

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**  
**«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ**  
**імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**  
**Інститут енергозбереження та енергоменеджменту**  
**Кафедра електропостачання**

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ В.А. Попов

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.

**Дипломний проект**

**на здобуття ступеня бакалавра**

Спеціальності: 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Спеціалізації: Енергетичний менеджмент та енергоефективність

**на тему: Розроблення плану підвищення рівня енергоефективності**  
**заводу з виробництва залізобетонних конструкцій**

Виконав (-ла):

студент (-ка) IV курсу, групи ОН-з71-2

*Тараненко М.О*

\_\_\_\_\_

Керівник:

*к.т.н., доц. Прокопенко В.В.*

\_\_\_\_\_

**Консультанти:**

Теплова частина

(назва розділу )

к.т.н., доц. Виноградов-Салтиков В.О.

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Охорона праці

(назва розділу )

д-р техн.н, проф. Третьякова Л.Д

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Нормоконтроль

(назва розділу )

асист. Прокопенко І.Д.

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному  
проекті немає запозичень з праць інших  
авторів без відповідних посилань.

Студент (-ка) \_\_\_\_\_

Київ – 2021 року

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**  
**Інститут енергозбереження та енергоменеджменту**  
**Кафедра електропостачання**

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

зі спеціальності: 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
спеціалізації: Енергетичний менеджмент та енергоефективність

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ В.А. Попов

«\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.

**ЗАВДАННЯ**

**на дипломний проект студенту**

**Тараненко Михайло Олександрович**

1. Тема проекту «Розроблення проекту підвищення рівня енергоефективності заводу по виробництву залізобетонних конструкцій»,

керівник проекту к.т.н., доц. Прокопенко В.В., затверджені наказом по університету від «26» травня 2021 р. №1351-с

2. Термін здачі студентом закінченого проекту “11” червня 2020 р.

3. Вихідні дані до проекту річне споживання електроенергії - 5632,588 тис. кВт·год, річне споживання природного газу - 600 куб.м.,

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

а) електрична частина: - 1. Попередня оцінка ефективності використання енергоресурсів та можливого потенціалу енергозбереження, 2. Споживачі електричної енергії, 3. Аналіз електропостачальної системи, 4. Детальний енергетичний аудит, 5. Додаткові вимірювання при проведенні енергоаудит, 6. Оцінка існуючого рівня енергоефективності, 7. Визначення напрямків та заходів підвищення енергоефективності.

б) теплова частина: - 1. Опис системи тепlopостачання, 2. Споживання теплової енергії, 3. Опис системи водопостачання, 4. Розрахунок втрат через огороджуючі конструкції, 5. Розрахунок заходів з енергозбереження.

в) охорона праці: - 1. Загальний опис, 2. Основні проектні вимоги до встановлення котельного обладнання, 3. Аналіз шкідливих та небезпечних, 4. Заходи з охорони праці при виконанні монтажних робіт, 5. Заходи безпеки

при експлуатації даного обладнання, 6 Правила поведінки при виявленні пожежі на підприємстві.

## 5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_
4. \_\_\_\_\_

## 6. Консультанти:

---

Теплова частина к.т.н., доц. Виноградов-Салтиков В.О.

Охорона праці д-р техн.н, проф. Третькова Л.Д

Нормоконтроль асист. Прокопенко І.Д

7. Дата видачі завдання “18” травня 2021 р.

---

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН-ГРАФІК**  
**виконання дипломного проекту**  
студентом Тараненком Михайлом Олександровичем  
(прізвище, ініціали)

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту	Позначки керівника про виконання завдань
	Розрахунок електричної частини	20.05-05.06.21	
	Розрахунок теплової частини	25.05-08.06.21	
	Нормативне оформлення дипломного проекту	08.06-12.06.21	
	Підготовка графічного матеріалу	10.06.-14.06.21	
	Захист дисертації	16.06.21	

Студент  
Керівник проекту

Тараненко М.О.  
В.В.Прокопено

## РЕФЕРАТ

Дипломний проект на тему: "Розроблення проекту підвищення рівня енергоефективності заводу по виробництву залізобетонних конструкцій» складається з 93 сторінок тексту, має 11 ілюстрацій, 20 таблиць і 4 робочих креслень.

Об'єктом дослідження є цех №1 заводу залізобетонних конструкцій. Загальна характеристика об'єкту наведена в першому розділі дипломного проектування. Проведено детальний аналіз систем теплопостачання та електропостачання даного об'єкту. Обрано найбільш доцільні з точки зору енергоменеджменту заходи для ефективнішого використання енергетичних ресурсів на підприємстві. Проаналізовано доцільність впровадження даних заходів. Також, було розглянуто можливість впровадження на підприємстві альтернативних джерел енергії.

Також, в дипломному проекті розкриті питання енергоменеджменту та охорони праці.

Дипломний проект носить практичний характер і його результати можуть бути використанні для впровадження на даному об'єкті.

## **ABSTRACT**

Diploma project on a theme: "Increasing of energy-efficiency level of the plant that specialized on production of reinforce-concrete constructions" consists of 93 pages, has 11 illustration, 20 table and 4 working drafts.

The object of research is the workshop №1 of the plant that specialized on production of reinforce-concrete constructions. General description of object is given in the first part of the diploma. In the next parts of diploma detailed analysis of the systems of heat- and power-supply of this object was made. The most expedient measures for more effective use of power resources are selected from the energy management point of view. Expediency of introduction of these measures is analyzed. Also, possibility of introduction of the alternative energy sources was considered on the plant.

Also, there are the exposed questions of energy management and labour protection in a diploma project.

A diploma project carries practical character and his results can be the use for introduction on this object.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	8
1. ЗАГАЛЬНИЙ ОПИС ОБ'ЄКТУ .....	10
2. АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ.....	14
2.1 Попередня оцінка ефективності використання енергоресурсів та можливого потенціалу енергозбереження.....	14
2.2 Споживачі електричної енергії. Енергоефективність системи освітлення .....	15
2.2.1 Перелік споживачів електричної енергії .....	15
2.2.2 Аналіз енергетичної ефективності системи освітлення .....	17
2.3 Аналіз електропостачальної системи.....	21
2.3.1 Визначення розрахункових навантажень цеху .....	21
2.3.2 Визначення перерізу кабельних ліній.....	23
2.3.3 Перевірка можливості використання на підстанції трансформатора заданої потужності з врахуванням компенсації реактивної потужності ..	26
2.3.4 Розрахунок струмів короткого замикання .....	28
2.3.5 Вибір високовольтної апаратури.....	31
2.4 Детальний енергетичний аудит .....	34
2.4.1 Короткий опис технологічного процесу у цеху фасонного лиття....	34
2.4.2 Побудова балансу споживання електричної енергії .....	36
2.5 Додаткові вимірювання при проведенні енергоаудиту .....	43
2.6 Оцінка існуючого рівня енергоефективності.....	44
2.7 Визначення напрямків та заходів підвищення енергоефективності .....	45
2.7.1 Заміна ламп ДРЛ на світлодіодні лампи .....	45
2.7.2 Обмеження неробочого ходу верстатів та машини дробоструменевого очищення .....	49
2.7.3 Заміна електровентилляторів старого типу на нові з високим ККД ..	50
2.7.4 Заміна ИТПЭ-0,5/0,35 ТГ1 на ИТПЭ-0,5/0,35 ТГ2 .....	52
Висновки до розділу .....	53
3. АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ.....	55

