воєнних дій потрібно буде відновити критичну інфраструктуру. Зокрема — електромережі. І на перший план вийде питання розумного виробництва та розумного споживання електроенергії.

					9119.061 ПЗ	Лист
						11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Короткий опис об'єкту

Публічне акціонерне товариство «АрселорМіттал Кривий Ріг» займає лідируючі позиції серед найбільших підприємств гірничо - металургійного комплексу України і є частиною міжнародної корпорації АрселорМіттал - виробника сталі номер один у світі, а також одного з найбільших іноземних інвесторів в країні.

ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» - підприємство з повним металургійним циклом, яке включає коксохімічне виробництво, гірничорудне виробництво (відкриті розробки та підземний видобуток руди) і металургійне виробництво, у складі якого діють аглодоменний, сталеплавильний та прокатний департаменти.

ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» є одним з найбільших виробників сталевих прокатів в Україні, спеціалізується на виробництві довгомірного прокату, зокрема, арматури і катанки із звичайних і низьколегованих марок сталі, також виробляє агломерат, концентрат, кокс, чавун, сталі, сортовий і фасонний прокат. Діяльність ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» охоплює виробничий ланцюжок від видобутку залізної руди до виготовлення готової металопродукції. У 2021 р. підприємство виробило 7,9 млн. чавуну, 7,5 млн. тонн сталі і 6,8 млн. тонн прокату.

Переваги ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»:

- Власний видобуток залізної руди знижує залежність від коливань цін на сировину;
- Географічна близькість до джерел енергоресурсів - вугілля і газу;
- Низькі витрати металургійного виробництва;

					9119.061 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Чорний В.М.			Загальна частина	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірів		Прокопенко В.В..					12	103
Т. Контр.						НН ІЕЕ, кафедра ЕП		
Н. Контр.		Черкашина Г.І.						
Затвердив								

- Присутність на ринках з високим потенціалом росту (внутрішній ринок, Західна і Північна Африка, Близький Схід, СНД і Балкани);
- Географічна близькість до Європи та СНД - залізничне сполучення;
- Близькість до портів Чорного моря - відкритий доступ до світових ринків.

ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» є одним з найбільших платників податків в країні. У 2021 р. підприємство сплатило до бюджету та державних цільових фондів податків і зборів на загальну суму 10 600 млн. грн. З цієї суми майже 621 млн. грн. були перераховані до місцевих бюджетів, 621 млн. грн. до державного бюджету, 879 млн. грн. у державних цільових фондів, а також сплачено до бюджету 1 202 млн. грн. податку на додану вартість при імпорті сировини та матеріалів.

Ремонтно-механічний цех АрселорМіттал Кривий Ріг - це один з ключових відділів підприємства, який забезпечує виробництво, ремонт і обслуговування основних засобів металургійного виробництва.

Основними завданнями ремонтно-механічного цеху є забезпечення оперативного технічного обслуговування та ремонту обладнання, а також виробництво запасних частин для власних потреб. У цеху проводяться ремонтні роботи на будь-якому рівні складності, що дозволяє запобігти аварійним ситуаціям та знизити час простою обладнання.

Крім того, ремонтно-механічний цех займається модернізацією та удосконаленням існуючого обладнання, що покращує його ефективність та продуктивність. На підприємстві постійно впроваджуються нові технології та методи роботи, що дозволяє знизити витрати на обслуговування та підвищити рівень безпеки на робочому місці.

Також важливим завданням ремонтно-механічного цеху є планування та координація робіт, а також контроль якості виконання ремонтних робіт. Це дозволяє забезпечити високу якість виконання робіт та ефективно використовувати час та ресурси підприємства.

					9119.061 ПЗ	Лист
						13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Загалом, ремонтно-механічний цех АрселорМіттал Кривий Ріг є важливим ланкою в ланцюгу виробництва сталі та прокату. Досягнення завдань цього цеху дозволяє забезпечувати безперебійну роботу основного обладнання та підвищувати ефективність виробництва.

За 2021 рік цехом була проведена велика робота, а саме:

- Відремонтовано 1469 одиниць обладнання, що становить 91,8% від плану.
- Виготовлено 19 644 деталей та збірок, що становить 89,4% від плану.
- Здійснено 59 865 технічних обслуговувань обладнання, що становить 96,6% від плану.
- На ремонт було залучено понад 3,3 млн. грн. власних коштів РМЦ.

У цеху працює більше 300 людей в три зміни, так як виробничий процес безперервний.

1.2 Короткий опис інженерних мереж

Основним джерелом енергії для роботи ремонтно-механічного цеху є електроенергія, яку використовують для приведення в рух механізмів, освітлення приміщень, роботи пневматичних і гідравлічних систем. Освітлення робочих зон здійснюється за допомогою люмінесцентних світильників. Для забезпечення електроенергією цех використовує внутрішню електростанцію з потужністю 36 МВт, яка працює на газоподібному паливі.

Крім електроенергії, ремонтно-механічний цех використовує градирні для опалення приміщень. Градирні - це системи охолодження, які також можуть використовуватися для нагріву приміщень. Цех використовує градирні як джерело тепла, що дозволяє забезпечити оптимальну температуру в робочих зонах. Тепла вода поступає до розподільчого пункту,

					9119.061 ПЗ	Лист
						14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

звідки розподіляється між будівлями підприємства за допомогою насосної станції. Загальна площа відділу 972 м², з якої опалювальної площі 839,8 м². В РМЦ 59 вікон з подвійним заскленням в дерев'яних сполучених переплітах площею 218,8 м². 17 металевих дверей з утеплювачем, та 1 відкотні ворота.

За даними АрселорМіттал Кривий Ріг, ремонтно-механічний цех щорічно споживає значну кількість природного газу для забезпечення енергетичних потреб. Природний газ використовується для роботи електростанції. Для опалення приміщень використовується горяча вода х градирної системи. Це дозволяє забезпечити комфортні умови працівників і забезпечити ефективність роботи цеху. Стіни виконані вапняними блоками завтовшки 600 мм та покриті цементно-піщаною штукатуркою завтовшки 20мм зовні будівлі і 30мм зсередени.

Загалом, ремонтно-механічний цех АрселорМіттал Кривий Ріг використовує електроенергію, природний газ та градирні системи для забезпечення енергетичних потреб. Цех постійно працює над зниженням втрат енергії та оптимізацією використання енергоресурсів, забезпечуючи ефективну та стабільну роботу всього виробничого процесу.

1.3 Аналіз динаміки виробничої діяльності

АрселорМіттал Кривий Ріг є одним з найбільших сталепрокатних підприємств в Україні. Завод спеціалізується на видобуванні залізної руди та виробництві різних видів сталі.

Залізна руда є основною сировиною для виробництва сталі. АрселорМіттал Кривий Ріг має власні рудники та обладнання для видобутку залізної руди. Залізна руда після видобутку піддається різним процесам переробки, таким як збагачення, подрібнення та плавка, щоб отримати чисту залізну руду.

Після цього чиста залізна руда використовується для виробництва сталі. АрселорМіттал Кривий Ріг має металургійні печі, конвертери та

					9119.061 ПЗ	Лист
						15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ливарні, де відбуваються процеси плавлення та лиття сталі. В результаті цих процесів отримують різні види сталі, які використовуються у будівництві, машинобудуванні, автомобільній промисловості, енергетиці та інших галузях.

Окрім того, АрселорМіттал Кривий Ріг може виробляти різні види сталевих прокату, такі як холоднокатаний прокат, гарячекатаний прокат, сталеві дроти, арматурний прокат та інші продукти. Ці матеріали використовуються у будівництві, виробництві машин, виробництві побутових товарів та інших галузях промисловості.

Данні по динаміці виробничої діяльності наведено у таблиці 1.1

Таблиця 1.1 Динаміка виробничої діяльності

Види продукції	Показники, млн. тонн		
	2020	2021	2022
Чавун	4,9	5,34	1,6
Сталь	4,66	4,92	1,2
Прокат	4,34	4,6	1,1
Кокс	2,1	2,5	1
Концентрат	10,6	11	4,5
Залізна руда	25,5	26,4	11,6

1.4 Аналіз динаміки споживання ПЕР за останні три роки

Дані про споживання ПЕР у натуральній та грошовій формі за останні 3 роки наведемо у вигляді таблиць 1.2 (електроенергія), 1.3(опалення) та 1.4 (холодна вода) відповідно.

Таблиця 1.2 Споживання електричної енергії за 2020-2022р.

Місяць	2020		2021		2022	
	кВт·год	грн	кВт·год	грн	кВт·год	грн

Січень	126010	161292	137136	178277	76946,3	102185
Лютий	117966	150997	131238	170609	83514,9	110908
Березень	111264	142418	122390	159107	76946,3	102185
Квітень	112604	144134	123865	161024	83514,9	110908
Травень	100540	128691	116492	151439	74131,2	98446,2
Червень	92496	118395	101746	132270	68501	90969,3
Липень	92496	118395	106170	138021	76946,3	102185
Серпень	105902	135554	116492	151439	74131,2	98446,2
Вересень	112604	144134	117966	153356	76946,3	102185
Жовтень	115285	147565	126814	164858	80699,8	107169
Листопад	124669	159576	134187	174443	84453,2	112154
Грудень	128691	164724	140085	182111	81638,1	108415

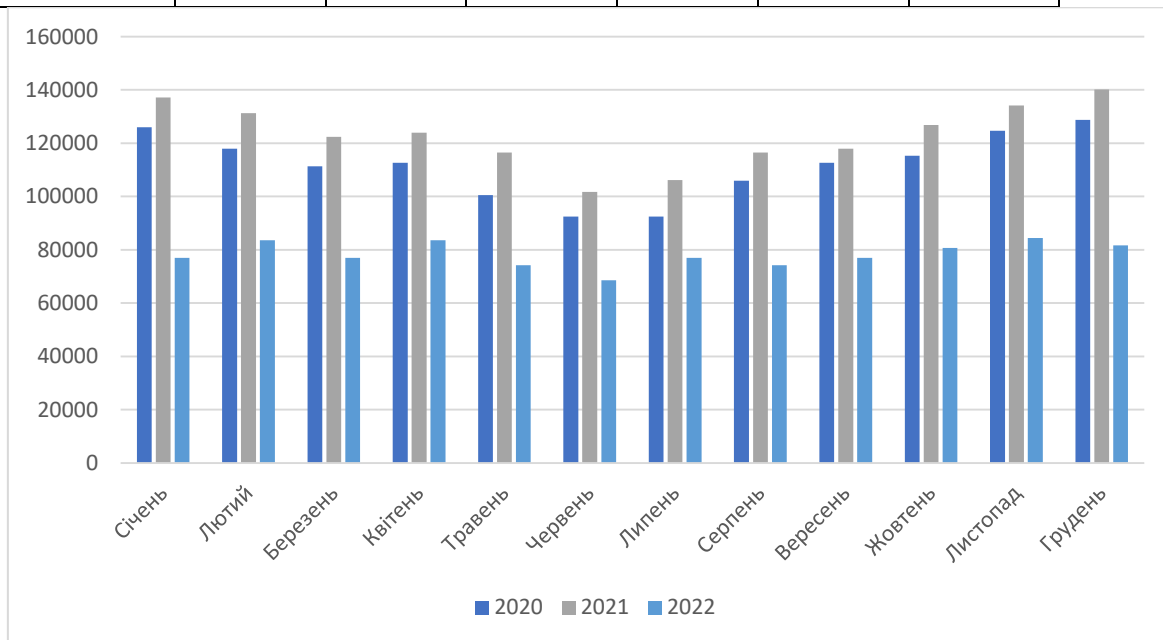


Рисунок 1.1 – Графік споживання електричної енергії за 2020-2022р

Таблиця 1.3 - Споживання теплової енергії за 2020-2022 рік.

Місяць	2020		2021		2022	
	тис.м3	Гкал	тис.м3	Гкал	тис.м3	Гкал
Січень	23,7	220,6	23,5	218,5	20,1	187,1

Лютий	22,3	207,5	22,2	206,4	19,8	184,3
Березень	21,1	196,4	20,8	193,4	17,3	161
Квітень	18	167,5	18,4	171,1	17,2	160,1
Травень	0	0	0	0	0	0
Червень	0	0	0	0	0	0
Липень	0	0	0	0	0	0
Серпень	0	0	0	0	0	0
Вересень	3,4	31,6	4,2	39,1	3,6	33,5
Жовтень	18,2	169,4	18,1	168,3	18,4	171,3
Листопад	20,4	189,8	20,6	191,6	22,1	205,7
Грудень	22,5	209,4	21,7	201,8	22,2	206,6
Рік	149,6	1392,2	149,5	1390,2	140,7	1309,6

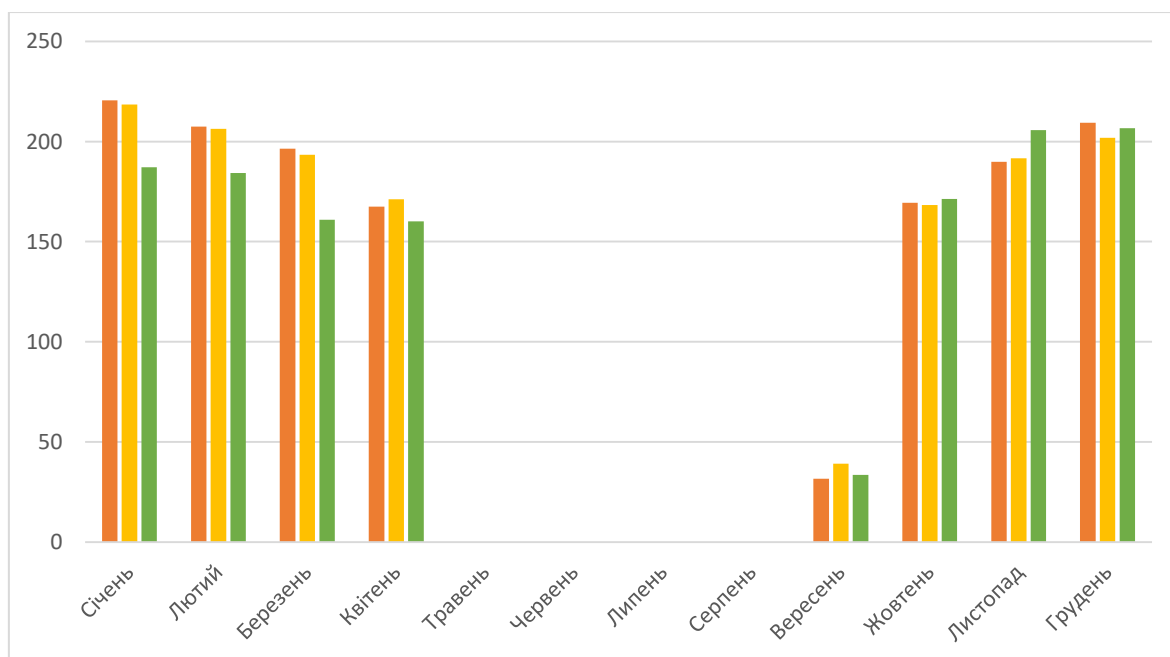


Рисунок 1.2 – Помісячне поживання теплової енергії за 2019-2022р

Таблиця 1.4 – Статистика споживання питної води за 2020-2022 роки

Місяць	2020	2021	2022
--------	------	------	------

	тис.м3	тис.м3	тис.м3
Січень	5,34	5,31	5,28
Лютий	5,37	5,30	5,23
Березень	5,31	5,31	5,30
Квітень	5,29	5,30	5,32
Травень	5,32	5,33	5,34
Червень	5,33	5,37	5,41
Липень	5,39	5,30	5,20
Серпень	5,31	5,29	5,28
Вересень	5,33	5,28	5,23
Жовтень	5,32	5,29	5,26
Листопад	5,32	5,26	5,20
Грудень	5,29	5,28	5,28
Рік	63,92	63,622	63,325

На рисунку 1.3 зображено статистику помісячного споживання питної води за 2020 – 2022 роки.

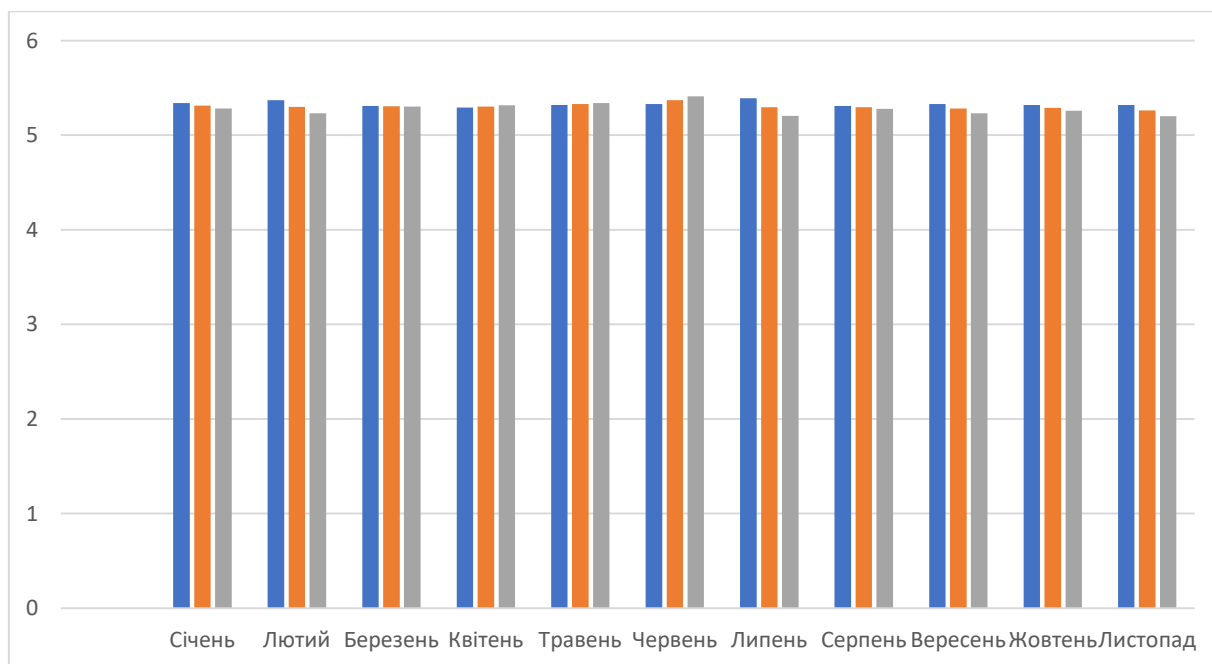


Рисунок 3.3 – Помісячне споживання питної води за 2020-2022р.