					НТУУ 001.1351.03 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.1	Опис системи теплопостачання.....	55
3.2	Споживання теплової енергії.....	55
3.3	Опис системи водопостачання .....	57
3.4	Розрахунок втрат через огорожуючі конструкції.....	59
3.5	Розрахунок заходів з енергозбереження.....	64
3.5.1	Утеплення стіни за радіаторами опалення .....	64
3.5.2	Заміна вікон .....	66
3.5.3	Проведення тепловізійної діагностики огорожувальних конструкцій та системи опалення .....	67
	Висновки до розділу .....	68
4.	СИСТЕМА ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ ОБ'ЄКТУ .....	70
	Висновки до розділу .....	76
5.	ОЦІНКА МОЖЛИВОСТЕЙ ЗАСТОСУВАННЯ ВТОРИННИХ ТА ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ.....	78
	Висновки до розділу .....	83
РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ПІД ЧАС МОНТАЖУ І ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТВЕРДОПАЛИВНОГО КОТЛА .....		84
6.1	Загальний опис .....	84
6.2	Основні проектні вимоги до встановлення котельного обладнання .....	84
6.3	Аналіз шкідливих та небезпечних факторів .....	85
6.4	Заходи з охорони праці при виконанні монтажних робіт.....	86
6.5	Заходи безпеки при експлуатації даного обладнання.....	88
6.6	Правила поведінки при виявленні пожежі на підприємстві.....	89
	Висновки до розділу .....	90
	ВИСНОВКИ.....	91
	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	92

					НТУУ 001.1351.03 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

Енергоаудит – це енергетичне обстеження об’єктів з метою встановлення ефективності використання енергетичних ресурсів і вироблення економічно обґрунтованих заходів щодо зниження витрат на енергозбереження для підприємства або групи споживачів, технологічного процесу або обладнання і дозволяє зробити кількісні оцінки заощадження енергоресурсів і фінансових витрат, а також надання допомоги підприємству в здійсненні заходів, що забезпечують практичну економію енергоресурсів. В результаті обстежень визначається реальний стан енергогосподарства об’єкту, енергетичні баланси, оцінюють джерела втрат енергії, визначаються напрямки зниження енергетичних витрат і оплати за енергоресурси. Обов’язковим підсумком енергетичного обстеження є видача рекомендацій щодо оптимізації технологій виробництва та споживання енергоресурсів.

Незважаючи на наявність стандартних методів, енергетичний аудит можна проводити по-різному. Перше, що повинне турбувати будь-якого керівника, це чи знає він реальну картину розподілу енергоресурсів всередині виробничої території. Ступінь достовірності внутрішнього обліку розподілу енергоресурсів, трудомісткість і тривалість робіт зі складання балансів, а також програму приладових вимірів. У результаті енергетичного обстеження складається «Звіт про енергетичне обстеження», розробляється енергетичний паспорт, в якому даються характеристики підприємства, вказуються всі нереалізовані резерви економічності, виявленні в процесі аудиту, а також даються рекомендації щодо подальшої діяльності споживачі енергоресурсів в напрямку енергозбереження на виробництві, а також поліпшення ефективності роботи. Енергоаудит дає змогу споживачу більш конкретно зрозуміти основні проблеми в споживанні ресурсів, з подальшим їх вирішенням, а також дозволяє направити вилученні кошти від енергозбереження у ефективніше виробництво.

Даний дипломний проект включає в себе основи енергоаудиту, який спрямований на вирішення наступних завдань:

					НТУУ 01.1351.03 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1. Оцінка фактичного стану енерговикористання на підприємстві;
2. Виявлення основних проблем пов'язаних з нераціональним використання енергетичних ресурсів на виробництві;
3. Розробка плану заходів, спрямованих на зниження втрат паливно-енергетичних ресурсів;
4. Виявлення та оцінка резервів економії палива та енергії;
5. Виявлення раціональних розмірів енергоспоживання у виробничих процесах та установках.

					НТУУ 01.1351.03 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1. ЗАГАЛЬНИЙ ОПИС ОБ'ЄКТУ

Товариство з додатковою відповідальністю «Хмельницькзалізобетон» є одним з провідних підприємств міста Хмельницького із забезпечення будівельною продукцією більшість виробництв та будівельних майданчиків міста та області. Підприємство постачає будівельним організаціям різноманітну продукцію, в тому числі панелі зовнішніх та внутрішніх стін будівель, плити перекриття, стояки залізобетонні, палі забивні, перемички залізобетонні, балки, а також вироби з дерева. Річний випуск продукції по трьох цехах склав:

Цех №1:

- збірний залізобетон - 88 тис.м<sup>3</sup>
- блоки СП - 4,2 тис.м<sup>3</sup>
- борт, поребрик - 1 тис.м<sup>3</sup>
- бруківка - 3,7 тис.м<sup>2</sup>
- товарний бетон - 90 тис.м<sup>3</sup>

Цех №2:

- збірний залізобетон - 69 тис.м<sup>3</sup>
- блоки СП - 12 тис.м<sup>3</sup>
- товарний розчин - 55 тис.м<sup>2</sup>
- товарний бетон - 33 тис.м<sup>3</sup>

Цех №3:

- столярні вироби - 3 тис.м<sup>2</sup>
- пиломатеріали - 4 тис.м<sup>3</sup>
- струганий погонаж - 600 тис.м/п

Річний випуск продукції в 2020 році складав 355,9 тис.м<sup>3</sup> залізобетонних виробів. Кількість працюючих 640 чоловіки, з них 80 - інженерно-технічні працівники.

					НТУУ 01.1351.03 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Тараненко М.О.			Загальний опис об'єкту		Літ.	Арк.
Перевір.		Прокопенко В.В.						
Реценз.								
Н. Контр.		Прокопенко І.Д.					ІЕЕ, гр. ОН-з71	
Затверд.								

Технологічне обладнання підприємства є достатньо енергоємним. За 2020 рік спожито 5632,588 тис. кВт·год електроенергії, спалено 600 куб.м природного газу.

Відомо, що для підприємств цієї галузі досить велику частину від загальної вартості виробів може складати вартість електричної енергії, яка була витрачена на їх вироблення, тому проблема підвищення рівня ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів на виробництві є дуже актуальною.

Головною метою даної дипломної роботи проведення енергетичного аудиту підприємства, який необхідний для подальшого підвищення ефективності використання енергоносіїв, скорочення рівня невиробничих втрат, створення сприятливих умов для запровадження альтернативних джерел енергії, що в подальшому вплине на скорочення видатків на споживання паливно-енергетичних ресурсів заводом та зниження рівня забруднення навколишнього середовища.

Основним шляхами вирішення проблем пов'язаних з енергоефективністю є:

- впровадження новітніх технологій, спрямованих на підвищення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів;
- усунення або зменшення впливу основних факторів, які спричиняють високий рівень енергоємності та ускладнюють здійснення енергозберігаючих заходів;
- контроль за споживання енергетичних ресурсів.

Ефективними підприємствами слід вважати такі, де отримують залізобетонні вироби належної якості при мінімальних витратах матеріальних та енергетичних ресурсів. Вибір раціональних режимів виготовлення залізобетонних виробів має ґрунтуватися на повному узгодженні багатьох технологічних та енергетичних чинників.

					НТУУ 01.1351.03 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Норми витрат енергоресурсів розроблені на підставі звітно-статистичних даних і погоджені із спеціалістами заводу.

Для того щоб проводити подальший аналіз та оцінити можливий потенціал енергозбереження на даному об'єкті потрібно зрозуміти наскільки ефективно завод працює на даний момент. Саме для цього необхідно дізнатися фактичні.

питомі витрати кожного з паливно-енергетичних ресурсів, що використовуються.

На підставі загальних даних про цех залізобетонних конструкцій визначимо фактичні питомі витрати кожного з паливно-енергетичних ресурсів, що споживаються. Протягом року в цеху виробляється 186,9 тис. м<sup>3</sup> залізобетонних конструкцій, при цьому на його виробництво витрачається 294,9 тис. м<sup>3</sup> природнього газу та 1431573 кВт·год електричної енергії. Тому питома норма витрати електроенергії та природнього газу на виробництво 1 тони готової продукції становить:

$$d_{\text{ел}} = 7,65 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{т}}$$

$$d_{\text{газ}} = 1,57 \frac{\text{м}^3}{\text{т}}$$

Однак для подальшого аналізу необхідно знати середні значення споживання енергоносіїв на одиниці виробленої продукції. Такі дані дають змогу реально оцінити ситуацію яка виникла на конкретному об'єкті. Для галузі виробництва залізобетонних конструкцій дані показники мають наступний вигляд:

$$d_{\text{ел}} = 7,2 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{т}}$$

$$d_{\text{газ}} = 1,4 \frac{\text{м}^3}{\text{т}}$$

Порівняємо фактичні питомі витрати палива та енергії з їх нормованими значеннями :

					НТУУ 01.1351.03 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta d_{\text{ел}} = d_{\text{іс.ел}} - d_{\text{норм.ел}} = 7,65 - 7,2 = 0,45 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{т}}$$

$$\Delta d_{\text{газ}} = d_{\text{іс.газ}} - d_{\text{норм.газ}} = 1,57 - 1,4 = 0,17 \frac{\text{м}^3}{\text{т}}$$

Тобто, проаналізувавши дані, можна дійти до висновку, що в цеху відбувається перевитрата енергоносіїв на виробництво готової продукції. Так перевитрата електричної енергії становить 6,25%, а перевитрата природного газу майже 12,1%. Це означає що на підприємстві мають місце впровадження енергозберігаючих технологій, що знизить витрату енергоносіїв, та приведе до поліпшення показників питомої витрати енергоносіїв на виробництво одиниці продукції.

Розрахуємо економію в грошовому еквіваленті за умови приведення питомих витрат електроенергії та природного газу до нормативного рівня:

$$E = \Delta d \cdot b$$

де  $b$  – тариф на електроенергію,  $b = 2,8$  грн/кВт · год, та на природній газ 7,20 грн/м<sup>3</sup>.

Підставивши значення в формулу отримаємо:

$$E = 0,45 \cdot 2,8 = 1,26 \text{ грн/т}$$

$$E = 0,17 \cdot 7,20 = 1,22 \text{ грн/т}$$

Враховуючи потужності виробництва приведення питомих витрат до їх норми може зекономити виробництву:

$$E = 1,26 \cdot 186900 = 235494 \text{ грн/рік}$$

$$E = 1,22 \cdot 186900 = 228018 \text{ грн/рік}$$

Тобто проаналізувавши дану економію, можна дійти до висновку, що ефективне використання енергетичного потенціалу підприємства може значено скоротити видатки на паливно-енергетичні ресурси. Як бачимо необхідно приділити особливу увагу використанню як електричної енергії, так і використання в технологічному процесі природного газу.

					НТУУ 01.1351.03 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2. АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ

### 2.1 Попередня оцінка ефективності використання енергоресурсів та можливого потенціалу енергозбереження

У цьому підпункті зробимо оцінку рівня ефективності використання всіх видів енергетичних ресурсів, визначимо енергоресурси, ефективності використання яких потрібно приділити увагу у першу чергу та зробимо оцінку можливого потенціалу енергозбереження для кожного з визначених енергоресурсів.

На підставі загальних даних про цех фасонного лиття визначимо фактичні питомі витрати кожного з паливно-енергетичних ресурсів, що споживаються.

Фактична питома витрата електроенергії на виробництво відливок фасонного лиття дорівнює:

$$d = 2231 \text{ (кВт} \cdot \text{год)}/\text{т}$$

Згідно [1]:

$$d_n = 2120 \text{ (кВт} \cdot \text{год)}/\text{т}$$

Порівняємо фактичні питомі витрати палива та енергії з їх нормованими значеннями

$$\Delta d = 2231 - 2120 = 111 \text{ (кВт} \cdot \text{год)}/\text{т}$$

Тобто перевитрата складає 5,2 %.

У нашому випадку це електрична енергія, оскільки вона єдиний енергоресурс, потрібний для виробництва у цеху фасонного лиття. Різниця між нормами, задекларованими в документах і цеховими нормами різняться (5,2 %), рівень енергоефективності можна зазначити як добрий

У нашому випадку це електрична енергія, оскільки вона єдиний енергоресурс, потрібний для виробництва у цеху фасонного лиття.

					НТУУ 01.1351.01 ПЗ							
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб.		Тараненко М.О.			Аналіз та розрахунок системи електропостачання			Літ.		Арк.	Акрушів	
Перевір.		Прокопенко В.В										
Н. Контр.		Прокопенко І.Д										
Затверд.												

Розрахуємо економію в грошовому еквіваленті за умови приведення питомих витрат електроенергії до нормативного рівня:

$$E = \Delta d \cdot b$$

де  $b$  – тариф на електроенергію,  $b = 2,8$  грн/(кВт · год)

Підставивши значення в формулу отримаємо:

$$E = 111 \cdot 1,29 = 310,8 \text{ грн/т}$$

## 2.2 Споживачі електричної енергії. Енергоефективність системи освітлення

### 2.2.1 Перелік споживачів електричної енергії

Електропостачання споживачів заводу здійснюється від ПС 110/10 кВ. Сумарне навантаження по заводу складає 7677 кВт, в т.ч. субабоненти 677 кВт. Електропостачання споживачів цеху фасонного лиття здійснюється від ТП 10/0,4 кВ з тр-рами ТМ-1000/10/0,4.

У цьому пункті розглянемо цех точного фасонного лиття. Обладнання, яке працює у цьому цеху, можна розділити на дві частини: технологічне обладнання та допоміжне обладнання. Обладнання для обслуговування технології налічує 24 найменувань, допоміжне обладнання – 12. Найпотужніший споживач – індуктивна тигельна піч, потужність якої складає 350 кВт. Обладнання, потужність якого перевищує 10 кВт: підвспінювач, електротепловентилятор, стерилізатор паровий, камера сушильна, насос оборототний водопостачання, насос вакуумний водокільцевий, охолоджувач, витяжна вентиляція вібросита, зварювальний апарат, пристрій каталітичного допалювання.

Також є велика кількість обладнання, потужність якого менша за 10 кВт, це верстати, деякі насоси, конвеєри, витяжні вентиляції та ін.

Споживачі під'єднані до чотирьох силових пунктів по технологічному принципу. Тигельні печі з допоміжним обладнанням належать до СП1(СП2). Допоміжне цехове обладнання – до СП3(СП4).

Характеристики енергоспоживаючого обладнання надані у таблиці 2.2.1

					НТУУ 01.1351.03 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.2.1 - Характеристики енергоспоживаючого обладнання

№	Найменування	Встановлена	Кількість	Загальна	Коефіцієнт	Тривалість роботи за рік, год
п/п	енергоспожив.	потужність	одиниць	встановлена	використання	
	обладнання	одиниці	обладн.	потужність	встановленої	
		обладнання,		обладнання,	потужності	
		кВт	шт.	кВт		
Цех точного фасонного лиття						
Технологічне обладнання						
1	Піч індукційна тигельна	350	2	700	0,6	5556
2	Заливочний пристрій №1, №2	1,5	4	6	0,6	464
3	Підвспінювач	17,5	2	35	0,8	1852
	Стерилізатор паровий №1,2,3,4	14	8	112	0,8	4630
4	Електротепловентилятор	30	4	120	0,4	2778
5	Мішалка фарби	1,1	2	2,2	0,8	1852
6	Камера сушильна №1,2	20,3	4	81,2	0,75	3472,5
7	Нас оборот водопостач №1	18,5	2	37	0,5	5556
8	Насос вакуумний водокільцевий	30	4	120	0,6	928
9	Машина дробоструменевого очищення	14	2	28	0,6	2080
10	Верстат спец. обдирно- шліфував.	4	4	16	0,12	2080
11	насос прямку №1	1,1	2	2,2	0,5	220
12	насос прямку №2	0,55	2	1,1	0,5	220
13	Вібростіл	1,1	4	4,4	0,6	464
14	Кантувач	5,5	2	11	0,6	928

					НТУУ 01.1351.03 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Продовження таблиці 2.2.1.