1.5 Оцінка тарифної політики щодо покупних ПЕР

Одним з важливих аспектів діяльності промислових підприємств є оцінка тарифної політики щодо покупних послуг енергоресурсів (ПЕР). В даному пункті ми зосередимося на оцінці тарифної політики АрселорМіттал Кривий Ріг, одного з провідних металургійних підприємств, щодо покупних ПЕР, зокрема електроенергії та природного газу.

За результатами аналізу динаміки споживання природного газу протягом останніх трьох років (2018-2020) на АрселорМіттал Кривий Ріг, було встановлено, що обсяг споживання зростає на річній основі. У 2018 році споживання становило 4,2 млн. кубометрів газу, у 2019 році - 4,5 млн. кубометрів, а в 2020 році - 4,8 млн. кубометрів. Ці дані свідчать про збільшення потреби в природному газі для забезпечення енергетичних процесів на підприємстві.

Для оцінки тарифної політики щодо природного газу, необхідно враховувати такі фактори, як зміна тарифів, вплив інфляції та кон'юнктури ринку. Виходячи зі зростання обсягу споживання газу, варто звернути увагу на можливість перегляду тарифів з метою забезпечення сталого та економічно ефективного постачання природного газу на підприємство. Нажаль, отримати данні за минулі роки не має можливості, але за отриманою інформацією зараз підприємство закупляє газ за ціною 10,2 грн/м³.

Щодо споживання електроенергії, виявлено, що протягом зазначеного трьох річного періоду обсяг виробленої електричної енергії зросло. У 2018 році було вироблено 320 МВт, у 2019 році - 330 МВт, а в 2020 році - 340 МВт. Це свідчить про збільшення потреби в електроенергії для забезпечення роботи технологічних процесів та електричних механізмів на підприємстві.

Ураховуючи зростання обсягу виробленої електричної енергії, важливо здійснити аналіз тарифів та їх впливу на вартість виробництва. Потрібно визначити оптимальні тарифи, які забезпечують сталу поставку електроенергії, враховуючи витрати підприємства та конкурентність на

					9119.061 ПЗ	Лист
						20
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		

ринку енергоресурсів. З отриманої інформації відомо що ціна 1МВт електричної енергії коштує 1328,2 грн.

Запровадження ефективної тарифної політики щодо покупних послуг енергоресурсів є важливим кроком для забезпечення сталості та ефективності діяльності АрселорМіттал Кривий Ріг. Аналіз споживання природного газу та вироблення електричної енергії підтверджує необхідність оцінки тарифної політики з метою оптимізації витрат та забезпечення сталості поставок енергоресурсів.

1.6 Коротка характеристика попередньої діяльності об'єкту у сфері енергоефективності

У попередній діяльності АМКР приділяло значну увагу впровадженню енергоефективних технологій та процесів з метою зниження витрат енергії та викидів парникових газів. Компанія здійснювала розрахунки енергетичної ефективності виробничих ліній, впроваджувала нові методи та обладнання для оптимізації енергозатрат у виробничому процесі.

У рамках попередньої діяльності, АМКР проводила аудит енергоефективності, що дозволяло ідентифікувати слабкі місця у використанні енергії та розробляти плани заходів щодо їх усунення. Компанія також активно впроваджувала заходи зі зменшення енерговитрат у системах освітлення, опалення та вентиляції, а також удосконалювала ізольованість теплових мереж та обладнання, що сприяло зниженню втрат енергії.

Крім того, АМКР активно співпрацювала з екологічними організаціями та урядовими структурами з метою розробки та впровадження програм з енергоефективності. Компанія активно брала участь у проектах з використання альтернативних джерел енергії, таких як сонячна та вітрова енергія, що сприяло різноманіттю джерел енергопостачання та зниженню залежності від традиційних паливних ресурсів.

					9119.061 ПЗ	Лист
						21
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		

Можна навести декілька прикладів діяльності підприємства у сфері енергоефективності АрселорМіттал Кривий Ріг.

Впровадження енергоефективних технологій: АМКР встановило систему рекуперації тепла, яка дозволяє повторно використовувати тепло, що виділяється в процесі виробництва сталі. Це дозволило знизити споживання енергії на опалення та підігрів сировини. Крім того, були впроваджені енергоефективні методи плавки чавуну та сталі, які дозволяють зменшити витрати енергії на ці процеси.

Використання альтернативних джерел енергії: АМКР розпочало впровадження сонячних панелей на покрівлях будівель, що дозволяє використовувати сонячну енергію для генерації електроенергії. Це сприяє зменшенню споживання енергії з традиційних джерел та скороченню викидів парникових газів.

Оптимізація системи управління енергією: АрселорМіттал Кривий Ріг впровадив систему моніторингу та управління споживанням енергії, яка дозволяє точно контролювати та аналізувати витрати енергії на різних виробничих лініях та процесах. Це дозволяє виявляти енергетичні втрати та розробляти заходи для їх усунення.

Енергозберігаючі заходи в системах опалення та вентиляції: АМКР провів реконструкцію систем опалення та вентиляції з метою забезпечення більш ефективного використання енергії. Були встановлені сучасні системи регулювання та контролю, що дозволяють підтримувати комфортні умови працівників при мінімальних витратах енергії.

Ці приклади свідчать про активну діяльність АрселорМіттал Кривий Ріг у сфері енергоефективності, спрямовану на зменшення споживання енергії, оптимізацію процесів та зменшення викидів забруднюючих речовин у навколишнє середовище.

2 АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ОБ’ЄКТІ

2.1 Схема електропостачання об’єкта та її аналіз

Електропостачання РМЦ виконується за схемою одинарної секціонованої системи збірних шин, з перемичкою на ТП-14 яка виконується силовим броньованим кабелем ВБбШв 3х70.

Живлення РМЦ здійснюється від ТП-13. ТП складається з двох ТМ-2500/6, 1 резервний, потужністю 2500 кВ·А, напругою 6/0,4 кВ. У самому цеху живлення здійснюється за допомогою низьковольтних кабельних ліній марки ВВГ з двох фідерів трансформаторної підстанції. На рисунку 2.1 наведена принципова схема електропостачання РМЦ:

					9119.061 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Чорний В.М.			Загальна частина	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірів		Прокопенко В.В..					23	103
Т. Контр.						НН ІЕЕ, кафедра ЕП		
Н. Контр.		Черкашина Г.І.						
Затвердив								

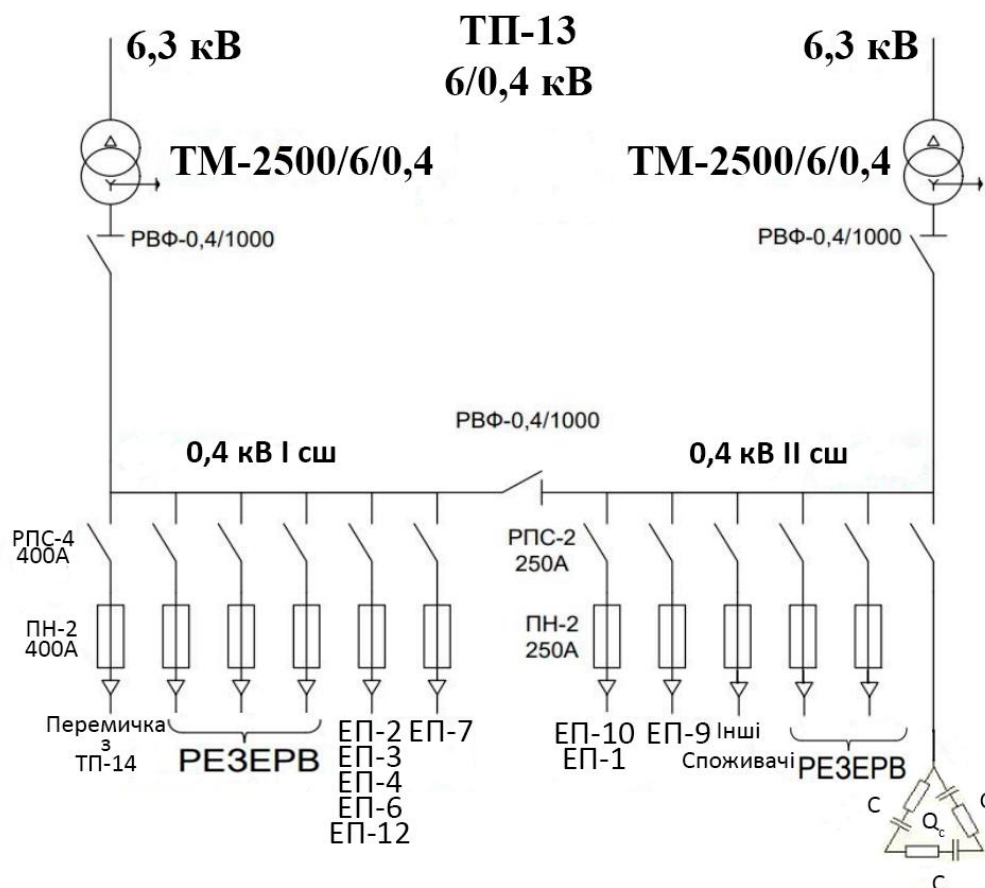


Рисунок 2.1 Схема електропостачання ремонтно-механічного цеху

2.2 Коротка характеристика електроприймачів

У ремонтно-механічному цеху підприємства АрселорМіталл Кривий Ріг використовуються різноманітні верстати та обладнання, які є основними споживачами електричної енергії. Серед них:

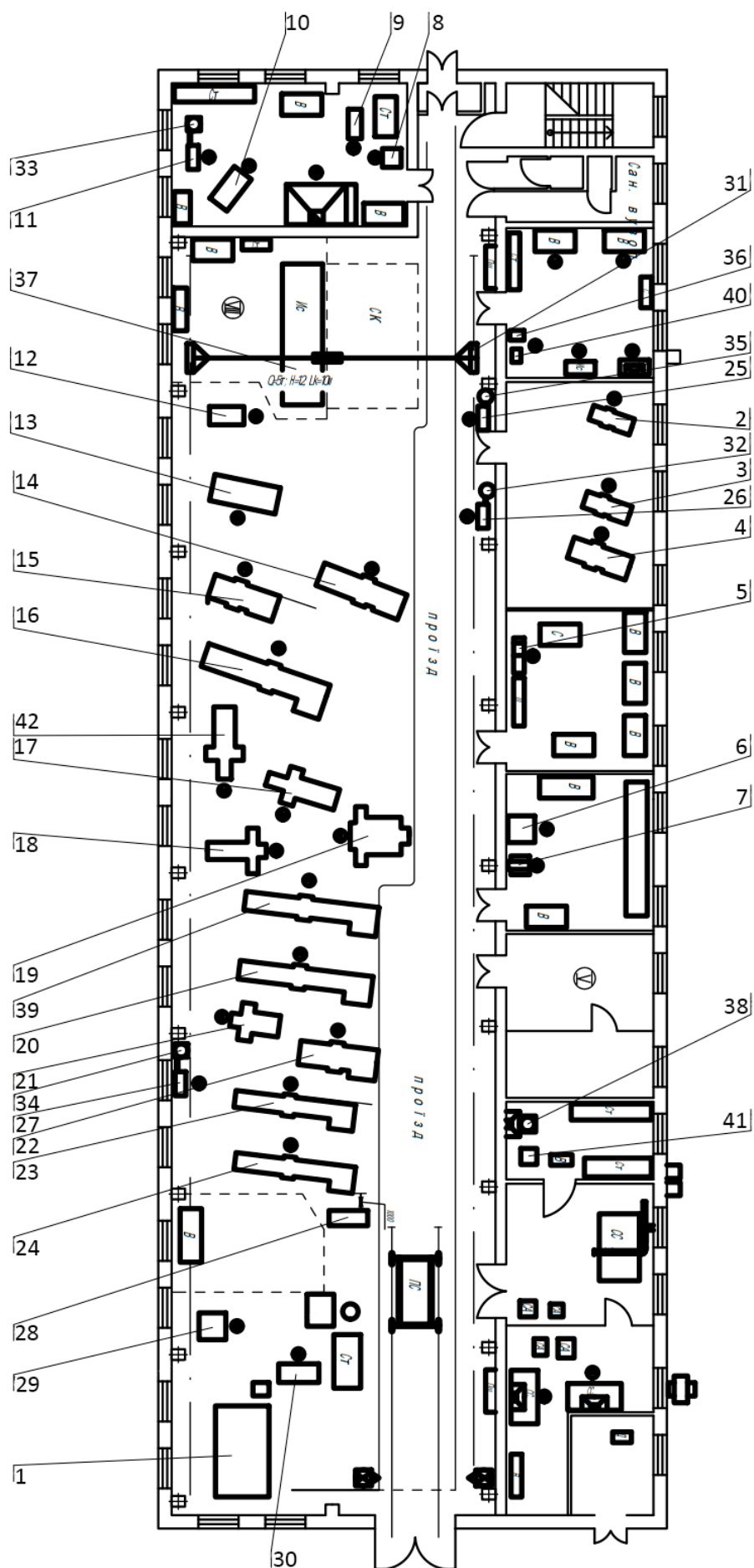
- Станок радіально-свердильний
- Токарно-фрезерний станок
- Поперечно-стругальний станок
- Консольно-фрезерний станок
- Вертикальний консольно-фрезерний станок
- Довбальний станок
- Прес-ножиці

- Станок вертикально-свердильний
- Ножиці гільотинні гідравлічні
- Станок пилкорізний
- Пристрій для виготовлення стропів
- Прес гідравлічний
- Молот ковальський пневматичний
- Точильно-шліфувальний станок
- Агрегат пилозбірний
- Станок вертикально-свердильний настільний
- Станок вертикально-свердильний
- Ванна нагрівальна
- Стенд для випробування насосів ЕЦВ
- Станок для різання металів тертям
- Кран мостовий однобалковий опорного
- Компресор

Цей ремонтно-механічний цех має 12 приміщень загальною площею 879,8 м², де проводяться різні ремонтні та механічні роботи. Електрична енергія використовується переважно для живлення цих верстатів та обладнання, необхідних для проведення ремонтних та виробничих процесів в цьому цеху.

2.3 Повірочний розрахунок навантажень цеху

На рисунку 2.2 показано розтросування споживачів електричної енергії у РМЦ. Основна частина цеху, яка знаходиться у зоні досяжності мостового крану поділена на декілька зон за спеціалізацією.



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

9119.061 ПЗ

Лист
26

Рисунок 2.2 Розташування верстатів в ремонтно-механічному цеху

У таблиці 2.1 представлений перелік споживачів електричної енергії у ремонтно-механічному цеху. Для кожного споживача вказано кількість та загальну потужність.

Таблиця 2.1. Споживачі електричної енергії механічного цеху

Група ЕП	Тип обладнання	Кількість	Загальна потужність, кВт	Коефіцієнт використання	Кількість робочих годин на рік, год
ШО	Люмінісцентні лампи	32	2,3	0,8	6108
	Лампи ДРЛ	20	8	0,8	6108
СП-1	Пристрій для виготовлення стропів	1	1,625	0,7	5304
	Прес гідравлічний	1	3	0,6	4573
	Молот ковальський пневматичний	1	7,5	0,4	2959
	Точильно-шліфувальний станок	1	1,7	0,7	4858
	Агрегат пилозбірний	1	1,5	0,8	6246
СП-2	Токарно-фрезерний станок	3	25,42	0,7	4887

	Агрегат пилосбірний	2	3	0,8	5941
	Точильно- шліфувальний станок	2	3,4	0,7	4319
СП-3	Станок вертикально- свердлильний настільний	1	0,18	0,6	4632

Продовження таблиці 2.1

СП-4	Станок вертикально- свердлильний	2	4,49	0,7	4932
СП-6	Ванна нагрівальна	1	5	0,4	3847
СП-7	Стенд для випробування насосів ЕЦВ	1	5	0,6	3749
	Станок для різання металів тертям	1	12,4	0,6	4372
	Кран мостовий однобалковий опорного	1	48	0,8	6123
СП-9	Станок радіально- свердлильний	1	22	0,7	4950
	Токарно-фрезерний станок	8	75,57	0,7	4600
	Поперечно- стругальний станок	1	13	0,6	4387

	Консольно-фрезерний станок	1	1,7	0,7	4900
	Вертикальний консольно-фрезерний станок	1	1,7	0,7	5032
	Довбальний станок	1	3	0,6	4328
	Агрегат пилозбірний	1	1,5	0,8	6025
	Точильно-шліфувальний станок	1	0,75	0,7	4128
	Прес-ножиці	1	4,8	0,7	4938
СП-10	Станок вертикально-свердлильний	1	4	0,6	3848
	Ножиці гільотинні гідравлічні	1	18,5	0,6	4394
	Станок пилкорізний	1	1,7	0,7	5083
СП-12	Станок вертикально-свердлильний	1	0,37	0,7	4659
	Компресор	1	1,1	0,8	6162

Використовуючи метод розрахункових коефіцієнтів розрахуємо навантаження. Для прикладу беремо СП-1 прес гідравлічний

Сумарна потужність для електроприймачів

$$P_{\Sigma 1} = P_H n;$$

де P_H – потужність електроприймача, кВт;

n – кількість електроприймачів одного типу.

$$P_{\Sigma 1} = P_{H1} n$$

$$P_{\Sigma 1} = 3 \cdot 1 = 350 \text{ кВт};$$

Проміжна активна потужність:

$$P_{n1} = P_{\Sigma 1} K_{B1}$$

де K_B – коефіцієнт використання.

$$P_{n1} = 3 \cdot 0,6 = 1,8 \text{ кВт};$$

Проміжна реактивна потужність:

$$Q_{n1} = P_{n1} \operatorname{tg} \varphi_1$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi}}{\cos \varphi}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\sqrt{1 - 0,95^2}}{0,95} = 0,33$$

$$Q_{n1} = 1,8 \cdot 0,33 = 0,594 \text{ квар}$$

Розрахуємо ефективне число споживачів СП-1, знайшовши серед електроприймачів, приймачі з максимальною і мінімальною потужностями:

$$\frac{P_{\text{нi max}}}{P_{\text{нi min}}} = \frac{7,5}{1,5} = 5 > 3, \text{ тоді}$$

$$n_{pe} = \frac{2 \sum P_{\Sigma i}}{P_{\text{нi max}}}$$

$$n_{pe} = \frac{2 \cdot 13,7}{7,5} = 3,65$$

Визначимо груповий коефіцієнт використання:

$$K_B = \frac{\sum P_{ni}}{\sum P_{\Sigma i}}$$

$$K_B = \frac{7,19}{13,7} = 0,52$$

За таблицею «Значення коефіцієнтів розрахункового навантаження K_p для шин НН цехових трансформаторів і магістральних шинопроводів напругою до 1 кВ»[1] визначаємо K_{pa} .

$$K_{pa} = 1,04$$

Знаходимо розрахункові активне, реактивне та повне навантаження на СП1:

$$P_p = \sum_{i=1}^n P_{ni} \cdot K_p$$

$$P_p = 7,19 \cdot 1,04 = 7,48 \text{ кВт}$$

$$Q_p = 9,95 \text{ квар}$$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}$$

$$S_p = \sqrt{7,48^2 + 9,95^2} = 12,45 \text{ кВА}$$

Розраховуємо навантаження на ЩО

Приймаємо коефіцієнт пускорегулюючої апаратури $K_{пра}=1,12$

$$P_{p.осв} = n \cdot P_{осв} \cdot K_{пра} \cdot K_{п}$$

$$P_{p.осв.люм} = 32 \cdot 0,072 \cdot 1,12 \cdot 0,8 = 2,06 \text{ кВт}$$

$$Q_{p.осв} = P_{p.осв} \cdot \operatorname{tg} \varphi$$

$$Q_{p.осв.люм} = 2,06 \cdot 0,48 = 0,99 \text{ квар}$$

$$S_{осв.люм} = \sqrt{2,06^2 + 0,99^2} = 2,28 \text{ кВА}$$

$$P_{p.осв.дрл} = 20 \cdot 0,4 \cdot 1,12 \cdot 0,8 = 7,17 \text{ кВт}$$

$$Q_{p.осв.дрл} = 7,17 \cdot 0,619 = 4,44 \text{ квар}$$

$$S_{осв.дрл} = \sqrt{7,17^2 + 4,44^2} = 8,43 \text{ кВА}$$

$$S_{осв} = 8,43 + 2,28 = 10,71$$

Розрахуємо навантаження на шинах НН.

$$P_{\text{нн}} = P_{\text{р.}(СП1+СП2+СП3+СП4+СП6+СП7+СП9+СП10+СП12)} + P_{\text{р.осв}}$$

$$P_{\text{нн}} = 177,45 + 9,23 = 186,68 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{нн}} = Q_{\text{р}} + Q_{\text{р.осв}}$$

$$Q_{\text{нн}} = 179,82 + 5,43 = 185,25 \text{ квар}$$

$$S_{\text{нн}} = \sqrt{181,58^2 + 181,8^2} = 260,58 \text{ кВА}$$

2.4 Аналіз енергетичної ефективності системи освітлення

Розрахуємо кількість освітлювальних ламп для забезпечення штучного освітлення для одного з найбільших приміщень РМЦ.

Габаритні розміри приміщення:

- висота $H = 12 \text{ м}$
- довжина $A = 47,8 \text{ м}$
- ширина $B = 9,2 \text{ м}$

Для цього приміщення маємо:

- мінімальне освітлення $E_{\text{мін}} = 200 \text{ лк}$
- коефіцієнт відображення від стелі $\rho_{\text{п}} = 0,7$
- коефіцієнт відображення від стін $\rho_{\text{с}} = 0,5$
- коефіцієнт відображення від розрахункової поверхні $\rho_{\text{рп}} = 0,1$

У приміщенні встановлені світильники РСП 08 з лампами ДРЛ-400, кількість світильників 20.

Лампи ДРЛ-400 мають такі характеристики:

- потужність $P = 400 \text{ Вт}$
- середня тривалість роботи $T = 10000 \text{ год}$
- світловий потік однієї лампи $\Phi_{\text{л}} = 24000 \text{ лм.}$

Для розрахунку використаємо точковий метод розрахунку за допомогою кривих сили світла.

$$h_p = H - 1$$

де h_p – висота підвісу світильника

$$h = 11 - 1 = 10 \text{ м}$$

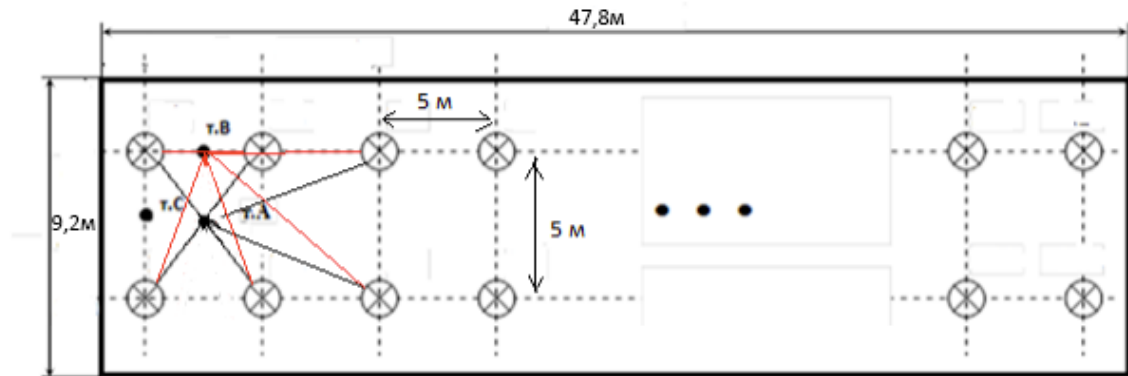


Рисунок 2.3 – Розміщення світильників у приміщенні

Розрахунок освітленості від окремого світильника

$$E = \frac{c \cdot I_{\alpha} \cdot \cos^3 \alpha}{h_p^2},$$

де I_{α} – сила світла по кривій під кутом α ;

α – кут падіння світла на робочу поверхню ;

c – коефіцієнт, що враховує реальний світловий потік лампи по відношенню до умовного;

$$c = \frac{\Phi_{\text{св}}}{1000}$$

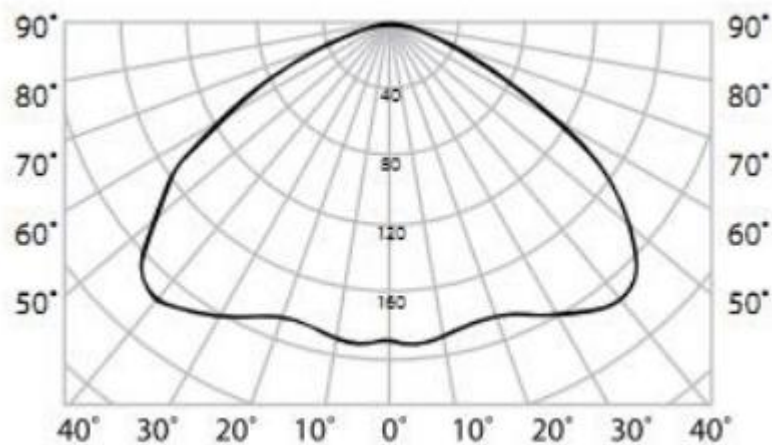


Рисунок 2.4 – Крива сили світла світильника РПС 08-400

Розрахунок для точки А:

$$d_1 = \sqrt{\left(\frac{a}{2}\right)^2 + \left(\frac{b}{2}\right)^2}$$

$$d_2 = \sqrt{\left(\frac{a}{2}\right)^2 + \left(\frac{3b}{2}\right)^2}$$

$$d_3 = \sqrt{\left(\frac{3a}{2}\right)^2 + \left(\frac{b}{2}\right)^2}$$

$$d_1 = \sqrt{\left(\frac{5}{2}\right)^2 + \left(\frac{5}{2}\right)^2} = 3,54 \text{ м}$$

$$d_2 = \sqrt{\left(\frac{5}{2}\right)^2 + \left(\frac{3 \cdot 5}{2}\right)^2} = 7,9 \text{ м}$$

$$d_3 = \sqrt{\left(\frac{3 \cdot 5}{2}\right)^2 + \left(\frac{5}{2}\right)^2} = 7,9 \text{ м}$$

Таблиця 2.2 – Розрахунок освітленості у точці А

					9119.061 ПЗ	Лист
						34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Відстань d, м	Число світильників, шт.	1	I_i , кд	E_i , лк	ΣE_i , лк
3,54	4	0,3402	180	30,8	123,2
7,9	2	0,6686	210	22,4	44,8
7,9	2	0,6686	210	22,4	44,8
					212,8

Достатньою вважаємо освітленість, яка не відрізняється від номінальної не більше 20% у більшу сторону, та не більше 10% у меншу, маємо:

$$0,9 \cdot E_{min_{min}}$$

$$180 < 212,8 < 240$$

Освітленість відповідає нормам.

Розрахунок для точки В:

Таблиця 2.3 – Розрахунок освітленості у точці В

Відстань d, м	Число світильників, шт.	1	I_i , кд	E_i , лк	ΣE_i , лк
2,5	2	12,79	175	37,7	75,4
5,59	2	26,95	180	32,9	65,8
7,5	1	34,26	210	27,5	27,5
9,01	1	39,23	215	21,8	21,8
					190,5

Перевіримо:

$$180 < 190,5 < 240$$

Освітленість відповідає нормам.

Таблиця 2.4 - Розрахунок освітленості у точці С

Відстань d, м	Число світильників, шт.	1	L _i , кд	E _i , лк	Σ E _i , лк
2,5	2	12,79	175	37,7	75,4
5,59	2	26,95	180	32,9	65,8
10,31	2	43,16	215	20,6	41,2
					182,4

Перевіримо:

$$180 < 182,4 < 240$$

Освітленість відповідає нормам.

2.5 Оцінка завантаженості ТП (кабельних ліній)

З отриманих даних з лічильників розрахуємо активне, реактивне, та повне навантаження:

$$P$$

$$P_{BH} = 10^3 \cdot 71,4 + 10^3 \cdot 68,3 + 10^3 \cdot 74,2 = 2139 \text{ кВт}$$

Знаючи $\cos\varphi = 0,96$, визначимо:

$$\sin\varphi = \sqrt{(1 - 0,98^2)} = 0,1989$$

$$Q$$

$$Q_{BH} = 2139 \cdot 0,1989 = 425,45 \text{ квар}$$

$$S$$

$$S_{BH} = \sqrt{2139^2 + 425,45^2} = 2180,9 \text{ кВА}$$

Проведемо перевірку у після аварійному режимі (пошкодження однієї з ліній, що живить об'єкт).

Перевірку кабелю від РП до ТП виконаємо за розрахунковим струмом:

$$I = \frac{S_p}{\sqrt{3}U_H}$$

Маємо:

$$I_p = \frac{2180,9}{\sqrt{3} \cdot 10} = 125,9 \text{ А}$$

Кабель який використовується ВББШв 3х70, I = 211 А; r₀ = 0,28 Ом/км; x₀ = 0,0612 Ом/км.[2]

У РМЦ використовується магістральна електрична схема, тому перевіримо кабель від ТП до цеху за розрахунковим струмом:

$$I_p = \frac{260,58}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 376,11 \text{ А}$$

Кабель який використовується ВВГ 4х240, I = 438 А; r₀ = 0,077 Ом/км; x₀ = 0,0587 Ом/км.[3]

Зробимо перевірку:

$$I_{\text{доп}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \geq I_p$$

$$438 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,5 > 376,11$$

K₁, K₂, K₃ - поправні коефіцієнти, що залежать від температури землі та повітря K₁, від кількості кабелів, прокладених в одній траншеї або одному кабельному каналі K₂, коефіцієнт допустимого перевантаження K₃ [4]. Нехай K₁ = 1,0, при температурі +15 С°, K₂ = 1, K₃ = 1,15.

Перевіримо кабель від ТП до механічного цеху за розрахунковим струмом.

					9119.061 ПЗ	Лист
						37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$I_p = \frac{260,58}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 376,11 \text{ A}$$

Використовується 2 кабелі ВВГ 4х240, I = 438 А; $r_0 = 0,077 \text{ Ом/км}$; $x_0 = 0,0587 \text{ Ом/км}$.

Перевіримо:

$$438 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1,15 > 376,11$$

Проводимо розрахунок втрат активної потужності в кабельних лініях та зводимо до таблиці 2.5:

$$\Delta P_{\text{л}} = \frac{S^2}{U_{\text{н}}^2} \cdot R_e \cdot 10^{-3}$$

$$R_e = l \cdot r_0,$$

де l – довжина лінії,

R_e – еквівалентний опір, Ом.

За формулою розрахуємо кабельну лінію від РП до ТП то лінії що живлять цех:

$$\Delta P_{\text{л1}} = \frac{2180,9^2}{10^2} \cdot 0,1 \cdot 0,28 \cdot 10^{-3} = 1,33 \text{ кВт}$$

$$\Delta P_{\text{л2}} = \frac{260,58^2}{0,38^2} \cdot 0,04 \cdot 0,077 \cdot 10^{-3} = 1,45 \text{ кВт}$$

$$\Delta P_{\text{л3}} = \frac{260,58^2}{0,38^2} \cdot 0,1 \cdot 0,077 \cdot 10^{-3} = 3,62 \text{ кВт}$$

Таблиця 2.5 – Перевірка кабелю та втрати в лінії

Назва	Тип кабелю	Втрати в кабелі, кВт	Розрахунковий струм, I_p , А	Допустимий струм, $I_{\text{доп}}$, А
РП-ТП	ВББШв 3х70	1,33	125,9	211

ТП-цех	ВВГ 4x240	1,45	376,11	438
ТП-цех	2 x ВВГ 4x240	3,62	376,11	438

2.6 Оцінка рівня компенсації реактивної потужності РМЦ

На ТП-13 встановлено 10 конденсаторів в установці на 50 кВАр, сумарною потужністю 500 кВАр. З отриманих даних після розрахунків та зібраною інформацією маємо:

Отриманні дані: $I_1 = 71,4 \text{ A}$, $I_2 = 68,3 \text{ A}$, $I_3 = 74,2 \text{ A}$, $\cos \varphi = 0,96$.

Розрахункові дані:

- Активна потужність споживачів 2139 кВт.
- Реактивна потужність споживачів 425,45 квар.
- Повна потужність споживачів 2180,9 кВА.
- Коефіцієнт потужності 0,96.
- Трансформатор 2500 кВА, 10/0,4 кВ.
- Кількість робочих годин на рік 8544 год/рік

Проаналізувавши усі зібрані данні бачимо що компенсуюча конденсаторна установка обрана вірно. Також автоматична система регулювання дозволяє уникнути небажаної перекомпенсації.

2.7 Складання балансу споживання електричної енергії цеху в аналітичній формі

Складання балансу споживання електричної енергії дозволяє наочно побачити, які споживачі використовують більшу кількість енергії. Маючи цю інформацію можна більш ефективно оцінити, на що потрібно звернути увагу

у заходах з енергозбереження, та що потрібно зробити першочергово.

Складемо баланс цеху, використовуючи формулу:

$$W_i = P_{\text{вст.і}} \cdot n \cdot K_{\text{в.і}} \cdot T_{\text{роб.і}}$$

де $P_{\text{вст.і}}$ - встановлена потужність обладнання, кВт, яка береться із паспортних даних;

n - кількість, шт;

$K_{\text{в.і}}$ - коефіцієнт використання встановленої потужності;

$T_{\text{роб.і}}$ - тривалість роботи відповідного обладнання за рік

Таблиця 2.6 – Баланс споживання активної енергії споживачами ремонтно механічного цеху

Тип обладнання	Кількість обладнання	встановлена потужність, кВт	Коефіцієнт використання, Кв	Тривалість роботи, год/рік	загальне електроспоживанн я, кВт·год/рік
Освітлення					
Люмінісцентні лампи	32	2,3	0,8	6108	11238,72
Лампи ДРЛ	20	8	0,8	6108	39091,2
					50329,92
Верстатне обладнання					
Точильно-шліфувальний станок	3	5,1	0,7	4500	16065
Токарно-фрезерний станок	11	100,99	0,7	4700	332257,1
Станок вертикально- свердлильний настільний	1	0,18	0,6	4600	496,8
Станок вертикально- свердлильний	4	8,86	0,7	4900	30389,8

Станок для різання металів тертям	1	12,4	0,6	4400	32736
Станок радіально- свердлильний	1	22	0,7	4950	76230

Продовження таблиці 2.6

Поперечно-стругальний станок	1	13	0,6	4400	34320
Консольно-фрезерний станок	1	1,7	0,7	4900	5831
Вертикальний консольно- фрезерний станок	1	1,7	0,7	5000	5950
Довбальний станок	1	3	0,6	4300	7740
Ножиці гільотинні гідравлічні	1	18,5	0,6	4400	48840
Станок пилкорізний	1	1,7	0,7	5100	6069
					596924,7
Компресорне обладнання					
Компресор	1	1,1	0,8	5700	5016
Допоміжне обладнання					
Прес гідравлічний	1	3	0,6	4600	8280
Молот ковальський пневматичний	1	7,5	0,4	3000	9000
Агрегат пилозбірний	4	6	0,8	5200	24960
Ванна нагрівальна	1	5	0,4	3850	7700
Стенд для випробування насосів ЕЦВ	1	5	0,6	3750	11250
Кран мостовий однобалковий опорного	1	48	0,8	6000	230400

Прес-ножиці	1	4,8	0,7	4900	16464
					308054
Всього					960324,62

Продемонструємо баланс електричної енергії на рисунку 2.1 у вигляді кругової діаграми РМЦ.

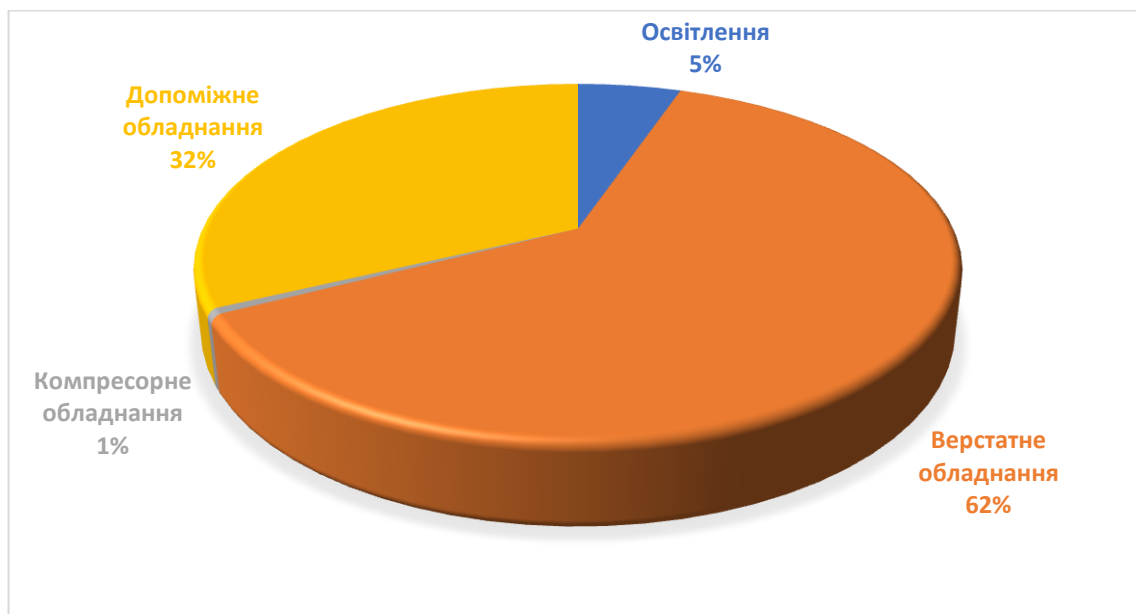


Рисунок 2.1 – Баланс споживання електроенергії приладами механічного цеху

Можна побачити, що найбільше енергії витрачається на верстатне обладнання, а саме на токарно-фрезерні станки, а також на допоміжне обладнання, таке як кран мостовий.