15	Сито вібраційне	2,2	2	8,8	0,6	928
16	Елеватор	5,5	2	11	0,5	800
17	Охолоджувач	30	2	60	0,6	928
18	Рольганг	2,2	24	52,8	0,6	928
19	Конвеєр гвіштомий	4	2	8	0,6	928
20	Конвеєр шнековий	5	2	10	0,6	928
21	Візок трансбордер.	3,7	4	14,8	0,6	464
22	Верстак збирання модельн блоків	1,8	4	7,2	0,9	4630
Допоміжне обладнання						
23	Кран-балка Q-3,2т №14	4	2	8	0,6	1389
25	Припливна вентиляція ПУ-1	7,5	2	15	0,4	5556
27	Витяжна вентиляція В-20. В-21	4	4	16	0,4	5556
28	Витяжна вентиляція вібростата	45	2	90	0,4	928
29	Вентилятор	30	2	60	0,4	928
30	Зварювальний апарат	20	2	40	0,35	365
31	Пристрій каталітичного допалювання	100	2	200	0,8	700

## 2.2.2 Аналіз енергетичної ефективності системи освітлення

Розглянемо систему освітлення цеху точного фасонного лиття.

Габаритні розміри цеху:

- висота  $H=12$  м
- довжина  $A=55$  м
- ширина  $B=12$  м

Приміщення чисте і сухе. Пил відсутній.

Для даного приміщення маємо:

- мінімальне освітлення  $E_{min}=200$  лк
- коефіцієнт відображення від стелі  $\rho_n = 0,7$
- коефіцієнт відображення від стін  $\rho_c = 0,5$

					НТУУ 01.1351.03 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- коефіцієнт відображення від розрахункової поверхні  $\rho_{pn} = 0,1$

У приміщенні передбачено штучне освітлення, встановлені світильники РСП 08 з лампами типу ДРЛ-400, кількість 33 шт (3 ряди по 11 ламп).

Лампи типу ДРЛ-400 мають такі параметри:

- напруга лампи  $U_{\lambda} = 120 \text{ В}$ ;
- потужність  $P = 400 \text{ Вт}$ ;
- середня тривалість горіння  $T = 10000 \text{ год}$ ;
- світловий потік однієї лампи  $\Phi_{\lambda} = 24000 \text{ лм}$ ;

Розрахунок будемо вести точковим методом за допомогою кривих сили світла.

$$h_p = H - 1$$

де  $h_p$  – висота підвісу світильника.

$$h = 12 - 1 = 11 \text{ м}$$

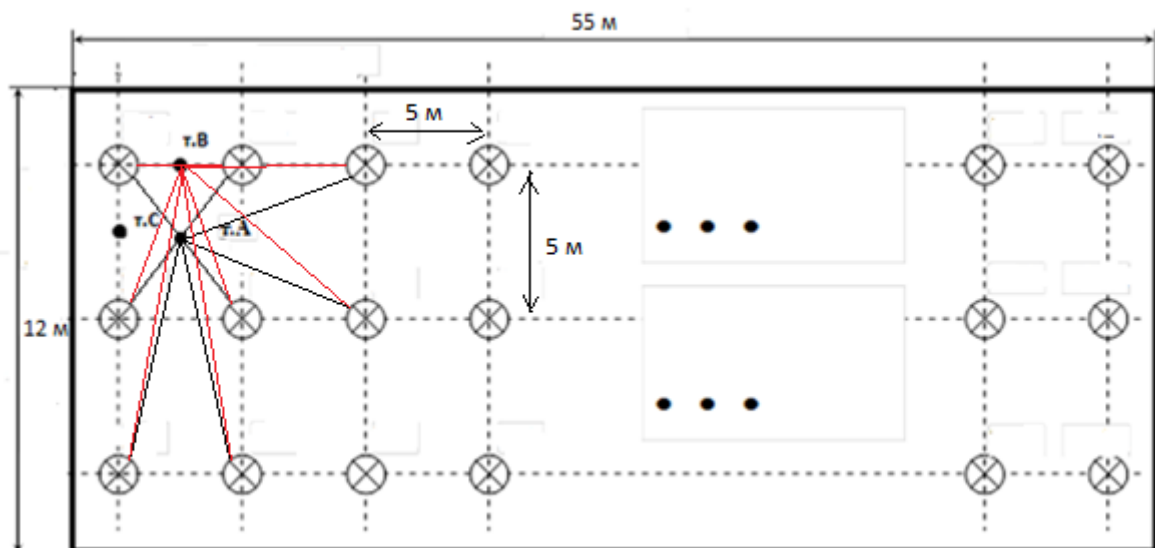


Рисунок 2.2.2 - План розміщення світильників у цеху

Розрахунок освітленості від окремого світильника

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

де  $I_{\alpha}$  – сила світла по кривій під кутом  $\alpha$  ;

$\alpha$  – кут падіння світла на робочу поверхню ;

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

$$c = \frac{\Phi_{cv}}{1000}$$

					НТУУ 01.1351.03 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

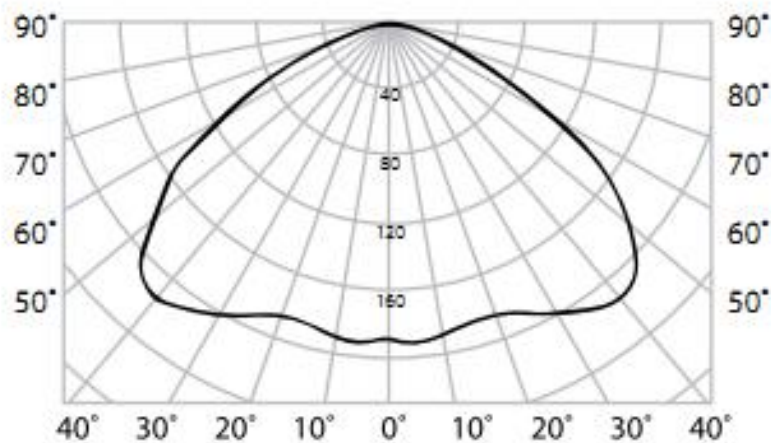


Рисунок 2.2.3 – Крива сили світла світильника РСП 08-400

**Розрахунок для точки А:**

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

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

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

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

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

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

Таблиця 2.2.2– Розрахунок освітленості у точці А

Відстань $d$ , м	Число світильників, шт.	$\alpha$	$I_i$ , кд	$E_i$ , лк	$\Sigma E_i$ , лк
3,54	4	17,91	180	30,8	123,2
7,9	2	35,67	210	22,4	44,8
7,9	2	35,67	210	22,4	44,8
					212,8

Світильник вважається вибраним правильно, якщо його розрахункова освітленість відрізняється від номінальної не більше 20% в більшу сторону і не більше 10% в меншу сторону, тобто:

Виконаємо перевірку:

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

$$180 \leq 212,8 \leq 240$$

Освітлення задовільняє нормам.

### Розрахунок для точки В:

Таблиця 2.2.3– Розрахунок освітленості у точці В

Відстань $d$ , м	Число світильників, шт.	$\alpha$	$I_i$ , кд	$E_i$ , лк	$\Sigma E_i$ , лк
2,5	2	12,79	175	32,2	64,4
5,59	2	26,95	180	25,3	50,6
10,31	2	43,16	215	16,6	33,2
7,5	1	34,26	210	23,5	23,5
9,01	1	39,23	215	19,8	19,8
					191,5

Виконаємо перевірку:

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

$$180 \leq 191,5 \leq 240$$

Освітлення задовільняє нормам.

### Розрахунок для точки С:

Таблиця 2.2.4– Розрахунок освітленості у точці С

Відстань $d$ , м	Число світильників, шт.	$\alpha$	$I_i$ , кд	$E_i$ , лк	$\Sigma E_i$ , лк
2,5	2	12,79	175	32,2	64,4
5,59	2	26,95	180	25,3	50,6
10,31	2	43,16	215	16,6	33,2
7,5	1	34,26	210	23,5	23,5
9,01	1	39,23	215	19,8	19,8
					191,5

Виконаємо перевірку:

$$\frac{0,9 \cdot E_{min_{min}}}{180 \leq 191,5 \leq 240}$$

Освітлення задовільняє нормам.

## 2.3 Аналіз електропостачальної системи

### 2.3.1 Визначення розрахункових навантажень цеху

Визначимо розрахункове навантаження цеху фасонного лиття (силових пунктів СП1(СП2), СП3(СП4), щита освітлення ЩО, а також на шинах Н.Н. та В.Н. трансформатору цехової трансформаторної підстанції).

З отриманих на підприємстві даних виписуємо  $K_{\phi}$  та  $\cos \varphi$ .

Розрахуємо сумарну потужність для електроприймачів

$$P_{\Sigma} = P_n n;$$

де  $P_n$  - потужність одного електроприймача, кВт;

$n$  - кількість електроприймачів.

$$P_{\Sigma 1} = P_{n1} n$$

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

Проміжна активна потужність:

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

де  $K_{\phi}$  - коефіцієнт використання.

$$P_{n1} = 350 \cdot 0,6 = 210 \text{ кВт};$$

Проміжна реактивна потужність:

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

$$Q_{n1} = P_{n1} \operatorname{tg} \varphi_1 = 210 \cdot 0,484 = 101,71 \text{ квар};$$

Серед усіх споживачів цеху знаходимо електроприймачі з максимальною та мінімальною потужностями і розраховуємо ефективне число споживачів:

$$\frac{P_{n_{\max}}}{P_{n_{\min}}} = \frac{350}{1,5} = 233,3 > 3, \text{ тоді}$$

					НТУУ 01.1351.03 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n_{p.e} = \frac{2 \sum P_{\Sigma i}}{P_{ni \max}}$$

$$n_{p.e} = \frac{2 \cdot 421}{350} = 3;$$

Визначаємо груповий коефіцієнт використання:

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

$$K_g = \frac{240,6}{421} = 0,57;$$

За таблицею «Значення коефіцієнтів розрахункового навантаження  $K_p$  для живлячих та розподільчих шинопроводів напругою до 1 кВ» визначаємо  $K_{pa}$ .

$$K_{pa} = 1,08$$

Оскільки ефективне число споживачів не більше за десять, то

$$K_{pp} = 1,1$$

Знайдемо розрахункові активне, реактивне та повне навантаження на цеху фасонного лиття:

$$P_p = \sum P_{ni} K_p$$

$$P_p = \sum P_{ni} K_p = 240,6 \cdot 1,08 = 259,85 \text{ кВт};$$

$$Q_p = 139,89 \text{ квар};$$

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

$$S_p = \sqrt{259,85^2 + 139,89^2} = 295,11 \text{ кВА}$$

Розраховуємо навантаження на ЩО

Приймаємо коефіцієнт попиту  $K_n = 0,95$  та коефіцієнт потужності  $\cos \varphi_{осв.} = 0,85$

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

$$P_{p.осв.} = 0,95 \cdot 33 \cdot 0,4 \cdot 1,12 = 14,04 \text{ кВт};$$

$$Q_{p.осв.} = 14,04 \cdot 0,619 = 8,7 \text{ квар.}$$

					НТУУ 01.1351.03 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розраховуємо навантаження на шинах НН.

$$P_{\text{НН}} = P_p + P_{p.\text{осв.}}$$

$$P_{\text{НН}} = 905,88 + 14,04 = 919,92 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{НН}} = Q_p + Q_{p.\text{осв.}}$$

$$Q_{\text{НН}} = 665,17 + 8,7 = 673,87 \text{ квар};$$

Втрати в трансформаторі ТР1:

$$\Delta P_{\text{тр.}} = 0,02 S_p$$

$$\Delta P_{\text{тр.}} = 0,02 \cdot 1140,33 = 22,81 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_{\text{тр.}} = 0,1 S_p$$

$$\Delta Q_{\text{тр.}} = 0,1 \cdot 1140,33 = 114,03 \text{ квар}$$

Знайдемо навантаження приведенне до шин ВН

$$P_{\text{ВН}} = P_{\text{НН}} + \Delta P_{\text{тр.}}$$

$$P_{\text{ВН}} = 919,92 + 22,81 = 942,73 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{ВН}} = Q_{\text{НН}} + \Delta Q_{\text{тр.}}$$

$$Q_{\text{ВН}} = 673,87 + 114,03 = 787,91 \text{ квар};$$

$$S_{\text{ВН}} = \sqrt{P_{\text{ВН}}^2 + Q_{\text{ВН}}^2}$$

$$S_{\text{ВН}} = \sqrt{942,73^2 + 787,91^2} = 1228,63 \text{ кВА} .$$

### 2.3.2 Визначення перерізу кабельних ліній

Для розрахунку перерізу кабеля потрібно знати навантаження на вводі кожного СП окремо.

Отримані дані зводимо у таблицю 2.2.6:

Таблиця 2.3.2 – Навантаження на кожному СП

	$P, \text{кВт}$	$Q, \text{квар}$	Довжина $l, \text{м}$
СП1	259,85	139,89	20
СП2	259,85	139,89	20
СП3	290,86	202,21	30
СП4	290,86	202,21	30

Визначаємо струм у кабельній лінії та обираємо кабелі за допустимим струмом перевантаження. Обираємо кабелі з алюмінієвими жилами за умови, що  $I_{\text{доп}} K_1 K_2 > I_{\text{розр.}}$  ( $K_1=1, K_2=1$ ):

					НТУУ 01.1351.03 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_{СП1,2} = \frac{\sqrt{P_{СП1,2}^2 + Q_{СП1,2}^2}}{U_H \cdot \sqrt{3}} = \frac{\sqrt{259,85^2 + 139,89^2}}{0,38 \cdot \sqrt{3}} = 448,4 \text{ A};$$

Обираємо кабель для прокладки в землі марки 2×ААБ-4×95

$$I_{дон.} = 240 \text{ A } r_o = 0,329 \text{ Ом/км}$$

Розрахуємо втрати напруги

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I_{розрВВ} \cdot L_{HH} \cdot (r_o \cdot \cos \varphi + x_o \cdot \sin \varphi)$$

$$\Delta U_{СП1,2} = \sqrt{3} \cdot 448,4 \cdot 0,02 \cdot \left( \frac{0,329}{2} \cdot 0,88 + \frac{0,08}{2} \cdot 0,47 \right) = 2,54 \text{ В}$$

$$I_{СП3,4} = \frac{\sqrt{P_{СП3,4}^2 + Q_{СП3,4}^2}}{U_H \cdot \sqrt{3}} = \frac{\sqrt{290,86^2 + 202,21^2}}{0,38 \cdot \sqrt{3}} = 538,2 \text{ A};$$

Обираємо кабель для прокладки в землі марки 2×ААБ-4×120

$$I_{дон.} = 270 \text{ A } r_o = 0,26 \text{ Ом/км}$$

Розрахуємо втрати напруги

$$\Delta U_{СП3,4} = \sqrt{3} \cdot 538,2 \cdot 0,03 \cdot \left( \frac{0,26}{2} \cdot 0,82 + \frac{0,08}{2} \cdot 0,57 \right) = 3,62 \text{ В}$$

Розрахунок втрат напруги у трансформаторі

$$\Delta U_{TP\%} = \beta \cdot (e_A \cdot \cos \varphi + e_P \cdot \sin \varphi),$$

де  $e_A, e_P$  - активна і реактивна складові напруги короткого замикання

$$e_A = \frac{\Delta P_K}{S_H} \cdot 100\%,$$

$$e_A = \frac{12,2}{1000} \cdot 100\% = 1,22\%$$

$$e_P = \sqrt{u_{K3}^2 - u_A^2},$$

$$e_P = \sqrt{5,5^2 - 1^2} = 5,41\%$$

$$\Delta U_{TP\%} = 0,616 \cdot (1,22 \cdot 0,92 + 5,41 \cdot 0,39) = 1,99\%$$

Втрати напруги у вольтах

$$\Delta U_{TP} = \frac{\Delta U_{TP\%}}{100\%} \cdot U_{НОМ},$$

$$\Delta U_{TP} = \frac{1,99}{100} \cdot 380 = 7,56 \text{ В}$$

					НТУУ 01.1351.03 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Робимо перевірку обраних КЛ по допустимій втраті напруги

$$0,05 \cdot U_{nn} \geq \Delta U_{tr} + \Delta U_{СП}$$

Для СП1(СП2)

$$0,05 \cdot 380 \geq 7,56 + 2,54$$

$$19 \text{ В} \geq 10,1 \text{ В}$$

Переріз обраний вірно.