2.8 Розроблення методів підвищення рівня енергоефективності ремонтно-механічного цеху

2.8.1 Заміна ламп ДРЛ на світлодіодні лампи

В РМЦ в основному приміщенні будівлі освітлення виконано лампи ДРЛ, вони підсвічують робочі зони, та зону переміщення мостового крана. ДРЛ-400 мають наступні характеристик:

- потужність $P = 400 \text{ Вт}$

- середня тривалість роботи $T = 10000$ год
- світловий потік однієї лампи $\Phi_d = 24000$ лм.

Світлодіодні лампи є більш ефективними за рахунок того, що вони не потребують пускорегулювальної апаратури, не потребують світлових фільтрів, та малу частину енергії використовують на нагрівання. Знаючи характеристики ламп ДРЛ-400, я провів моніторинг ринку LED ламп, та обрав серед них A.GLO GL-11-200, він може бути використаний в тих самих умовах, забезпечуючи такий же рівень освітлення. Розглянемо основні характеристики LED лампи:

Таблиця 2.7 – Характеристики LED лампи A.GLO GL-11-200

LED лампа A.GLO GL-11-200	
Потужність	200 Вт
Світловий потік	20000 Лм
Клас енергоспоживання	A+
Напруга живлення	175-265 В
Термін роботи	30000 год
Рівень захисту	IP 65

Перевіримо відповідність використання цих ламп у ремонтно-механічному цеху за допомогою точкового метода з використанням кривих сил світла.

Габаритні розміри приміщення:

- висота $H = 12$ м
- довжина $A = 47,8$ м
- ширина $B = 9,2$ м

Для цього приміщення маємо:

- мінімальне освітлення $E_{min}=200$ лк

Використаємо формулу:

$$h_p = H - 1$$

Де h_p – висота підвісу лампи.

$$h = 12 - 1 = 11 \text{ м}$$

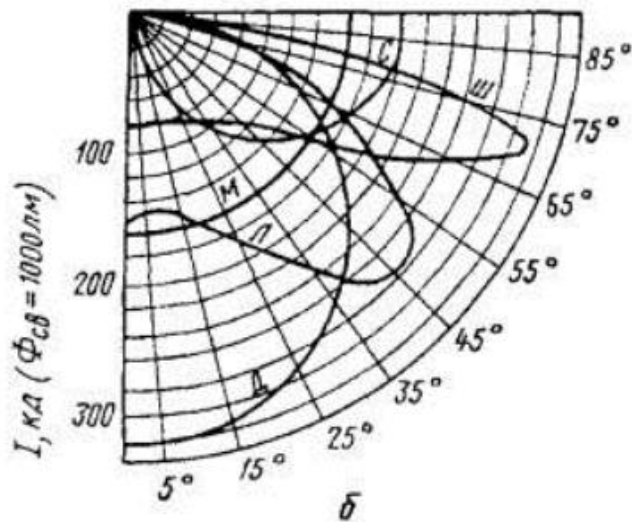


Рисунок 2.2 – Типи кривих сили світла

Для цього світильника використовуємо криву Д.

Розрахунок для точки А:

Таблиця 2.8 – Розрахунок освітленості в точці А

Відстань d , м	Число світильників, шт.	1	I , кд	E_i , лк	ΣE_i , лк
3,54	4	17,91	300	34,4	137,6
7,9	2	35,67	270	19,3	38,6
7,9	2	35,67	270	19,3	38,6
					214,8

Достатньою вважаємо освітленість, яка не відрізняється від номінальної не більше 20% у більшу сторону, та не більше 10% у меншу, маємо:

$$0,9 \cdot E_{min_{min}}$$

$$180 < 214,8 < 240$$

Освітленість відповідає нормам, тому ми можемо замінити старі світильники на нові.

Розрахуємо річне споживання електричної енергії лампами ДРЛ:

$$W_{\text{ДРЛ}} = P_{\text{л}} \cdot K_{\text{ПРА}} \cdot K_{\text{п}} \cdot T_{\text{р}} \cdot N$$

де $P_{\text{л}}$ – потужність лампи, $P_{\text{л}} = 400$ Вт

$K_{\text{ПРА}}$ - коефіцієнт додаткових втрат на ПРА, $K_{\text{ПРА}} = 1,12$;

$K_{\text{п}}$ - коефіцієнт попиту, $K_{\text{п}} = 0,8$;

$T_{\text{р}}$ - час роботи за рік, $T_{\text{р}} = 6108$ год;

N - кількість світильників, $N = 20$ шт.

Отже,

$$W_{\text{ДРЛ}} = 0,4 \cdot 1,12 \cdot 0,8 \cdot 6108 \cdot 20 = 43782,14 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Розрахуємо річне споживання електричної енергії світлодіодними лампами:

$$W_{\text{СД}} = P_{\text{л}} \cdot K_{\text{п}} \cdot T_{\text{р}} \cdot N$$

Так як, для світлодіодних ламп не використовується ПРА, то:

$$W_{\text{СД}} = 0,2 \cdot 20 \cdot 0,8 \cdot 6108 = 19545,6 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Розрахуємо економію електроенергії:

$$\Delta W = W_{\text{ДРЛ}} - W_{\text{СД}} = 43782,14 - 19545,6 = 24236,54 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Виразимо економію в грошовому еквіваленті:

$$E = \Delta W \cdot b = 24236,54 \cdot 1,3282 = 32190,97 \text{ грн}$$

					9119.061 ПЗ	Лист
						45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Де $b=1,3282$ грн/кВт·год – ціна за електроенергію

Капітальні витрати на закупівлю LED ламп:

$$KB = N \cdot Ц = 20 \cdot 1439 = 28780 \text{ грн}$$

де Ц – ціна за один світлодіодний світильник, Ц=1439 грн.

Розрахуємо простий термін окупності для світлодіодних ламп:

$$T_{\text{пр.ок}} = \frac{KB}{E} = \frac{28780}{32190,97} = 0,9 \text{ року}$$

2.8.2 Заміна люмінесцентних ламп на світлодіодні у малих виробничих приміщеннях

Більшу частину ремонтно-механічного цеху складають малі приміщення, як виробничі, так і складські, вони мають значно меншу за висотою стелю, 4 м проти 12 м у залі, де працює мостовий кран. В цих приміщеннях використовують люмінесцентні лампи.

Заміна люмінесцентних ламп на світлодіодні в РМЦ - це крок у напрямку ефективності та сталого розвитку. Впровадження світлодіодних ламп має численні переваги. По-перше, світлодіоди економлять енергію, що дозволяє знизити витрати на електроенергію. Вони мають довгий термін служби, що зменшує необхідність у частій заміні та обслуговуванні. Крім того, світлодіоди мають кращу якість світла, яке є рівномірним, яскравим та комфортним для роботи. Вони не містять шкідливих ртуті або інших отруйних речовин, тому екологічно безпечні. Заміна люмінесцентних ламп на світлодіодні сприятиме підвищенню продуктивності праці та комфорту співробітників, а також зниженню витрат і позитивно вплине на довкілля. Впровадження цих енергоефективних технологій - важливий крок вперед у розвитку цеху та створення сталого майбутнього.

У цеху використовуються люмінісцентні лампи ЛПО 09У-2х36 Ореол-20. Характеристика цих ламп:

Таблиця 2.9 - Технічні характеристики лампи ЛПО 09У-2х36 Ореол-20

Технічні характеристики	ЛПО 09У-2х36 «Ореол-20»
Номінальна потужність, Вт	2х36(72)
Коефіцієнт корисної дії (ККД) світильника, % не менше	50
Габаритні розміри, мм не більше	1250х170х72
Монтажні розміри, мм не більше	600
Маса світильника, кг не більше	3,5
Ціна світильника, грн з ПДВ	275

Мною був проведений аналіз ринку та запропонований варіант заміни люмінісцентних ламп на світлодіодні з невеличкою модернізацією самого світильника. Обрана лампа EVROLIGHT L-1200 на 18 Вт кожна.



Рисунок 2.12 – лампа EVROLIGHT L-1200

Таблиця 2.10 - Технічні характеристики лампи EVROLIGHT L-1200

Технічні характеристики	EVROLIGHT L-1200
Потужність	18 Вт
Колір світіння	Холодне світло (6400K)
Цоколь	G13
Світловий потік	1620 лм
Форма колби	Трубка (лінійна)
Клас енергоспоживання	A+
Напруга живлення	165-265 V
Строк служби	25000 год

Температурний режим	-15 +45 С
Кут розсіювання	160 °
Рівень захисту	IP 20

Розрахуємо річне споживання електричної енергії люмінесцентними лампами:

$$W_{\text{Люм}} = 0,072 \cdot 1,12 \cdot 0,8 \cdot 6108 \cdot 32 = 12609,26 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Розрахуємо річне споживання електричної енергії світлодіодними лампами:

$$W_{\text{СД}} = P_{\text{л}} \cdot K_{\text{п}} \cdot T_{\text{р}} \cdot N$$

Так як, для світлодіодних ламп не використовується ПРА, то:

$$W_{\text{СД}} = 0,036 \cdot 32 \cdot 0,8 \cdot 6108 = 5629,13 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Розрахуємо економію електроенергії:

$$\Delta W = W_{\text{ДРЛ}} - W_{\text{СД}} = 12609,26 - 5629,13 = 6980,13 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Виразимо економію в грошовому еквіваленті:

$$E = \Delta W \cdot b = 6980,13 \cdot 1,3282 = 9271 \text{ грн}$$

Де $b=1,3282$ грн/кВт·год – ціна за електроенергію

Капітальні витрати на закупівлю LED ламп:

$$KB = N \cdot Ц = 64 \cdot 94 = 6016 \text{ грн}$$

де Ц-ціна за один світлодіодний світильник, Ц=94 грн.

Розрахуємо простий термін окупності для світлодіодних ламп:

$$T_{\text{пр.ок}} = \frac{KB}{E} = \frac{6016}{9271} = 0,65 \text{ року}$$

Для використання лампи знадобитися зняти зі світильників ПРА, так як світлодіоди його не потребують.

2.8.3 Використання частотно регулюючого приводу у верстатах

Використання ЧРП у верстатах стає ключовим фактором для підвищення енергоефективності ремонтно-механічного цеху. Ця інноваційна технологія дозволяє точно регулювати швидкість та потужність верстатів в залежності від потреб виробництва. Замість постійного роботи на повну потужність, частотний привід забезпечує можливість плавної регуляції, що призводить до зменшення електроенергії, яка витрачається та ефективного використання ресурсів.

Це сприяє значним економічним перевагам, знижуючи витрати на електроенергію та підвищуючи продуктивність. Крім того, використання Частотно регулюючого приводу зменшує знос та механічні пошкодження обладнання, продовжуючи його термін служби та зменшуючи витрати на ремонт та заміну.

Така модернізація ремонтно-механічного цеху не тільки сприяє підвищенню ефективності та зниженню витрат, але й має позитивний вплив на довкілля. Зменшення споживання електроенергії призводить до зменшення викидів вуглекислого газу та екологічного навантаження.

В сучасному промисловому виробництві питання енергоефективності є одним із найважливіших. Для досягнення ефективності використання енергоресурсів та зниження енерговитрат у різних галузях промисловості, встановлення частотних приводів (ЧРП) на верстатах є ефективним рішенням.

Токарно-винторізний верстат, з основною функцією виготовлення виробів за допомогою токарного та винторізного інструменту, має значний потенціал для оптимізації енергоспоживання. Встановлення ЧРП дозволяє

регулювати швидкість обертання головного шпинделя відповідно до конкретної операції. Це означає, що верстат буде працювати з оптимальною швидкістю для кожного оброблюваного матеріалу, забезпечуючи економію електроенергії і знижуючи знос інструменту.

Токарно-фрезерний верстат поєднує в собі функції токарного та фрезерного верстата, що робить його універсальним інструментом для багатьох операцій обробки. Завдяки встановленню ЧРП, можна забезпечити точне регулювання швидкості обертання шпинделів токарного та фрезерного інструментів. Це дозволяє знизити витрати енергії при обробці різних матеріалів та різних типів операцій, забезпечуючи ефективне використання електроенергії.

Точильно-шліфувальний станок застосовується для точіння та шліфування різних інструментів та деталей. Встановлення ЧРП на такому верстаті дозволяє регулювати швидкість шліфування або точіння залежно від вимог до якості обробки та типу матеріалу. Це дозволяє досягнути оптимального результату з точіння та шліфування при мінімальних енерговитратах.

Консольно-фрезерний станок використовується для фрезерування різних деталей і заготовок. Частотні приводи на цьому верстаті дозволяють регулювати швидкість обертання фрез та подачу інструменту відповідно до конкретних операцій. Це забезпечує точність та якість обробки, а також знижує енерговитрати шляхом оптимального використання енергії.

Верстати у яких можна використати ЧРП:

Таблиця 2.11 – Верстати які можна обладнати ЧРП

Верстат	Потужність	Мінімальна частота обертання	Максимальна частота обертання	Напруга	Частота мережі	Тип двигуна
Токарно-винторізний станок ТВС 1615	1,625 КВт	26	492	330 В	50 Гц	Асинхронний
Токарно-фрезерний станок TUR 50	3 КВт	35	1800	330 В	50 Гц	Асинхронний
Токарно-фрезерний станок SUI 40-1000	7,5 КВт	14	2240	330 В	50 Гц	Асинхронний
Токарно-фрезерний станок SUI 40-1500	12,4 КВт	11	2240	330 В	50 Гц	Асинхронний
Токарно-фрезерний станок SUI 40-1500	12,4 КВт	11	2240	330 В	50 Гц	Асинхронний
Токарно-фрезерний станок 1Н65	22 КВт	5	500	330 В	50 Гц	Асинхронний
Токарно-фрезерний	11 КВт	12	2000	330 В	50 Гц	Асинхронний

станок 16K20						
Токарно-фрезерний станок 163	13 КВт	10	1250	330 В	50 Гц	Асинхронний
Токарно-фрезерний станок 163	13 КВт	10	1250	330 В	50 Гц	Асинхронний
Токарно-фрезерний станок 163	13 КВт	10	1250	330 В	50 Гц	Асинхронний
Точильно-шліфувальний станок 332-Б	1,7 КВт	100	1775	330 В	50 Гц	Асинхронний
Точильно-шліфувальний станок 332-Б	1,7 КВт	100	1775	330 В	50 Гц	Асинхронний
Точильно-шліфувальний станок 332-Б	1,7 КВт	100	1775	330 В	50 Гц	Асинхронний
Точильно-шліфувальний станок 3Л631	0,75 КВт	300	2840	330 В	50 Гц	Асинхронний
Консольно-фрезерний станок 6Т82Г	10,87 КВт	31	1600	330 В	50 Гц	Асинхронний

Споживання верстатами електроенергії за рік:

Таблиця 2.12 – Споживання електроенергії верстатами

Верстат	Потужність , КВт	Використання на рік, год	Витрати електроенергії на рік, КВт
Токарно-винторізний станок TBC 1615	1,625	4745	7710,625
Токарно-фрезерний станок TUR 50	12	5475	65700
Токарно-фрезерний станок SUI 40-1000	9,92	2190	21724,8
Токарно-фрезерний станок SUI 40-1500	12,4	4015	49786
Токарно-фрезерний станок SUI 40-1500	12,4	4380	54312
Токарно-фрезерний станок 1H65	22	5840	128480
Токарно-фрезерний станок 16K20	11	4380	48180
Токарно-фрезерний станок 163	13	5110	66430
Токарно-фрезерний станок 163	13	4745	61685
Токарно-фрезерний станок 163	13	3650	47450
Точильно-шліфувальний станок 332-Б	1,7	5110	8687
Точильно-шліфувальний станок 332-Б	1,7	4380	7446
Точильно-шліфувальний станок 332-Б	1,7	1460	2482
Точильно-шліфувальний станок 3Л631	0,75	3650	2737,5

Консольно-фрезерний станок 6Т82Г	10,87	6205	67448,35
	Усього на рік		640259,275

Усі верстати мають асинхронний двигун, тому метол розрахунку буде схожий. Головна задача знизити оберти верстатів до мінімальних, коли вони працюють у холостому режимі, у всіх верстатах, окрім точильно-шліфувальних станків, цього можна досягнути використовуючи ЧРП з аналоговим датчиком Холла. Датчик Холла ми використовуємо для цифрового розуміння положення фартуку, якщо він у неробочому положенні то оберти двигуна зменшуються до мінімальних. Для цього були обрані ЧРП Altivar Machine ATV320 та датчик A3144 TO-92UA



Рисунок 2.13 – ЧРП Altivar Machine ATV320

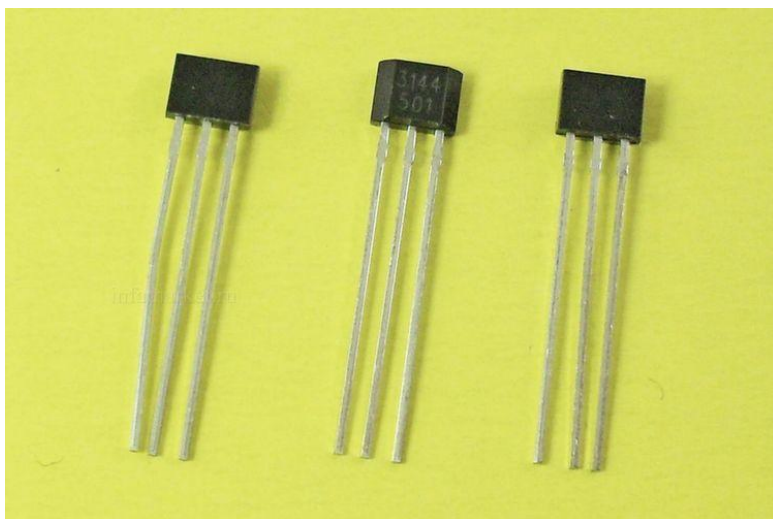


Рисунок 2.14 – Датчик Холла А3144 TO-92UA

Використовуємо таку схема підключення обладнання:

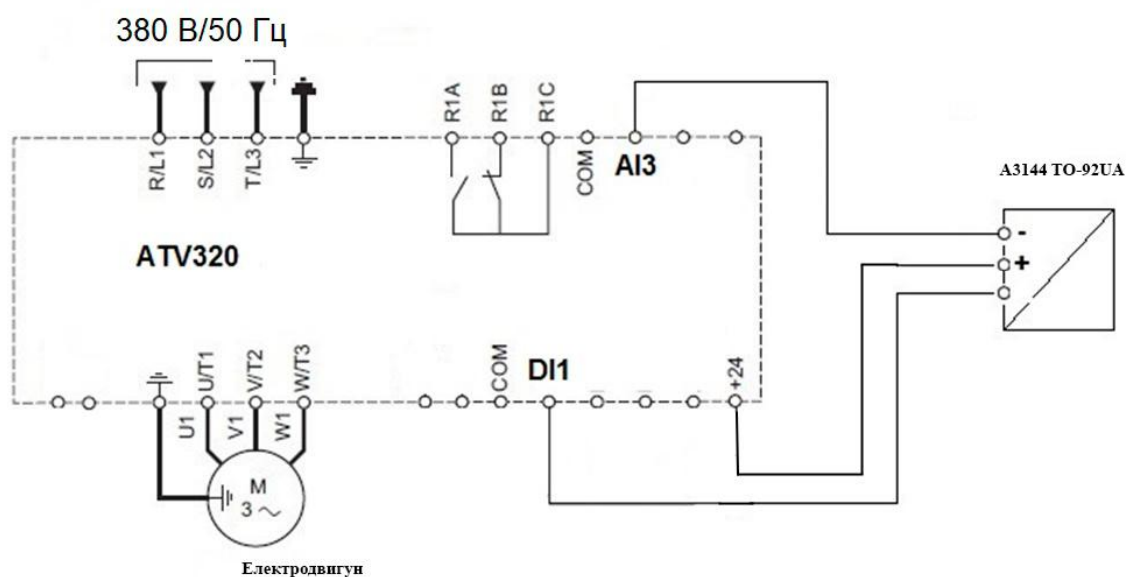


Рисунок 2.4 – Схема підключення

Верстати в РМЦ працюють у режимі холостого ходу близько 25% від загального часу використання. Знижуючи оберти до мінімальних у ці проміжки часу, верстати будуть споживати близько 20% від номінальної потужності, тобто маємо:

$$E = P_n \cdot K_n \cdot K_{xx} \cdot T$$

Де P_H – номінальна потужність верстату;

K_{Π} – коефіцієнт потужності;

K_{XX} - коефіцієнт холостого ходу;

T – час роботи.

Таблиця 2.13 – Розрахунок економії електроенергії за допомогою ЧРП

Верстат	Потужність, КВт	Використання на рік, год	Витрати на рік використовуючі ЧРП під час режиму XX
Токарно-винторізний станок TBC 1615	1,625	4745	385,53125
Токарно-фрезерний станок TUR 50	12	5475	3285
Токарно-фрезерний станок SUI 40-1000	9,92	2190	1086,24
Токарно-фрезерний станок SUI 40-1500	12,4	4015	2489,3
Токарно-фрезерний станок SUI 40-1500	12,4	4380	2715,6
Токарно-фрезерний станок 1H65	22	5840	6424
Токарно-фрезерний станок 16K20	11	4380	2409
Токарно-фрезерний станок 163	13	5110	3321,5

Токарно-фрезерний станок 163	13	4745	3084,25
Токарно-фрезерний станок 163	13	3650	2372,5
Точильно-шліфувальний станок 332-Б	1,7	5110	434,35
Точильно-шліфувальний станок 332-Б	1,7	4380	372,3
Точильно-шліфувальний станок 332-Б	1,7	1460	124,1
Точильно-шліфувальний станок 3Л631	0,75	3650	136,875
Консольно-фрезерний станок 6Т82Г	10,87	6205	3372,4175
	Усього на рік		32012,9638

Загальна економія енергії складе:

$$\Delta W = 32012,96$$

Розраховуємо економію в грошовому еквіваленті:

$$E = 32012,96 \cdot 1,3282 = 42519,61 \text{ грн}$$

Капітальні витрати складуть:

$$KB = ПЧ_{11} \cdot n + ПЧ_{15} \cdot n + ПЧ_{2,2} \cdot n + Д \cdot n$$

де $ПЧ_{11}$ – Перетворювач частоти 11 кВт,

n – кількість приладів,

$Д$ – датчики Хола.

$$KB = 44702,56 \cdot 5 + 56652,76 \cdot 5 + 15446,73 \cdot 5 + 3,5 \cdot 15 = 522275,83 \text{ грн}$$

Розраховуємо простий термін окупності:

$$T_{\text{пр.ок}} = \frac{522275,83}{42519,61} = 12,28 \text{ років}$$

2.8.4 Заміна підшипників на токарно-фрезерних верстатах

Заміна підшипників на токарно-фрезерних верстатах є вирішальною процедурою для забезпечення безперебійної роботи обладнання.

Підшипники відіграють критичну роль у забезпеченні плавного руху рухомих частин машини та зниженні рівня тертя. З течією часу підшипники можуть зазнавати зносу або пошкоджень, що негативно впливає на якість обробки та ефективність роботи верстата.

Крім того, заміна підшипників має важливе значення для забезпечення безпеки працівників. Пошкоджені підшипники можуть призводити до виникнення непередбачуваних рухів верстата, вібрацій та шуму, що створює потенційну загрозу для операторів. Часом, ці несправності можуть призвести до травмувань. Регулярна заміна підшипників сприяє запобіганню таким ситуаціям і забезпечує безпеку робочого середовища.

Також, заміна підшипників сприяє зниженню витрат на обслуговування та ремонт обладнання. Планове обслуговування та своєчасна заміна підшипників дозволяють уникнути більш серйозних поломок та дорогих ремонтних робіт. Це допомагає підприємствам ефективно управляти витратами та забезпечувати неперервну роботу верстатів.

Отже, заміна підшипників на токарно-фрезерних верстатах має велике значення для забезпечення надійності та ефективності обладнання, безпеки працівників та зниження витрат на обслуговування.

Так як зношення підшипників викликає погіршення ККД на 5%, пропонується замінити їх у електродвигунах токарно-фрезерного верстату. Для заміни знадобиться по 2 підшипники на верстат, ціною 925 грн.[5]

Розрахуємо споживану потужність електродвигунами з електромережі за формулою:

$$P_{\text{ел}} = n \cdot \frac{P_{\text{мех}}}{\eta}$$

де P – номінальна потужність двигуна, кВт,

η – ККД електродвигуна,

n – кількість двигунів.

Отримаємо:

$$P_1 = 1 \cdot \frac{12}{0,84} = 14,28 \text{ кВт}$$

$$P_2 = 1 \cdot \frac{9,92}{0,87} = 11,4 \text{ кВт}$$

$$P_{3,4} = 1 \cdot \frac{12,4}{0,83} = 14,94 \text{ кВт}$$

$$P_5 = 1 \cdot \frac{22}{0,88} = 25 \text{ кВт}$$

$$P_6 = 1 \cdot \frac{11}{0,83} = 13,25 \text{ кВт}$$

$$P_{7,8,9} = 1 \cdot \frac{13}{0,77} = 16,88 \text{ кВт}$$

Розрахуємо споживану потужність після заміни підшипників:

$$P_1' = 1 \cdot \frac{12}{0,89} = 13,48 \text{ кВт}$$

$$P_2' = 1 \cdot \frac{9,92}{0,92} = 10,78 \text{ кВт}$$

$$P_{3,4}' = 1 \cdot \frac{12,4}{0,88} = 14,1 \text{ кВт}$$

$$P_5' = 1 \cdot \frac{22}{0,93} = 23,65 \text{ кВт}$$

$$P_6' = 1 \cdot \frac{11}{0,88} = 12,5 \text{ кВт}$$

$$P_{7,8,9}' = 1 \cdot \frac{13}{0,82} = 15,85 \text{ кВт}$$

Розрахуємо загальні потужності:

$$P = 144,45 \text{ кВт}$$

$$P' = 136,16 \text{ кВт}$$

Визначаємо економію споживаної потужності від запропонованого заходу за формулою:

$$\Delta P = P - P'$$

$$\Delta P = 144,45 - 136,16 = 8,29 \text{ кВт}$$

Розрахуємо річну економію спожитої потужності:

$$\Delta W = \Delta P \cdot T$$

де ΔP – економія спожитої потужності, кВт,

T_p – середнє число годин роботи електродвигунів в рік.

$$\Delta W = 8,29 \cdot 4420 = 36641,8 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}$$

Розрахуємо у грошовому еквіваленті:

$$E = 36641,8 \cdot 1,3282 = 48667,64 \text{ грн}$$

Капітальні витрати:

$$KB = 925 \cdot 2 \cdot 9 = 16650 \text{ грн}$$

Простий термін окупності:

$$T_{\text{пр.ок}} = \frac{16650}{48667,64} = 0,34 \text{ року}$$

					9119.061 ПЗ	Лист
						61
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Висновок до розділу 2

Провівши аналіз та розрахувавши систему електропостачання ремонтно-механічного цеху, був зроблений висновок, що існуюча система повністю відповідає поставленим задачам. Кабельні лінії мають значний запас потужності, але ТП має додатковий запас лише близько 20%.

Склавши енергетичний баланс цеху, був проведений аналіз споживачів електричної енергії та виділені певні найбільш потужні групи споживачів. Було запропоновано на найбільшу групу споживачів, а саме верстатів два методи модернізації для зменшення енергоспоживання.

Також була модернізована система освітлення головного зала та технічних і виробничих приміщень. Лампи ДРЛ та люмінесцентні лампи було запропоновано замінити на сучасні світлодіодні, які відповідають потребам і нормам.

3. АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ

3.1 Опис системи теплопостачання

Тепло постачання цеху здійснюється за рахунок використання теплої води з градирних систем. Градирні системи отримують теплу воду від охолодження особистої ТЕЦ-2, доменної печі та кисневого цеху. З басейну градирні вода поступає у тепловий пункт, та теплообмінник, після чого потрапляє до будівель підприємства.

У 2019 році були збудовані 2 нових градирні на базі вже існуючих басейнів. Це дві сучасні системи, які використовують стекловолоконні вентилятори. Їх продуктивність 10900 м³/год, наразі це найбільша система в Україні. Система працює на базі трьох вентиляторів, потужністю 132 кВт кожний.

Нагальна потреба у охолодженні великої кількості води у теплий сезон, дала змогу, використовувати частину цієї води у системах опалення підприємства. Так як виробничі процеси є неперервними, то є можливість забезпечувати цехи узимку достатньою кількістю тепла і створювати комфортні умови для працівників.

Питну воду підприємство отримує від КП "Кривбасводоканал", з підключенням до магістралі. У самому цеху, водопостачання розведено під підлогою до рукомийників та санітарного вузла.

					9119.061 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Загальна частина	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		Чорний В.М.					63	103
Перевірив		Прокопенко В.В..				НН ІЕЕ, кафедра ЕП		
Т. Контр.								
Н. Контр.		Черкашина Г.І.						
Затвердив								

3.2 Коротка характеристика та оцінка енергоефективності суттєвих споживачів палива та теплової енергії

Розрахунок втрат через огорожуючі конструкції заснований на врахуванні теплоізоляційних якостей матеріалів, з яких побудовано РМЦ, орієнтації у географічному положенні, витрат тепла через вентиляцію і т.п.

Визначимо теплові витрати через огорожуючі конструкції, кВт:

$$Q = \sum (K_i \cdot F_i \cdot \Delta t_i) \cdot b_u \cdot \left(1 + \sum \beta\right) \\ = \sum \left(\frac{1}{R_i} \cdot F_i \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о}})\right) \cdot b_u \cdot \left(1 + \sum \beta\right)$$

Де F_i – площа огорожувальних конструкцій, м²

K_i – коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м² · К);

$t_{\text{вн}}$ – температура всередині приміщення, °С;

$t_{\text{р.о}}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря, приймається рівною температурі найхолоднішої п'ятиденки °С;

$\sum \beta$ – сумарні додаткові втрати теплоти в частках від основних тепловтрат, які враховуються для зовнішніх вертикальних огорожувальних конструкцій будівлі (стіни, двері і вікна), орієнтовані на:

- північ, схід, північний-схід і північний-захід - $\sum \beta = 0,1$;
- південний-схід і захід - $\sum \beta = 0,05$;
- для усіх інших огорожень $\sum \beta = 0$.

Цементно-піщана штукатурка зовнішня з $\lambda_{\text{з.шт}} = 1,2$ Вт/м·°С і товщиною $\delta_{\text{з.шт}} = 0,02$ м.

Вапняк з $\lambda_{\text{в}} = 0,9$ Вт/м·°С і товщиною $\delta_{\text{в}} = 0,6$ м

Цементно – піщана штукатурка внутрішня з $\lambda_{\text{вн.шт}} = 1,2$ Вт/м·°С і товщиною $\delta_{\text{вн.шт}} = 0,03$ м.

Опір теплопередачі через зовнішні стіни знаходимо за формулою[8]:

$$R_{\text{стіни}} = \frac{1}{\alpha_3} + \frac{\delta_{\text{з.шт}}}{\lambda_{\text{з.шт}}} + \frac{\delta_{\text{в}}}{\lambda_{\text{в}}} + \frac{\delta_{\text{вн.шт}}}{\lambda_{\text{вн.шт}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{вн.}}}$$

де λ_i - коефіцієнт теплопровідності відповідного шару, Вт м· 0С ;

δ_i - товщина відповідного шару, м;

$\alpha_{\text{вн}}$ - коефіцієнт тепловіддачі із внутрішньої сторони будівлі;

α_3 - коефіцієнт тепловіддачі від стін зовнішньому середовищу

$$R_{\text{стіни}} = \frac{1}{23} + \frac{0,02}{1,2} + \frac{0,6}{0,9} + \frac{0,03}{1,2} + \frac{1}{8,7} = 0,867 \frac{\text{м}^{\circ}\text{С}}{\text{Вт}}$$

Коефіцієнт теплопередачі стіни становить:

$$K_{\text{стіни}} = \frac{1}{R_{\text{стіни}}}$$

$$K_{\text{стіни}} = \frac{1}{0,867} = 1,153 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^{\circ}\text{С}}$$

Коефіцієнт теплопередачі вікон з подвійним застлінням в дерев'яних сполучених плетіннях 4М₁-8-4К становить:

$$K_{\text{вік}} = 2,127 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^{\circ}\text{С}}$$

Стеля - перекриття складається з наступних матеріалів:

Залізобетонні блоки з $\lambda_{\text{зб}}=1,7$ Вт/м·°С, товщиною $\delta_{\text{зб}}=0,3$ м

Гідроізоляція з $\lambda_{\text{г}}=0,7$ Вт/м·°С, товщиною $\delta_{\text{г}}=0,003$ м

Жорсткі мінеральні плити з $\lambda_{\text{г}}=0,08$ Вт/м·°С, товщиною $\delta_{\text{г}}=0,08$ м

$$R_{\text{стелі}} = \frac{1}{12} + \frac{0,3}{1,7} + \frac{0,003}{0,7} + \frac{0,08}{0,08} + \frac{1}{7,6} = 1,395 \frac{\text{м}^{\circ}\text{С}}{\text{Вт}}$$

Коефіцієнт теплопередачі стелі:

$$K_{\text{стелі}} = \frac{1}{1,395} = 0,716 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^{\circ}\text{С}}$$

Коефіцієнт теплопередачі дверей з утеплювачем становить:

$$K_{\text{дв}} = 2,33 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^{\circ}\text{С}}$$

Підлога – перекриття над неопалювальним підвалом складається з наступних матеріалів:

Залізобетонне перекриття з $\lambda_{\text{зб}}=1,87 \text{ Вт/м}^{\circ}\text{С}$, товщиною $\delta_{\text{зб}}=0,2\text{м}$

Шлакобетон з $\lambda_{\text{зб}}=0,64 \text{ Вт/м}^{\circ}\text{С}$, товщиною $\delta_{\text{зб}}=0,04\text{м}$

Цементно-піщана стяжка з $\lambda_{\text{зб}}=0,93 \text{ Вт/м}^{\circ}\text{С}$, товщиною $\delta_{\text{зб}}=0,012\text{м}$

Опір теплопередачі:

$$R_{\text{підлоги}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,2}{1,87} + \frac{0,04}{0,64} + \frac{0,012}{0,93} + \frac{1}{6} = 0,464 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^{\circ}\text{С}}$$

Коефіцієнт теплопередачі підлоги:

$$K_{\text{підлоги}} = \frac{1}{0,464} = 2,15 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^{\circ}\text{С}}$$

Втрати через зовнішню стінку[7]:

$$Q_{\text{з.стін}} = \sum K_{\text{стіни}} \cdot F_{\text{стіни}} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot b_u$$

Значення β для північної та східної стіни становитиме 10%, для західної – 5%, для південної 0%. Площі стін мають наступні значення:

Площа північної стіни – 648 м^2

Площа південної стіни – 648 м^2

Площа східної стіни – 168 м^2

Площа західної стіни – 168 м^2

$$Q_{\text{з.стіні}} = 1,153 \cdot (648 \cdot 1,1 + 648 \cdot 1 + 168 \cdot 1,1 + 168 \cdot 1,05) \cdot (18 - (-17)) \cdot 1 = 69,491 \text{ кВт} = 0,0597 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}$$

Втрати теплоти через вікна:

$$Q_{\text{вікна}} = \sum K_{\text{вікна}} \cdot F_{\text{вікна}} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot b_u$$

Загальна площа вікон, які виходять на північ складає 218,8 м², на південь 136,8 м², на схід 27,36 м², на захід 18,24 м².

$$Q_{\text{вікна}} = 2,127 \cdot (218,8 \cdot 1,1 + 136,8 \cdot 1 + 27,32 \cdot 1,1 + 18,24 \cdot 1,05) \cdot (18 - (-17)) \cdot 1 = 31,764 \text{ кВт} = 0,0273 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}$$

Втрати через зовнішні двері:

$$Q_{\text{дв}} = \sum K_{\text{дв}} \cdot F_{\text{дв}} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot b_u$$