Для СП2(СП3)

$$0,05 \cdot 380 \geq 7,56 + 3,62$$

$$19 \text{ В} \geq 11,18 \text{ В}$$

Переріз обраний вірно.

Визначаємо струмове навантаження ліній по стороні 10 кВ:

$$I = \frac{S_{л1}}{U_n \sqrt{3}} = \frac{1228,63}{10 \cdot \sqrt{3}} = 70,9 \text{ А}$$

За додатковими таблицями згідно напруги  $U=10$  кВ, вибраного типу провідника, ізоляції, матеріалу провідника і допустимого струму вибираємо: кабель марки АББ  $3 \times 16$ ,  $I_{доп.} = 75 \text{ А}$

Вибраний стандартний переріз кабелю повинен задовольняти умову:

$$I_{доп.} K_1 K_2 > I_{розр.}$$

$$75 \text{ А} > 70,9 \text{ А}$$

Перевірка обраного кабелю на аварійний режим

Визначимо максимально допустимий тривалий струм

$$I_{тр. ж_{123max}}$$

де  $K_1 = 1,25$  - коеф. допустимого перевантаження кабелю на час ліквідації

	аварії				НТУУ 01.1351.03 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$K_2 = 0,95$  - коеф. погіршення кабеля при нагріванні

$K_3 = 0,9$  - коеф. тепловіддачі кабелів при їх розташуванні трикутником

$$I A_{max}$$

$$141,8 \text{ A} > 80,2 \text{ A}$$

### 2.3.3 Перевірка можливості використання на підстанції трансформатора заданої потужності з врахуванням компенсації реактивної потужності

Перевіримо можливість використання на підстанції трансформаторів заданої потужності. Цех працює у дві зміни. На підстанції встановлено два трансформатори з номінальним навантаженням 1000 кВА.

Перевіримо можливість використання трансформатора згідно с розрахунком навантаження в цеху:

$$S_{mp} = \frac{S_p}{1,4}$$

$$S_{mp} = \frac{1228,63}{1,4} = 881,04 \text{ кВА}$$

Сумарна розрахункова потужність  $Q_{нк}$  батарей конденсаторів БК складе

$$Q_{нк} = Q_{нк1} + Q_{нк2}$$

Потужність цехових трансформаторів рекомендується попередньо визначати за питомою густиною навантаження

$$\sigma_s = \frac{S_{pнн}}{S}$$

де  $S$  – площа цеху,  $m^2$ ;

$$\sigma_s = \frac{1140,33}{12 \cdot 55} = 1,73 \text{ кВА}/m^2$$

Мінімальну кількість цехових трансформаторів однакової потужності, що призначені для живлення технологічно зв'язаних навантажень, знаходять за виразом

$$n \frac{P_{pнн}}{K_3 S_{mp min}}$$

					НТУУ 01.1351.03 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n \frac{919,92}{0,75 \cdot 1000}_{min}$$

Двотрансформаторні підстанції застосовують за наявності споживачів 1-ої категорії та особливої групи, а також для цехів з високою питомою густиною навантаження, для компресорних і насосних станцій загальнозаводського призначення.

Економічну кількість трансформаторів  $n_e$  знаходять за виразом

$$n_e = n_{min}$$

$$n_e = 2 + 0 = 2$$

За рахунок  $\Delta n$  та  $m$  з'являється незкомпенсована потужність, яка передаватиметься через трансформатори в мережу 0,38 кВ; визначають її за виразом

$$Q \sqrt{(n_e k_{зф} S_{тр})^2 - P_{рнн}^2}_{maxT}$$

де  $k_{зф}$  - фактичний коефіцієнт завантаження

$$k_{зф} = \frac{S_{рнн}}{n_e S_{тр}}$$

$$k_{зф} = \frac{1228,63}{1000 \cdot 2} = 0,616$$

$$Q \sqrt{(2 \cdot 0,616 \cdot 1000)^2 - 919,92^2} \text{ квар}_{maxT}$$

Потужність  $Q_{нк}$  складе

$$Q_{нк1} = Q_{рнн} - Q_{maxT}$$

$$Q_{нк1} = 673,87 - 798,8 = -124,9 \text{ квар}$$

$$Q_{нк1} < 0$$

За  $Q_{нк1} < 0$  встановлювати батареї не потрібно, в цьому випадку  $Q_{нк1} = 0$ .

Величина  $Q_{нк2}$  визначається за виразом

$$Q_{нк2} = Q_{рнн} - Q_{нк1} - \gamma n_e S_{тр}$$

					НТУУ 01.1351.03 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{HK2} = 673,87 - 0 - 0,7 \cdot 2 \cdot 1000 = -737,74 \text{ квар}$$

$Q_{HK2} < 0$ , додатково встановлювати КБ не потрібно.

### 2.3.4 Розрахунок струмів короткого замикання

Розрахунок струмів короткого замикання по стороні 0,4 кВ

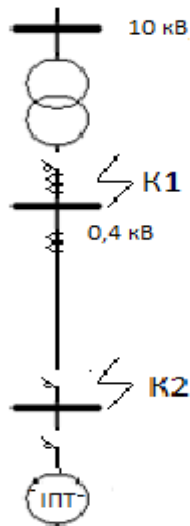


Рисунок 2.3.1 – Структурна схема ЕПС для розрахунків струмів КЗ 0,4 кВ

Розрахунок для точки К1

Трансформатор ТМ-1000/10

-  $P_{K3} = 12,2 \text{ кВт}$

-  $U_K = 5,5\%$

Активний та реактивний опори трансформаторів

$$r_{mp} = \frac{P_{K3} U_{nn}^2}{S_{mp}} 10^6$$

$$r_{mp} = \frac{12,2 \cdot 0,38^2}{1000^2} 10^6 = 1,76 \text{ МОм}$$

$$x_{mp} = \sqrt{\left(\frac{U_K}{100}\right)^2 - \left(\frac{P_{K3}}{S_{mp}}\right)^2} \frac{U_{nn}^2}{S_{mp}} 10^6 x_{mp} = \sqrt{\left(\frac{6}{100}\right)^2 - \left(\frac{12,2}{1000}\right)^2} \frac{0,38^2}{1000} 10^6 = 8,48 \text{ МОм}$$

Опори трансформатора струму

$$r_{ui} = 0,4 \text{ МОм}$$

$$x_{ui} = 1 \text{ МОм}$$

					НТУУ 01.1351.03 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Опори шин

$$r_{ш} = 0,06 \cdot 5 = 0,3 \text{ мОм}$$
$$x_{ш} = 0,179 \cdot 5 = 0,9 \text{ мОм}$$

Перехідний опір

$$r_{пер} = 0,003 \text{ мОм}$$

Опори котушок включення автоматичного вимикача

$$r_{ав} = 0,13 \text{ мОм}$$
$$x_{ав} = 0,07 \text{ мОм}$$

Розрахунок опору системи до точки К1

$$r_{к1} = r_{мп} + r_{ав} + r_{мм} + r_{ш} + 6r_{пер}$$
$$r_{к1} = 1,76 + 0,13 + 0,4 + 0,3 + 6 \cdot 0,003 = 2,61 \text{ мОм}$$
$$x_{к1} = x_{мп} + x_{ав} + x_{мм} + x_{ш}$$
$$x_{к1} = 8,48 + 0,07 + 1 + 0,9 = 10,45 \text{ мОм}$$

$$Z = \sqrt{r_{к1}^2 + x_{к1}^2}$$
$$Z = \sqrt{2,61^2 + 10,45^2} = 10,77 \text{ мОм}$$