Загальна площа дверей 17,4 м²

$$Q_{\text{дв}} = 2,33 \cdot 17,4 \cdot (18 - (-17)) \cdot 1 = 1,42 \text{ кВт} = 0,00122 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}$$

Втрати теплоти через стелю:

$$Q_{\text{стелі}} = \sum K_{\text{стелі}} \cdot F_{\text{стелі}} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot b_u$$

Загальна площа стелі цеху 972 м²

$$Q_{\text{стелі}} = 0,716 \cdot 972 \cdot (18 - (-17)) \cdot 1 = 24,358 \text{ кВт} = 0,021 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}$$

Втрати теплоти через підлогу:

$$Q_{\text{підлоги}} = \sum K_{\text{підлоги}} \cdot F_{\text{підлоги}} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot b_u$$

					9119.061 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

Загальна площа підлоги 972 м^2

$$Q_{\text{підлоги}} = 2,15 \cdot 972 \cdot (18 - (-17)) \cdot 0,3 = 21,943 \text{ кВт} = 0,0188 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}$$

Загальні втрати через огорожуючі конструкції:

$$Q_{\text{огор}} = Q_{\text{з.стін}} + Q_{\text{вікон}} + Q_{\text{дв}} + Q_{\text{стелі}} + Q_{\text{підлоги}}$$

$$Q_{\text{огор}} = 0,0597 + 0,0273 + 0,00122 + 0,021 + 0,0188 = 0,128 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}$$

Тепло, що йде на нагрівання інфільтраційного повітря:

$$Q_{\text{інф}} = 0,337 \cdot V_{\text{опал}} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}})$$

де, $V_{\text{опал}}$ -опалювальний об'єм будівлі, м^3

$$Q_{\text{інф}} = 0,337 \cdot 9072 \cdot (18 - (-17)) = 107 \text{ кВт} = 0,092 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}$$

3.3 Тепловий баланс ремонтно-механічного цеху

Втрати тепла на нагрівання зовнішнього повітря, яке проникає через зовнішні двері, коли їх відчиняють, ккал:

$$Q_{\text{д}} = 0,7 \cdot B \cdot (H_{\text{буд}} + 0,8 \cdot P) \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}})$$

де H – висота будівлі, м;

P – кількість людей, що знаходяться в будівлі;

B – коефіцієнт, що враховує кількість входних тамбурів, $B=0,6$.

$$Q_{\text{д}} = 0,7 \cdot 0,6 \cdot (12 + 0,8 \cdot 70) \cdot (18 - (-17)) = 0,999 \text{ кВт} = 0,000859 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}$$

Витрати тепла в трубопроводах системи опалення, що проходять по неопалювальним підвалам та підпіллях, ккал:

$$Q_2 = 0,02 \cdot (Q_{\text{огор}} + Q_{\text{інф}} + Q_{\text{д}})$$

$$Q_2 = 0,02 \cdot (218 + 105,159 + 0,981) \cdot 10^3 = 0,006483 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}$$

Сумарне теплове навантаження цеху, ккал/год:

$$Q_{\text{сум}} = Q_{\text{огор}} + Q_{\text{інф}} + Q_{\text{д}} + Q_2$$

$$Q_{\text{сум}} = 0,128 + 0,092 + 0,000859 + 0,006483 = 0,227 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}} = 264 \text{ кВт}$$

Погодинні витрати мережевої води на опалення, т/год(м³/год):

$$G_{\text{отmax}} = \frac{3,6 \cdot 1,163 \cdot Q_{\text{сум}} \cdot 10^3}{4,187 \cdot (T_1 - T_2)}$$

$$G_{\text{отmax}} = \frac{3,6 \cdot 1,163 \cdot 0,227 \cdot 10^3}{4,187 \cdot (90 - 70)} = 11,34 \frac{\text{т}}{\text{год}} = 11,34 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

3.4 Розрахунок заходів з енергозбереження

3.4.1 Утеплення стін

Після розрахунку тепловтрат, можна побачити, що значна частина тепла уходить через стіни. Тому запропонуємо і розрахуємо можливість утеплення стін теплоізолюючими матеріалами. Порівняємо пінопласт і мінеральну вату як матеріали для утеплення.

Теплоізоляційні властивості: Пінопласт має нижчий коефіцієнт теплопровідності, що означає, що він ефективніше утримує тепло. Мінеральна вата має трохи вищий коефіцієнт теплопровідності, але все одно може забезпечувати добру теплоізоляцію.

Вологозахист: Пінопласт є гідрофобним матеріалом, тобто він не вбирає вологу, що дозволяє йому зберігати свої теплоізоляційні властивості навіть у вологих умовах. Мінеральна вата може вбирати вологу, і її теплоізоляційна ефективність може зменшуватись при змочуванні.

Вогнестійкість: Мінеральна вата має високу вогнестійкість, оскільки виготовляється з негорючих матеріалів, таких як скло або камінь. Пінопласт, з іншого боку, є паличним матеріалом і може підтримувати горіння.

Екологічність: Мінеральна вата, виготовлена зі скла або каменю, може бути більш екологічною з точки зору переробки та утилізації. Пінопласт виготовляється з нафти або газу, що може мати негативний вплив на довкілля.

Монтаж: Пінопласт зазвичай є легким матеріалом і добре піддається обробці, може бути легко нарізаний та пристосований до потрібних розмірів та форм. Мінеральна вата може бути менш гнучкою і вимагати більше зусиль для монтажу.

Ціна: Вартість пінопласту зазвичай нижча, ніж у мінеральної вати. Пінопласт за 1м² – 207,64 грн, порівняно з мінеральною ватою - 288,79 грн/м²

З порівняння матеріалів, бачимо, що у кожного матеріала є свої переваги і недоліки. Так як саме цей цех підприємства не має підвищеної пожежонебезпеки, зробимо вибір у сторону пінопласта з економічних міркувань.

Розрахуємо економію від впровадження цього заходу. При утепленні зменшиться коефіцієнт теплопередачі огорожуючих конструкцій.

$$K_{\text{стіни}} = 1,153 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^{\circ}\text{C}}$$

Розрахунок на запровадження заходу:

Монтаж плит

Доставка матеріалів

Оплата роботи монтажників

Площа стін для утеплення – 1230 м²,

Для утеплення буде використовуватися пінопласт плита EPS 50, ціна однієї плити 207,64 грн, розміром 1х1м. Вартість повного монтажу під ключ за 1м² буде коштувати близько 1430грн

Устрій фасадної системи утеплення:

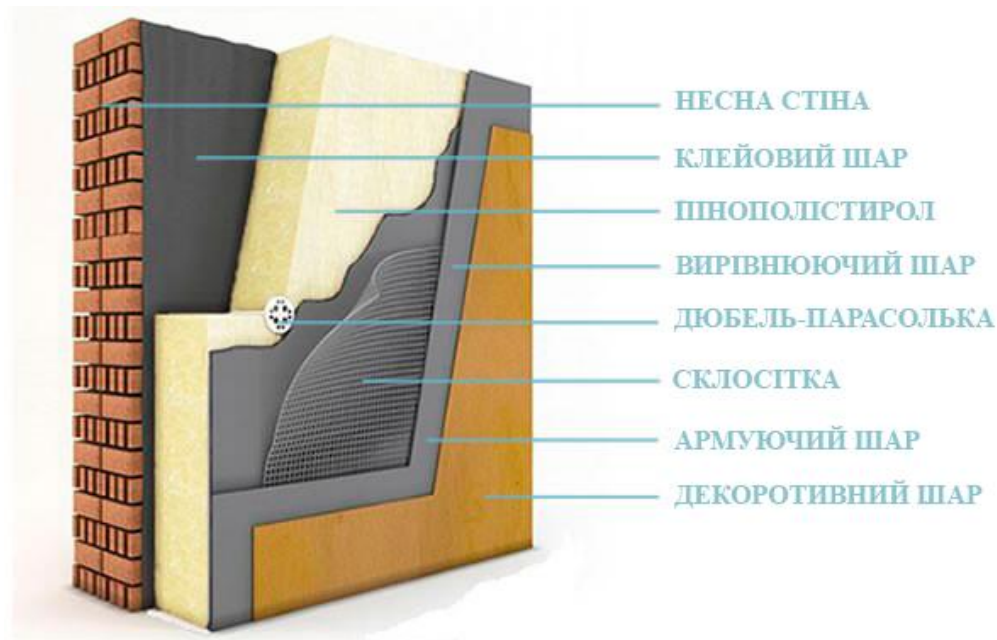


Рисунок 3.4 – Шари утеплення пінопластом.

Сумарні капіталовкладення: 1758900 грн

Розрахунок різниці термічного опору між існуючою стіною та утепленою.

Визначимо термічний опір утеплювача за формулою:

$$R_{\text{стіни}} = \frac{1}{23} + \frac{0,02}{1,2} + \frac{0,6}{0,9} + \frac{0,03}{1,2} + \frac{0,15}{0,04} + \frac{1}{8,7} = 4,61 \frac{\text{м}^{\circ}\text{С}}{\text{Вт}}$$

Порівняємо опір теплопередач з нормативним значенням(додаток 1):
4,61>4,0 – тобто утеплене приміщення тепер відповідає нормам[8].

Розрахуємо коефіцієнт зменшення теплопередачі:

$$K_{\text{ст}} = \frac{1}{4,61} = 0,217 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^{\circ}\text{С}}$$

Підставимо дані, розрахувавши нові втрати теплоти через зовнішні стіни:

$$Q_{\text{з.стін}} = 0,217 \cdot (648 \cdot 1,1 + 648 \cdot 1 + 168 \cdot 1,1 + 168 \cdot 1,05) \cdot (18 - (-17)) \cdot 1 = 16,33 \text{ кВт} = 0,014 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}$$

Знайдемо різницю у перерахунку на рік за формулою:

$$\Delta Q = \sum \left(\left(\frac{1}{R_{\text{стін}}} - \frac{1}{R_{\text{з.стін}}} \right) \cdot F_c \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}) \right) \cdot b_u (1 + \sum \beta)$$

$$\Delta Q = \left(\left(\frac{1}{1,395} - \frac{1}{4,61} \right) \cdot (648 \cdot 1,1 + 648 \cdot 1 + 168 \cdot 1,1 + 168 \cdot 1,05) \cdot (18 - (-17)) \cdot 1 \right) = 30,13 \text{ кВт} = 9,45 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}$$

Даний захід дозволяє зменшити теплові втрати, що відбуваються через стіни на 57% за рахунок їх утеплення.

3.4.2 Заміна вікон в цеху

У цеху 59 вікон, вони мають високий коефіцієнт теплопередачі, втрати через них є суттєвими, серед загальних втрат тепла.

Пропонується з метою зменшення тепловтрат та відповідності нормам замінити існуючі вікна на нові двокамерні енергозберігаючі склопакети 4М1-10-4М1-10-4К з наповненням 25% криптона і 75% аргона та опором теплопередачі $0,78 \text{ м}^2\text{С/Вт}$

Площа вікон, що потребують заміни, складає: $F = 401 \text{ м}^2$

Річні втрати тепла через вікна:

$$Q_{\text{вік}} = K_{\text{вік}} \cdot F_{\text{вік}} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}) \cdot n_0 \cdot 24 \cdot 10^{-6}$$

$$Q_{\text{вік}} = 2,127 \cdot 401 \cdot (18 + 17) \cdot 171 \cdot 24 \cdot 10^{-6} = 122,5 \text{ кВт} = 0,105 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}$$

Втрати крізь нові склопакети складуть:

$$Q'_{\text{вік}} = K'_{\text{вік}} \cdot F_{\text{вік}} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}) \cdot n_0 \cdot 24 \cdot 10^{-6}$$

$$Q'_{\text{вік}} = \frac{1}{0,78} \cdot 401 \cdot (18 + 17) \cdot 171 \cdot 24 \cdot 10^{-6} = 73,846 = 0,0635 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}$$

Річна економія теплової енергії:

$$\Delta Q = Q_{\text{вік}} - Q'_{\text{вік}}$$

$$\Delta Q = 0,105 - 0,0635 = 0,0415 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}$$

Вартість 1м2 енергозберігаючого склопакету разом з витратами на його встановлення складе 1600 грн.

$$K = 1600 \cdot 401 = 641600 \text{ грн}$$

Цей захід дозволить замінити вікна на підприємстві та відповідати вимогам нормативних документів.

3.4.3 Впровадження теплової завіси з дверми типу «ворота»

Впровадження теплової завіси з дверми типу "ворота" потрібно для зменшення витрат на опалення повітря, забезпечення комфортної температури у приміщенні, захисту від пилу, комах та забруднень, а також для збереження якості повітря і покращення енергоефективності приміщення.

Визначимо розрахункові кліматичні параметри для м. Кривий Ріг[7]:

- розрахункова температура зовнішнього повітря на опалення $t_{p.o.} = -17$ °C;
- розрахункова температура зовнішнього повітря за опалювальний період $t_{c.o.} = 0,2$ °C
- розрахункова кількість днів опалювального періоду $n_o = 171$ доба.
- Середня швидкість вітру для західного фасаду. $w_i = 5$ м/с

Теплова завіса відсутня

Масова витрата зовнішнього повітря:

$$G_n = A + (\alpha + K \cdot w) \cdot F \cdot \frac{1}{30}$$

де A і α – витрати повітря, що визначаються залежно від розрахункової температури $t_{p.o.}$ зовнішнього повітря для проектування опалювання, $A=6,7$, $\alpha = 1,3$

K – умовний коефіцієнт: $K=0,25$

w – швидкість вітру в м/с;

F – площа перетину воріт, що відкриваються, м².

$$G_n = 6,7 + (1,3 + 0,25 \cdot 5) \cdot 12 \cdot \frac{1}{30} = 7,72 \frac{\text{кг}}{\text{с}} = 27792 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$$

Визначимо теплову потужність потрібну на нагрівання повітря, що уривається до воріт без завіси:

$$Q = G_n \cdot c_p \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{с.о.}})$$

де $c_p=1,005$ кДж/(кг К) – теплоємність повітря.

$$Q = 7,72 \cdot 1,005 \cdot (18 - 0,2) = 138 \text{ кВт}$$

Розрахуємо втрати тепла за період часу без діючої завіси:

$$Q_{\text{рік}} = G_n \cdot c_p \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{с.о.}}) \cdot n_0 \cdot 24 \cdot k$$

де k – коефіцієнт, що враховує фактичний час відкривання воріт протягом години, $k=0,05$

$$Q_{\text{рік}} = 7,72 \cdot 1,005 \cdot (18 - 0,2) \cdot 171 \cdot 24 \cdot 0,05 = 28339 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Діюча завіса

Витрата повітря, що створюється завісою:

$$G_{\Pi}^3 = q \cdot G_n$$

де $q = 0,35$

$$G_{\Pi}^3 = 0,35 \cdot 7,72 = 2,7 \text{ кг/с}$$

Теплова потужність необхідна для нагріву повітря, що уривається у ворота, з працюючою завісою:

$$Q = G_{\Pi}^3 \cdot c_p \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{с.о.}}) = 2,7 \cdot 1,005 \cdot (18 - 0,2) = 48,3 \text{ кВт}$$

Витрата теплоти за період часу з діючою завісою:

$$Q_{\text{рік}} = G_{\Pi}^3 \cdot c_p \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{с.о.}}) \cdot n_0 \cdot 24 \cdot k$$

$$Q_{\text{рік}} = 2,7 \cdot 1,005 \cdot (18 - 0,2) \cdot 171 \cdot 24 \cdot 0,05 = 9911 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Зниження споживання енергії:

$$\Delta Q = Q_{\text{рік}} - Q_{\text{рік}}^3 = 28339 - 9911 = 18428 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Таким чином, можливе зменшення втрат теплової енергії, що виринає через ворота майже на 60% за рахунок встановлення теплової завіси.

Висновок до розділу

В цьому розділі ми розрахували тепловтрати РМЦ та визначили найбільші місця тепловтрат. Виявили, що дуже багато тепла втрачається через стіни, які зроблені з вапняка, а він має великий коефіцієнт тепловтрат.

Були запропоновані такі заходи: зовнішнє утеплення стін, заміна вікон та встановлення теплової завіси. Перші два заходи у першу чергу дозволили привести показники тепловтрат до діючих норм, а також суттєво зменшити тепловтрати. Теплова завіса дала змогу суттєво зменшити тепловтрати через ворота цеху.

4 СИСТЕМА ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ ОБ'ЄКТУ

4.1 Оцінка відповідності стану існуючої на об'єкті системи енергетичного менеджменту вимогам ДСТУ ISO 50001:2020

ДСТУ ISO 50001:2020 (ISO 50001:2020) є національним стандартом, що базується на міжнародному стандарті ISO 50001:2018 "Системи менеджменту енергії. Вимоги з застосування". Цей стандарт встановлює вимоги до системи менеджменту енергії (СМЕ) та надає організаціям інструменти для ефективного використання та поліпшення енергоефективності. Основна мета ДСТУ ISO 50001:2020 полягає в тому, щоб допомогти організаціям встановити, впровадити, підтримувати та поліпшувати СМЕ. Це допомагає організаціям ефективно керувати енергетичними ресурсами, знижувати витрати на енергію, зменшувати вплив на довкілля та підвищувати конкурентоспроможність.[9]

Впровадження стандарту ISO 50001:2020 в організацію може бути виконано в кілька етапів. Нижче наведено загальну послідовність кроків, які можна виконати для успішного впровадження стандарту:

Створення команди: Утворіть команду, яка буде відповідальна за впровадження стандарту ISO 50001:2020. Ця команда повинна включати представників різних відділів організації і мати відповідні ресурси для виконання завдань.

Оцінка поточного стану: Здійсніть огляд поточного стану управління енергією в організації. Це включає виявлення основних енергопотреб та витрат, ідентифікацію слабких місць і можливостей для поліпшення.

					9119.061 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Чорний В.М.			Загальна частина	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірів		Прокопенко В.В..					76	103
Т. Контр.						НН ІЕЕ, кафедра ЕП		
Н. Контр.		Черкашина Г.І.						
Затвердив								

Встановлення цілей та показників: Визначте конкретні цілі і показники для поліпшення енергоефективності організації. Ці цілі повинні бути вимірювані, моніторингові та реалізовані в рамках системи менеджменту енергії.

Розробка плану дій: Розробіть план дій, який включає конкретні кроки, виконавців, строки і ресурси для впровадження стандарту ISO 50001:2020. Забезпечте, щоб план дій був реалістичним і здійсненним.

Усвідомлення та навчання: Проведіть навчання та освіти співробітників організації щодо принципів та вимог стандарту ISO 50001:2020. Переконайтеся, що всі зацікавлені сторони розуміють свої обов'язки та відповідальність у впровадженні системи менеджменту енергії.

Впровадження та документування: Розпочніть впровадження системи менеджменту енергії відповідно до встановленого плану. Створіть необхідні документи, такі як політика енергоменеджменту, процедури, інструкції та журнали, для контролю та відстеження енергоефективності.

Моніторинг та аудит: Забезпечте систематичний моніторинг енергоефективності та виконання цілей. Виконуйте внутрішні аудити, щоб перевірити відповідність стандарту ISO 50001:2020 та ефективність системи менеджменту енергії.

Постійне поліпшення: Здійснюйте постійне поліпшення системи менеджменту енергії на основі отриманих результатів, аудитів та відгуків зацікавлених сторін. Вносьте виправлення та заходи для підвищення енергоефективності.

Варто враховувати, що впровадження стандарту ISO 50001:2020 може бути складним і вимагати витрат часу та ресурсів. Проте, в результаті успішного впровадження організація може досягти значного зниження витрат на енергію, підвищити свою конкурентоспроможність та сприяти збереженню довкілля.

4.2 Визначення базового рівня споживання електроенергії та показників енергоефективності на рівні всього об'єкту

Базовий рівень енергоспоживання - це рівень енергії, який визначає стандартний, незмінний і прийнятий за відсічний показник для порівняння та оцінки енергоефективності організації.[10] Він відображає пропорцію енергії, яка використовується для певної діяльності, процесу, продукту або обсягу виробництва.

Базовий рівень енергоспоживання визначається шляхом збору і аналізу даних про споживання енергії протягом певного періоду, який служить відліком. Цей період може бути річним, місячним або іншим, в залежності від потреб організації.

Один із поширених підходів до визначення базового рівня енергоспоживання - це визначення середнього рівня споживання енергії протягом певного історичного періоду, наприклад, останніх трьох років. Іншим підходом є визначення нормативного базового рівня, який враховує стандарти та рекомендації для конкретної галузі або виду діяльності.

Знання базового рівня енергоспоживання дозволяє організації встановити цілі щодо покращення енергоефективності. Порівняння фактичного споживання енергії з базовим рівнем дозволяє виявити відхилення та ідентифікувати можливості для зменшення споживання енергії та оптимізації процесів. В результаті організація може прийняти заходи для досягнення своїх цілей щодо енергоефективності та зниження витрат на енергію.[10]

Для розрахунку базового рівня ПЕР розглянемо наступні впливові фактори:

- Споживання електричної енергії, кВт год
- Температура зовнішнього повітря, °C

Обираємо саме ці фактори, через відсутність інформації про кількість вироблених та відремонтованих деталей та частин механізмів. Данні беремо з 1 розділу цього документа таблиці 1.2. Розрахунок базового рівня споживання виконано в MS EXCEL та наведено у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 Розрахунок базового рівня споживання

Місяць	Електрична енергія, кВт год/міс	Температура зовнішнього повітря, t, °C
Січень	76946,29055	-4,3
Лютий	83514,87633	-3,3
Березень	76946,29055	1,6
Квітень	83514,87633	9,6
Травень	74131,18236	15,8
Червень	68500,96598	19,4
Липень	76946,29055	21,5
Серпень	74131,18236	20,7
Вересень	76946,29055	15,5
Жовтень	80699,76814	8,9
Листопад	84453,24573	2,9
Грудень	81638,13754	-2
a=	-0,001264133	
b=	107,7102732	
R2	0,383032761	

4.3 Представлення «Енергетичної політики» підприємства

Енергетична політика АрселорМіттал Кривий Ріг відображає зобов'язання підприємства щодо забезпечення ефективного використання енергії, зниження впливу на навколишнє середовище та забезпечення сталого розвитку. Основні принципи та засади, які визначаються у політиці, наступними:

Забезпечення енергоефективності: АрселорМіттал Кривий Ріг зобов'язується досягати енергоефективного використання ресурсів шляхом

впровадження передових технологій, оптимізації процесів та постійного вдосконалення.

Зниження викидів та екологічний вплив: Підприємство присвячує велику увагу зменшенню викидів шкідливих речовин, раціональному використанню природних ресурсів та покращенню якості повітря та води. АрселорМіттал Кривий Ріг дотримується вимог законодавства та інших відповідних нормативних актів у сфері охорони довкілля.

Розвиток відновлювальної енергетики: Підприємство визнає важливість розвитку відновлювальних джерел енергії. Воно розглядає можливості використання відновлюваних джерел енергії для зменшення залежності від традиційних, невідновлюваних джерел.

Постійне покращення: АрселорМіттал Кривий Ріг встановлює механізми для систематичного моніторингу, оцінки та покращення енергоефективності своїх процесів та систем. Підприємство здійснює постійне навчання та свідоме включення співробітників у зусилля щодо зменшення енергоспоживання та впровадження енергоефективних практик.

4.4 Планування впровадження заходів з енергоефективності, запропонованих в розділах 2 та 3

Запропоновані заходи з енергоефективності можуть бути внесені та затверджені у енергетичній політиці підприємства. Для цього вони будуть надані підрозділу енергетичного менеджменту.

Далі потрібно спланувати бюджет, та закласти в нього запропоновані заходи. Після чого проводять організаційні роботи, узгоджують витрати та терміни робіт. По завершенню робіт підводять підсумки та перевіряють чи досягнуті цілі. У таблиці 4.2 та 4.3 наведемо список запропонованих заходів.

Таблиця 4.2 – Заходи запропоновані в розділі 2.

Найменування заходу	Простий термін	Класифікація за часом	Капіталовкладення, грн	Клас інвестицій	Економія енергії.
---------------------	----------------	-----------------------	------------------------	-----------------	-------------------

					9119.061 ПЗ	Лист
						80
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

	окупнос ті				грн/рік
Заміна ламп ДРЛ на світлодіодні лампи	11 місяців	короткострокова	28780	низький	32191
Заміна люмінесцентних ламп на світлодіодні у малих виробничих приміщеннях	8 місяців	короткострокова	6016	низький	9271
Використання частотно регулюючого приводу у верстатах	12 років та 3 місяці	довгострокова	522276	середній	42520
Заміна підшипників на токарно-фрезерних верстатах	4 місяці	короткострокова	16650	низький	48667

Таблиця 4.3 – Заходи запропоновані в розділі 3.

Найменування заходу	Капіталовкладення, грн	Економія енергії, Гкал/рік	Економія у відсотковому відношенні
Утеплення стін	1758900	400	57%
Заміна вікон в цеху	641600	0,0415	39%
Впровадження теплової завіси з дверми типу «ворота»	-	15,845	60%

Висновок до розділу 4

У цьому розділі ми роздягнули стандарт ДСТУ ISO 50001:2020, та кроки його впровадження. Розглянули, що підприємство активно розвивається у напрямку з енергоефективності та енергозбереження. Був визначений базовий рівень споживання електроенергії ґрунтуючись на споживанні енергії та температурі навколишнього середовища. Також навели планування, щодо запропонованих заходів енергозбереження.

					9119.061 ПЗ	Лист
						82
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

5 ОЦІНКА МОЖЛИВОСТЕЙ ЗАСТОСУВАННЯ ВТОРИННИХ ТА ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ

5.1 Аналіз кліматичних умов міста Кривий Ріг

Кривий Ріг має переважно помірний континентальний клімат з помірними зимами і спекотними літами. Літні місяці характеризуються значною кількістю сонячних годин, що сприяє виробництву сонячної енергії.

Річні показники сумарної сонячної радіації дорівнюють 1,26 кВт/м². Середня тривалість світлового дня 12 годин.

Середньорічна температура повітря становить +8,5°C. Середня температура повітря у липні +22,2°C, у січні - -5,1°C. Середнє число днів з туманами - 61, найчастіше в холодну пору року - 9-12 днів на місяць. Кількість атмосферних опадів 400-450 мм/рік (з максимумом на початку літа), Криворіжжя відноситься до посушливих районів України.

5.2 Встановлення СЕС на даху цеху

Встановлення сонячної електростанції на даху цеху, дозволить зекономити кошти на генерації енергії на ТЕС. Тому проведемо розрахунок станції.

Розрахуємо оптимальний кут нахилу сонячних панелей за формулою:

Кут нахилу = географічна широта[°]·0,76+3,1[°]

$$47^{\circ} \cdot 0,76 + 3,1^{\circ} = 39^{\circ}$$

					9119.061 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Чорний В.М.			Загальна частина	Літ.	Арк.
Перевірив		Прокопенко В.В..					83
Т. Контр.						НН ІЕЕ, кафедра ЕП	
Н. Контр.		Черкашина Г.І.					
Затвердив							
						Аркушів	103

Маючи інформацію о річній кількості сонячної радіації та тривалості світлового дня, розрахуємо середнє значення інсоляції впродовж року, використовуючи формулу:

$$P_{\text{інс}} = \frac{P_{\text{сер}}}{m}$$

Отримаємо:

$$P_{\text{інс}} = \frac{1,26}{12} = 0,105 \frac{\text{кВт}}{\text{м}^2}$$

На сайті «PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM» (EU Science Hub > PVGIS > Interactive tools) [11] за відомими даними проведем калькуляцію середньомісячної кількості енергії, що може надходити на сонячну панель у даному місті та продемонструємо це на рисунку 5.1.

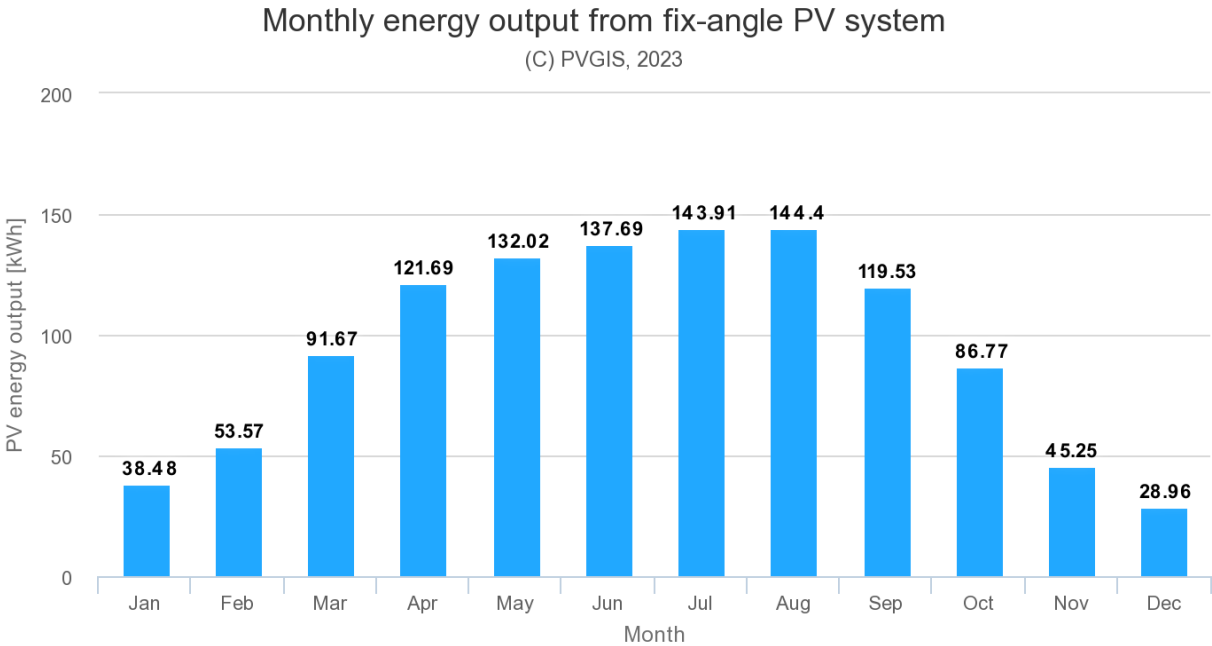


Рисунок 5.1 Середня кількість енергії по місяцям, що буде надходити на сонячну панель.

Для побудови СЕС виберемо сонячну панель Longi Solar LR5-54НІН-415М. Критеріям високої якості та надійності, робочої ефективності,

відповідає сонячний фотомодуль LR5-54НІН-415М, розроблений компанією LONGI Solar. Дана компанія вважається однією з найкращих на ринку сонячної енергетики. І регулярно займає високі позиції в рейтингу Tier1.[12]

Характеристики сонячної панелі Longi Solar LR5-54НІН-415М:

- розмір - 1722x1134x30 мм
- номінальна потужність – 415 Вт
- номінальна напруга – 31,49 В
- тип модуля - монокристал
- ККД фотомодуля – 21,3%
- Ціна однієї панелі – 5681 грн.

Визначимо площу однієї панелі:

$$S = a \cdot b$$

Де а – довжина панелі, м;

b – ширина панелі, м.

$$S = 1,722 \cdot 1,134 = 1,95 \text{ м}^2$$

Визначимо максимальне значення сонячної інсоляції для стандартного габаритного розміру даної сонячної панелі використовую формулу:

$$P = P_{\text{інс}} \cdot S$$

$$P = 105 \cdot 1,95 = 204,75 \text{ Вт}$$

Визначимо кількість панелей, що можуть розміститися на даху будівлі за формулою:

$$N = \frac{B}{b}$$

Де В – довжина даху, м;

b – ширина панелі, м.

$$N = \frac{54}{1,134} = 47,62 = 47 \text{ панелей}$$

Панелі між собою будуть з'єднуватися послідовно та паралельно у конструкції, для забезпечення вихідної напруги на інвертор у 220 В.

Розрахуємо висоту конструкції за формулою:

$$H = L \cdot \sin(\alpha)$$

де L – довжина однієї панелі;

α – кут нахилу панелі.

$$H = 1,722 \cdot \sin(39^\circ) = 1,08 \text{ м}$$

Визначимо відстань між рядами модулів за формулою:

$$D = \frac{L \cdot \sin(180 - (\alpha + \varepsilon))}{\sin \varepsilon}$$

де ε – найнижчий кут сонця опівдні ($18,6^\circ$)

$$D = \frac{1,722 \cdot \sin(180 - (39 - 18,6))}{\sin(18,6)} + 2 = 3,88 \text{ м}$$

де 2м – це простір для руху між рядами.

Розрахуємо номінальну потужність нашої сонячної електростанції:

$$P_{\text{ном}} = N_{\text{заг}} \cdot P_n$$

де $N_{\text{заг}}$ – загальна кількість сонячних панелей, шт;

P_n – номінальна потужність однієї панелі, кВт.

$$P_{\text{ном}} = 47 \cdot 0,415 = 19,5 \text{ кВт}$$

Оберемо інвертор для підключення сонячних панелей. Можна використати інвертор Deye SUN-20K-G04, його номінальна потужність 20 кВт, що дозволить використати 1 інвертор для всіх панелей.

Визначимо генеровану потужність за годину за формулою:

					9119.061 ПЗ	Лист
						86
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$P_{\text{год}} = P_{\text{сес}} \cdot \eta_{\text{пан}} \cdot \eta_{\text{інв}}$$

де $P_{\text{сес}}$ – номінальна потужність СЕС;

$\eta_{\text{пан}}$ – коефіцієнт корисної дії панелі (21,3%);

$\eta_{\text{інв}}$ – коефіцієнт корисної дії інвертора (98,6%).

$$P_{\text{год}} = 19,5 \cdot 0,213 \cdot 0,986 = 4,09 \text{ кВт}$$

Визначимо кількість згенерованої енергії за рік, використовуючи формулу:

$$P_{\text{заг}} = \sum_{i=1}^{12} P_{\text{м}}$$

де $P_{\text{м}}$ – згенерована енергія за місяць.

$$P_{\text{заг}} = 740,35 + \dots + 564,7 = 22306 \text{ кВт}$$

Згідно з вартістю «зеленого» тарифу, оцінимо загальну вартість згенерованої енергії, за формулою:

$$N = P_{\text{заг}} \cdot C$$

де C – вартість електроенергії згідно зеленого тарифу (4,3 грн/кВт·год)

$$N = 22306 \cdot 4,3 = 95915,8 \text{ грн}$$

Розрахуємо загальні витрати на встановлення СЕС за формулою:

$$N_{\text{сес}} = C_{\text{пан}} + C_{\text{інв}} + C_{\text{р}}$$

де $C_{\text{пан}}$ – вартість панелей;

$C_{\text{інв}}$ – вартість інвертора (51950 грн);

$C_{\text{р}}$ – вартість монтажних робіт (приймаємо 25% від вартості панелей + інвертора).

$$N_{\text{сес}} = 47 \cdot 5681 + 51950 + 0,25 \cdot (47 \cdot 5681 + 51950) = 398696 \text{ грн}$$

Розрахуємо простий термін окупності СЕС:

$$T = \frac{398696}{95915,8} = 4,16 = 4 \text{ роки та } 2 \text{ місяці}$$

					9119.061 ПЗ	Лист
						88
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ПІД ЧАС ВСТАНОВЛЕННЯ ЧАСТОТНО РЕГУЛЮЮЧОГО ПРИВОДУ НА ЕЛЕКТРОДВИГУНИ ВЕРСТАТІВ

6.1 Загальна характеристика об'єкта та енергетичного устаткування

Ремонтно-механічний цех виконує ряд завдань, що включають у себе проведення регулярного технічного обслуговування та ремонту механічного обладнання на підприємстві. Він також відповідає за діагностику обладнання з метою виявлення можливих несправностей та вирішення проблем ще до того, як вони перетворяться на серйозні поломки.

Окрім того, ремонтно-механічний цех забезпечує наявність необхідних запчастин для заміни та налагодження. Це важливо для збереження безперебійної роботи обладнання та запобігання можливим аваріям.

На даний час у цеху використовується 11 токарно-фрезерних верстатів і 4 точильно-шліфувальних. При складанні балансу енергоспоживанням, було виявлено, що ці верстати є достатньо навантаженими, тому було запропоновано встановити на них частотно регулюючий привід для зменшення споживання електричної енергії.

Згідно з [1,2] були визначенні категорія по електробезпеці - 2 категорія приміщення з підвищеною небезпекою, та категорія за пожежною безпекою – категорія Д(Негорючі речовини та матеріали в холодному стані. До категорії Д належать механічні майстерні, цехи холодної обробки металу, повітродувні станції, склади металу.)[12]. Показники технічних характеристик електричних установок наведено у таблиці 6.1.