Розрахунок струму короткого замикання у точці К1

$$I_{кз} = \frac{1,05 \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z}$$
$$I_{кз} = \frac{1,05 \cdot 0,38}{\sqrt{3} \cdot 10,77} = 21,4 \text{ А}$$

Розрахунок для точки К2

Активні та реактивні опори кабельної лінії

$$r_{кл} = \frac{0,329}{2} \cdot 20 = 3,29 \text{ мОм}$$
$$x_{кл} = \frac{0,08}{2} \cdot 20 = 0,8 \text{ мОм}$$
$$r_{к2} = r_{к1} + 2r_{ав} + r_{кл} + 6r_{пер}$$
$$r_{к2} = 2,61 + 0,13 + 3,29 + 6 \cdot 0,003 = 6,05 \text{ мОм}$$
$$x_{к2} = x_{к1} + 2x_{ав} + x_{кл}$$
$$x_{к2} = 10,77 + 0,07 + 0,8 = 11,64 \text{ мОм}$$
$$Z = \sqrt{r_{к2}^2 + x_{к2}^2}$$
$$Z = \sqrt{6,05^2 + 11,64^2} = 13,12 \text{ мОм}$$

Розрахунок струму короткого замикання у точці К2

					НТУУ 01.1351.03 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_{кз} = \frac{1,05U_H}{\sqrt{3} \cdot Z}$$

$$I_{кз} = \frac{1,05 \cdot 0,38}{\sqrt{3} \cdot 13,12} = 0,018 \text{ кА}$$

Розрахунок струмів короткого замикання по стороні 10 кВ

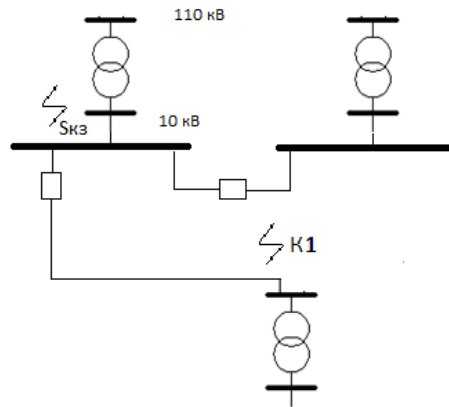


Рисунок 2.3.2 – Структурна схема ЕПС для розрахунків струмів КЗ 10 кВ

Потужність короткого замикання у точці КЗ

$$S_{кз} = 100 \text{ МВА}$$

Базисна потужність

$$S_{\delta} = 100 \text{ МВА}$$

$$U_{\delta} = 10,5 \text{ кВ}$$

Базисний струм

$$I_{\delta} = \frac{S_{\delta}}{\sqrt{3}U_{\delta}}$$

$$I_{\delta} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,5 \text{ кА}$$

$$I_{кз} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,5 \text{ кА}$$

Розрахунок для точки К1

$$X_c = \frac{S_{\delta}}{S_{кз}}$$

$$X_c = \frac{100}{100} = 1$$

Активні та реактивні опори лінії

					НТУУ 01.1351.03 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$r_{л1}^* = r_0 \cdot L \cdot \frac{S_{\delta}}{U_{\delta}^2}$$

$$r_{л1}^* = 1,953 \cdot 0,25 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,443$$

$$x_{л1}^* = x_0 \cdot L \cdot \frac{S_{\delta}}{U_{\delta}^2}$$

$$x_{л1}^* = 0,08 \cdot 0,25 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,018$$

$$Z^* = \sqrt{r_{л1}^{*2} + (x_{л1}^* + X_c)^2}$$

$$Z^* = \sqrt{0,203^2 + (0,018 + 1)^2} = 1,04$$

Струм короткого замикання у точці К1

$$I_{кз} = \frac{I_{\delta}}{Z}$$

$$I_{кз} = \frac{5,5}{1,04} = 5,3 \text{ кА}$$

### 2.3.5 Вибір високовольної апаратури

#### Вибір високовольного вимикача

Вибираємо вакуумний вимикач виробництва типу: ВБ 10-20/160 У2

Номінальна напруга:  $U_n = 10 \text{ кВ}$

Струм термічної стійкості:  $I_{терм.ст.} = 6 \text{ кА}$

Номінальний струм:  $I_n = 160 \text{ А}$

Максимальний струм:  $i_{табл} = 15 \text{ кА}$

Номінальний струм відключення:  $I_{ном.відкл.} = 6 \text{ кА}$

Час відключення:  $t_{відкл} = 2 \text{ с}$

Перевірка високовольного вимикача на електротермічну стійкість

$$I_{терм.} \cdot \sqrt{t_{дон}} \geq I_{кз}^{K1} \cdot \sqrt{t_{\phi}}$$

де  $t_{\phi} = 0,6 \text{ с}$

$$6 \cdot \sqrt{2} \geq 5,5 \cdot \sqrt{0,6}$$

$$8,5 \geq 4,26$$

Умова виконується.

					НТУУ 01.1351.03 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перевірка високовольного вимикача на електродинамічну стійкість:

$$i_{табл} \geq i_{уд}$$

де  $i_{уд} = 2,55 \cdot I_{K3}^{K1}$  - ударний струм

$$i_{уд} = 2,55 \cdot 5,5 = 14,03 \text{ кА}$$

$$15 \text{ кА} \geq 14,03 \text{ кА}$$

Умова виконується.

Перевірка на допустиму потужність відключення:

$$S_{відкл.} \geq S_{K3}$$

$$\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot I_{ном.відкл.} \geq S_{K3}$$

$$\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 6 \geq 100$$

$$103,9 \text{ МВА} \geq 100 \text{ МВА}$$

Умова виконується.

#### Вибір високовольного вимикача навантаження

Вибираємо високовольний вимикач навантаження виробництва «Астер Електро» типу: ВВ/AST 10-12,5/1000

Номинальна напруга:  $U_n = 10 \text{ кВ}$

Струм термічної стійкості:  $I_{терм.ст.} = 4 \text{ кА}$

Номинальний струм:  $I_n = 180 \text{ А}$

Максимальний струм:  $i_{табл} = 15 \text{ кА}$

Номинальний струм відключення:  $I_{ном.відкл.} = 4 \text{ кА}$

Час відключення:  $t_{відкл} = 1 \text{ с}$

Перевірка високовольного вимикача на електротермічну стійкість

$$I_{терм.} \cdot \sqrt{t_{доп}} \geq I_{K3}^{K2} \cdot \sqrt{t_{\phi}}$$

де  $t_{\phi} = 0,25 \text{ с}$

$$4 \cdot \sqrt{1} \geq 5,3 \cdot \sqrt{0,25}$$

$$4 \geq 2,65$$

Умова виконується.

					НТУУ 01.1351.03 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Перевірка високовольного вимикача на електродинамічну стійкість:

$$i_{табл} \geq i_{уд}$$

де  $i_{уд} = 2,55 \cdot I_{КЗ}^{К2}$  - ударний струм

$$i_{уд} = 2,55 \cdot 5,3 = 13,5 \text{ кА}$$

$$15 \text{ кА} \geq 13,5 \text{ кА}$$

Умова виконується.

#### Вибір запобіжника

Вибираємо плавкий запобіжник типу: ПКТ-104-10-160-6УЗ

Номінальна напруга:  $U_n = 10 \text{ кВ}$

Номінальний струм:  $I_{ном} = 160 \text{ А}$

Номінальний струм відключення:  $I_{ном\_відкл} = 5,3 \text{ кА}$

Перевірка умови стійкості запобіжника:

$$I_{відкл.} \geq I_{КЗ}^{К2} \quad (10.5)$$

$$6 \text{ кА} \geq 5,3 \text{ кА} - \text{умова виконується}$$

#### Вибір трансформатора струму

Вибираємо трансформатор струму типу ТПШЛ-10, з такими параметрами:

Напруга на стороні ВН:  $U_{ВН} = 10 \text{ кВ}$

Номінальний струм первинний:  $I_1 = 100 \text{ А}$

Номінальний струм вторинний:  $I_2 = 1 \text{ А}$

Електродинамічна стійкість:  $i_{дин} = 15 \text{ кА}$

Термічна стійкість:  $\frac{i_T}{t_T} = \frac{31,5}{3} \frac{\text{кА}}{\text{с}}$

Перевірка трансформатора струму на електродинамічну стійкість

де  $i_{уд} = 14,03 \text{ кА}$

$$14,03 \text{ кА} \leq 15 \text{ кА} - \text{умова виконується}$$

					НТУУ 01.1351.03 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.4 Детальний енергетичний аудит

### 2.4.1 Короткий опис технологічного процесу у цеху фасонного лиття

У цеху фасонного лиття здійснюється виробництво чавунних та сталевих відливок.