					9119.061 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Чорний В.М.			Загальна частина	Літ.	Арк.
Перевірів		Прокопенко В.В..					89
Т. Контр.						НН ІЕЕ, кафедра ЕП	
Н. Контр.		Черкашина Г.І.					
Затвердив							
						Аркушів	103

Таблиця 6.1 – Показники технічних характеристик ЕУ

Найменування ЕУ	Основні характеристики	Числове значення показника
Електродвигун	Марка електродвигуна	A02-41-4
	Напруга	380 В
	Потужність	1,625 кВт
	Маса	5 кг
	Вид струму	постійний
Електродвигун	Марка електродвигуна	SKM-12
	Напруга	380 В
	Потужність	12 кВт
	Маса	15 кг
	Вид струму	постійний
Електродвигун	Марка електродвигуна	SKF-10
	Напруга	380 В
	Потужність	9,92 кВт
	Маса	12 кг
	Вид струму	постійний
Електродвигун	Марка електродвигуна	SKF-12
	Напруга	380 В
	Потужність	12,4 кВт
	Маса	14 кг
	Вид струму	постійний
Електродвигун	Марка електродвигуна	M1
	Напруга	380 В
	Потужність	22 кВт
	Маса	31 кг
	Вид струму	постійний
Електродвигун	Марка електродвигуна	4A132 M4

	Напруга	380 В
	Потужність	11 кВт
	Маса	11 кг
	Вид струму	постійний
Електродвигун	Марка електродвигуна	1Д
	Напруга	380 В
	Потужність	13 кВт
	Маса	12,3 кг
	Вид струму	постійний
Електродвигун	Марка електродвигуна	A41/4
	Напруга	380В
	Потужність	1,7 кВт
	Маса	2 кг
	Вид струму	постійний
Електродвигун	Марка електродвигуна	АИРВ
	Напруга	380 В
	Потужність	0,75 кВт
	Маса	3 кг
	Вид струму	постійний
Електродвигун	Марка електродвигуна	АИРВ
	Напруга	380 В
	Потужність	10,87 кВт
	Маса	15,6 кг
	Вид струму	постійний

6.2 Визначення обсягів і послідовності робіт у ході модернізації енергетичного об'єкту

Для проведення робіт по модернізації верстатів потрібно допускати тільки кваліфікованих працівників, які мають знання о конструкції верстата,

його електросхеми та має досвід ремонту, монтажу та експлуатації даного устаткування. Повинен знати [1, 12, 13] та посадові обов'язки. Працівник повинен мати мінімум 3 групу з електробезпеки.

Основні характеристики робіт на виконання наведені у таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Послідовність виконання робіт

Вид робіт	Спосіб доставки і розгрузки	Період виконання робіт і тривалість	Кількість працівників	Група з електробезпеки
1	2	3	4	5
Встановлення ЧРП на верстати	Транспорт, механічне розвантаження	Літо, 28 робочих днів	2 особи	Не менш як 3
Програмування ЧРП	-	Літо, 14 робочих днів	1 особа	Не менш як 3

6.3 Визначення та оцінка показників умов праці на робочих місцях

Загальними чинниками умов праці є особливості мікроклімату в приміщенні, конструктивні особливості верстатів.

До локальних чинників умов праці під час демонтажу та монтажу електродвигунів відносяться: напруга, рідина, рухомі елементи.[4,5,6]

Всі показники наведемо у таблицю 6.3.

Таблиця 6.3 – Чинники умов праці

Найменування чинника	Основні характеристики	Числове значення показника	Визначення допустимості або шкідливості показників
1	2	3	4

Параметри мікроклімату	Шум, дБа	75	Допустимі
	Температура повітря, °С	24	
	Вологість, %	50-70	
Важкість праці	Переміщення вантажів	до 10 кг	Допустимі
	Робоче положення	“Стоячи”, “Навколішки”, “Стоячи зігнувшись”	Шкідливі 315-370 ВТ
Напруженість праці	Тривалість зосередженого спостереження	70% робочого час	Допустимі
	Тривалість активних дій	60% робочого часу	
	Змінність	1 зміна, 8 годин	
	Напруженість зору	40% робочого часу	
Режим роботи	Графік роботи 8 годин	Період з 8-00 до 17-00	Допустимі
Напруга	Рівень напруги	380 В	Шкідливі
Рідина	Трансмісійне масло		Шкідливий
Рухомі елементи	З'єднувальна муфта		Шкідливий

6.4 Визначення та оцінка ризиків та нещасних випадків

Всі шкідливі показники, які можуть виникнути при роботі з електродвигунами занесемо до таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 Перелік небезпек та ризиків професійних чинників

Категорія небезпек	Найменування небезпеки	Рівень ймовірності нещасного випадку	Оцінка рівня ризику	Група ризику
Фізичні	Електричного походження	Ймовірний	Катастрофічний	1

	Рухомі елементи валом електродвигуна	Ймовірний	Значний	3
	Вібрації під час налагоджування ЧРП	Ймовірний	Високий	2
Рідини	Трансмісійне масло	Ймовірний	Низький	4

6.5 Вибір технічних та організаційних заходів з безпеки праці

Проаналізувавши потенційні небезпеки, виберемо заходи та засоби для обмеження рівня ризику та небезпеки. Занесемо їх у таблицю 6.5

Таблиця 6.5 Перелік технічних та організаційних заходів

Вид заходу	Найменування заходу	Опис, показники і характеристики
Технічні заходи з електробезпеки		
Ізоляція	ізоляція струмовідних частин	Полихлоропрен R= 104 МОм
Організаційні заходи з електробезпеки		
Категорія робіт щодо заходів безпеки	Роботи без напруги	Наряд – допуск на 10 робочих днів Необхідно зупинити електродвигун, знеструмити верстат та повісити на щиті плакат "Не вмикати! Працюють люди". Перевірити відсутність напруги, встановити заземлення на ввідному кабелі.

6.6 Вибір засобів індивідуального захисту для обмеження впливу небезпечних і шкідливих виробничих чинників

Для роботи з ЕУ, при монтажних роботах та під час ремонтних робіт, працівники повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту для їх безпеки та комфорту. Усі ЗІЗ виготовляються відповідно до вимог, які наведені у Державних стандартах та Технічному регламенті.[7, 8, 9] Повний перелік засобів індивідуального та електрозахисту наведено у таблицях 6.6 та 6.7.

Таблиця 6.6 Засоби індивідуального захисту

Вид індивідуального захисту	Призначення	Марка або маркування. Модель. Матеріал.	Гарантований термін використання	Технічні характеристики
1	2	3	4	5
Захисний одяг	Захист від механічних ушкоджень	Полукомбенізон робочий NEO TOOLS 81-140	1 рік	Демісезонний. Під час монтажних та ремонтних робіт
Захист рук	Захист від механічних ушкоджень	Рукавички, х/б з ПВХ покриттям	5 робочих змін	Під час монтажних робіт
Захист голови	Захист від механічних ушкоджень	Каска захисна, DELTA PLUS ZIRCON, з поліпропілену	2 роки	Під час роботи з ЕУ
Захист очей	Захист від потрапляння масла та стружки в очі	Закриті Окуляри, 3М 2890, полікарбонат	2 роки	Під час робіт з ЕУ

Таблиця 6.7 Перелік електрозахисних засобів

Вид ЕЗЗ	Найменування	Технічні	Призначення і
---------	--------------	----------	---------------

		характеристики	норми випробувань
Електрозахисний засіб індивідуального захисту	Ізолювальний інструмент	Для робіт під напругою до 1 кВ	Підключення ЕУ після монтажу. Періодичні випробування: кожні 12 місяців.
	діелектричні рукавиці		Кожні 6 місяці
	діелектричне взуття		Кожні 12 місяців для ЕН та кожні 36 місяців для ЕВ
	гумові діелектричні килими		Не випробовуються
Захисні пристосування	Захисне переносне заземлення, плакати безпеки	Виконання робіт	0,4 – 10 кВ Не випробовується

6.7 Заходи із запобігання та ліквідації наслідків пожежі і вибухів

Будь-яке підприємство, яке використовує ЕУ повинно бути забезпечене системою протипожежного та вибухозахисту. Відповідно нормам пожежної безпеки для гасіння пожеж малої площі та пожеж в електроустановках на ТП та в цеху.[10, 2] Серед обладнання обираємо заходи і засоби, які наведемо у таблицю 6.8.

Таблиця 6.8 Перелік заходів і засобів з пожежної безпеки

Група заходів	Технічні характеристики	Технічні характеристики
Технічні		
Вуглекислотний вогнегасник ВВК-3,5	Переносний, тривалість дії - 10с, струмені - 3 м	На ТП. В виробничих залах та приміщеннях цеху, в складських та побутових приміщеннях. Строк служби - 10 років. Технічне обслуговування кожен рік.

Ящик з піском	Вага 40 кг	На ТП, в коридорах, при вході в виробничий зал. Гарантійний термін - необмежений.
Пожежна сигналізація	Система сповіщення: світлова та звукова, датчики диму, показчики аварійного виходу.	В кожному приміщенні.
Захисне заземлення	По периметру будівлі	10 вертикальних та 1 горизонтальний заземлювач. Опір - 4,2 Ом.
Організаційні		
План дій з попередження пожеж і вибухів	Вимоги до евакуаційних заходів, планах евакуації, забезпечення дотримання протипожежних вимог, виконання приписів і постанов органів державного пожежного нагляду	Відділ з охорони праці
ЗІЗ		
Захисний одяг	Dickies WD4839, комбінезон	Багаторазового використання. Термін зберігання - 10 років.
Протигаз	ГП-9 з вугільним фільтром	Гарантійний термін - 5 років.

6.8 Розрахунок захисного заземлення електроустановок напругою до 1000 В

Так як під час модернізації верстатів, бригада буде взаємодіяти з електричним двигуном кабелями, розрахуємо захисне заземлення з глухо заземленою нетраллю.

Цей захід безпеки дозволить дізнатися чи співпадає струм короткого замикання з номінальним струмом спрацювання МСЗ.

Вимкнення відбувається під час вигорання плавкої вставки, яка роз'єднує коло під час короткого замикання, за умови:

$$I_{\text{КЗ}} \geq 1,25 \cdot I_{\text{ПЛ.ВСТ}}^{\text{НОМ}}$$

Формула для визначення струму КЗ:

$$I_{\text{КЗ}} = \frac{U_{\text{ф}}}{(r_{\text{ф}} + r_{\text{РЕ}} + \frac{r_{\text{ТР}}}{3})}$$

де $U_{\text{ф}}$ – фазна напруга, В;

$r_{\text{ф}}$, $r_{\text{РЕ}}$, $r_{\text{ТР}}$ – відповідно активний опір фазного, нульового проводів і трансформатора, Ом;

Активний опір нульового проводу знаходиться за формулою:

$$r = \sum_{i=1}^n \frac{(p_i \cdot l_i)}{S_i}$$

де p_i – питомий опір матеріалу проводів (мідь – 0,00175 (Ом·мм²)/м);

l_i – довжина ділянки проводу одного матеріалу та одного перерізу;

S_i – площа поперечного перерізу проводу.

Підставимо значення у формулу:

$$r = \frac{(0,00175 \cdot 2160)}{240} = 0,01575 \text{ Ом}$$

Розрахуємо струм короткого замикання:

$$I_{\text{КЗ}} = \frac{0,38}{0,054 + 0,001575 + \frac{0,02}{3}} = 6,1 \text{ кА}$$

Перевіримо:

$$6,1 > 3 \cdot 0,4$$

Захист спрацює правильно, якщо виникне коротке замикання, так як струм КЗ вищий за номінальний струм запобіжника.

Без повторно заземленого захисного провідника напруга на корпусі ЕУ визначається за формулою:

$$U_k = I_{k3} \cdot Z_3 \leq U_d(t_c)$$

де $U_d(t_c)$ – допустима напруга дотику

Z_3 – повний опір захисного проводу для КЛ $Z_3=r_3$

$$9,61 = 6105 \cdot 0,001575 < 50 \text{ В}$$

Напруга дотику є допустимою.

Висновок до розділу 6

При розробленні плану по підвищенню енергоефективності ремонтно-механічного цеху, одним із запропонованих заходів є встановлення ЧРП на верстати. Тому у цьому розділі ми виявили та проаналізували можливі шкідливі чинники, такі як: ураження електричним струмом, механічні ушкодження від рухомих елементів, ураження мастилами та вплив вібрацій під час налагоджування верстату.

Встановили, що для запобігання цим ймовірним небезпекам потрібно:

- Провести інструктаж бригади
- Забезпечити працівників засобами захисту та правильним обладнанням.
- Застосувати попереджуючі таблички, заблокувати рухомі частини верстатів та встановити заземлення.

Також перевірили за допомогою розрахунку захисне заземлення та потужність плавких запобіжників. Усі розрахунки показали, що всі елементи відповідають нормам.

ВИСНОВОК

У ході виконання дипломного проєкту був досліджено та проаналізовано ремонтно-механічний цех ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Аналіз дав інформацію, що цех є достатньо старим та не відповідає сучасним нормам та вимогам.

Був розроблений план заходів по зниженню рівня споживання електричної енергії, та заходи для того, щоб цех почав відповідати нормам з тепловтрат. Цех використовує багато верстатів, тому було запропоновано у першу чергу знизити їх споживання електричної енергії, а також додатково замінити лампи освітлення на більш ефективні, так як цех працює у 3 зміни та багато використовує освітлення.

Оцінивши систему енергетичного менеджменту та минулих заходів на підприємстві по покращенню ефективності споживання ПЕР, стає зрозумілим, що компанія активно розвивається у цьому напрямі, але не у самому об'єкті дослідження. Тому був розроблений план дій по впровадженню заходів з збереження паливно-енергетичних ресурсів та представлена політика підприємства.

Також був запропонована можливість встановлення СЕС на даху цеха, м. Кривий Ріг є достатньо сухим та сонячним з кліматичної сторони. Тому термін окупності у 4 роки використовуючи сонячні панелі і продаж енергії за «зеленим тарифом» є більш чим виправданим.

					9119.061 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Чорний В.М.			Загальна частина	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірів		Прокопенко В.В..					100	103
Т. Контр.						НН ІЕЕ, кафедра ЕП		
Н. Контр.		Черкашина Г.І.						
Затвердив								

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Системи електропостачання [Електронний ресурс] : довідкові дані (таблиці) до викон. практ. занять, контр. і самост. робіт, курсового проекту з дисципліни для студ. напрямів підготов. 6.050701 «Електротехніка та електротехнології» та 6.05060 «Теплоенергетика» за спеціальністю «Енергетичний менеджмент» / Нац. техн. ун-т України «Київський політехнічний інститут» ; уклад. : В.А. Попов, В.В. Ткаченко, О.С. Ярмолук. – К. : Вид-во НТУУ «КПІ», 2014. – 17 с: [посилання]: <https://ep.kpi.ua/files/Metod/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D1%87%D0%BA%D0%B8%20%D0%A1%D0%95%D0%9F/%D0%94%D0%BE%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D1%96%20%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D1%96%20%D0%9E%D0%9D,%20%D0%9E%D0%A2.pdf>

2. Кабель силовий з ПВХ ізоляцією для напруги до 6 кВ: [посилання]: <https://odeskabel.com/ru/products/kabeli-silovye/kabeli-silovye-s-pvkh-izolyatsiej-do-0-66-6-kv/kabel-silovoj-mednyj-bronirovannyj-s-polivinilkhloridnoj-izolyatsiej-i-obolochkoj-vbbshv-na-napryazhenie-6-kv.html>

3. Кабель ВВГ 4х240: [посилання]: [https://k-ps.ru/spravochnik/kabeli-silovye/s-pvx-izolyacziej-\(0,66;-1kv\)/vvg/kabel-vvg-4h240/](https://k-ps.ru/spravochnik/kabeli-silovye/s-pvx-izolyacziej-(0,66;-1kv)/vvg/kabel-vvg-4h240/)

4. Правила улаштування електроустановок [Текст]: вид.3-є, перероб. І доп. Офіц. Вид. Київ : Міненерговугілля України, 2018. 736 с.

5. Методичні вказівки щодо організації самостійної роботи студентів спеціальності "Монтаж і експлуатація електроустаткування підприємств і цивільних споруд". Чернігівський промислово-економічний коледж. Т.В. Ліх, В.В. Олійник. 2017. 197 с.

6. Підготовка бакалаврських кваліфікаційних робіт. Організація, вимоги до структури, змісту та оформлення [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та

електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Дерев'янка Д.Г., Бориченко О.В., М.М. Шовкалюк – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 63 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/52305>

7. Дослідження енергоефективності приміщень: [посилання]: <https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/53129/1/Enerhoeffektyvnist.pdf>

8. ДБН В.2.6-31-2021 - Теплова ізоляція будівель: [посилання]: https://elearn.nubip.edu.ua/pluginfile.php/824502/mod_resource/content/2/dbn-v.2.6-31-2021.pdf

9. Енергоефективність та енергетична сертифікація будівель: Практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: М.М. Шовкалюк – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 81 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/53129>

10. ДСТУ 9191:2022 Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. 2022 – 63 с.

11. Будівельна кліматологія : ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 – [Чинний від 2011- 11-01]. Мінрегіонбуд України. К. : Укрархбудінформ, 2011. 123 с. (Національний стандарт України)

12. Правила улаштування електроустановок [Текст]: вид.3-є, перероб. І доп. Офіц. Вид. Київ : Міненерговугілля України, 2018. 736 с

13. НАПБ А.01001-2004. Правила пожежної безпеки в Україні. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2004. 45 с.

14. НПАОП 0.00-4.12-05. Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці: наказ від 26.01.2005. Вид. офіц. Київ: Держнагляд охорони праці, 2005. 15с

15. ГН 3.3.5-8-6.6.1-2014. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та

напруженості трудового процесу: наказ від 08.04.2014.м. N 248. Вид. офіц. Київ: Держнаглядохоронпраці, 2014. 85 с

16. ДСН 3.3.6.037-99. Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Вид. офіц. Київ: Держнаглядохоронпраці, 1999. 15 с.

17. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. Вид. офіц. Київ: Держнаглядохоронпраці, 1999. 35 с

18. ДСТУ 7239:2011. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 2011. 6 с

19. ДСТУ ISO 13688:2001. Одяг захисний. Загальні вимоги. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 2002. 6 с

20. НПАОП 0.00-3.09-052004-11-01. Норми безплатної видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту для працівників підприємств електроенергетичної галузі). Вид. офіц. Київ: Держнаглядохоронпраці, 2001. 25 с.

21. ДБН В.2.5-56:2010. Державні будівельні норми. Системи протипожежного захисту. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2010. 34 с.

22. Навчально-методичний посібник "Рекомендації до диплому" (2020)
URL:
https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/41875/1/NavchPosib_Recomendatsii-do-dyplomu_2020.pdf

23. Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів (ДНАОП 0.00-1.21-98) N 4 від 09.01.98. 87 с.

24. Про затвердження Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів. Від 25.07.2006 № 258. 82 с.