Основними етапами процесу виробництва відливок точного фасонного лиття є

- виготовлення моделей з пінополістиролу;
- плавка чавуну або сталі в індукційній печі,
- виготовлення відливок на формовочно-заливочній лінії;
- остаточна механічна обробка відливок

Технологічним матеріалом для виготовлення моделей є полістирол марки Д833А.

Процес виготовлення моделей з пінополістиролу включає наступні основні технологічні операції

- підвепінювання полістиролу у ванні;
- виготовлення моделей на задувному пристрої;
- запікання моделей у стерилізаторі,
- охолодження пресформ з моделями у ванні,
- сушка моделей у сушильній камері;
- фарбування моделей;
- сушка пофарбованих моделей у сушильній камері;
- збирання моделей у „кущі” на спеціальному верстаку

Виплавка чавуну або сталі здійснюється в двох індукційних плавильних печах ИТПЭ-0,5/0,35 ТГ ємністю 500 кг кожна. У якості основних технологічних матеріалів для виплавки металу використовуються чавунний та сталевий лом, а також різні феросплави

Завантаження шихти у плавильну піч здійснюється за допомогою кран-балки. Середнє одноразове завантаження плавильної печі складає 500 кг. Середня тривалість однієї плавки дорівнює 3 год.

					НТУУ 01.1351.03 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вихід готової продукції (чавуну або сталі) в процесі плавки металу складає 93 % Виготовлення чавунних та сталевих відливок здійснюється на двох формовом заливочно-вибивних лініях.

Технологічний процес виробництва відливок включає наступні основні операції

- формовка опок на вібростолі;
- заливка металу в форми;
- вибивка форм.

Середня тривалість одноразової розливки металу становить 0,5 год.

Вихід готової продукції (чавунних або сталевих відливок) в процесі розливки металу складає 73 %.

Готові відливки складаються у коробки і транспортуються на дільницю остаточної їх механічної обробки. Остаточна механічна обробка чавунних та сталевих відливок здійснюється за допомогою машини дробоструменевого очищення, а також двох обдирно-шліфувальних верстатів.

Схема технологічного процесу виробництва відливок точного фасонного лиття зображена на рисунку 2.4.1

					НТУУ 01.1351.03 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

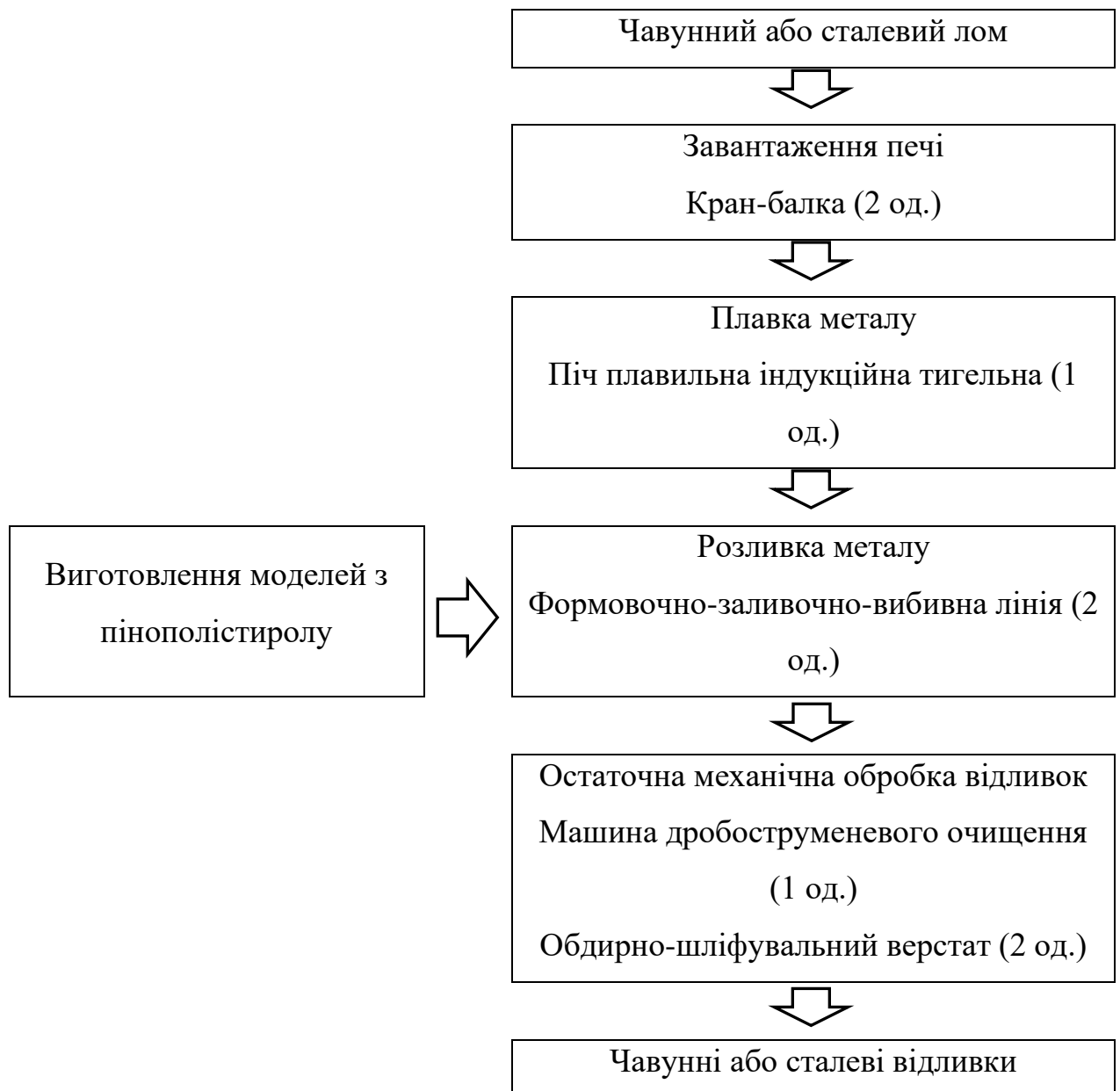


Рисунок 2.4.1 Схема технологічного процесу виробництва відливок точного фасонного лиття

## 2.4.2 Побудова балансу споживання електричної енергії

Таблиця 2.4.1 – Споживання електричної енергії обладнанням

Споживачі	$n$	$P_n$ , кВт	$P_c$ , кВт	$K_s$	$P_n$ , кВт	$T_p$ , год	$W$ , кВт·год
Піч тигельна	2	350	700	0,6	420	5556	2333520
Заливочний пристрій	4	1,5	6	0,6	3,6	464	1670,4
Кран-балка	4	4	16	0,6	9,6	1389	13334,4

Продовження таблиці 2.4.1

Мішалка фарби	2	1,1	2,2	0,8	1,76	1852	3259,52
Підвспінювач	2	17,5	35	0,8	28	1852	51856
Стериліз. паровий	8	14	112	0,8	89,6	4630	414848
Камера сушильна	4	20,3	81,2	0,75	60,9	3472	211444,8
Насос оборот. водопост.	2	18,5	37	0,5	18,5	5556	102786
Насос вакуум. водокільц.	4	30	120	0,6	72	928	66816
Машина дробострум. очищ.	2	14	28	0,6	16,8	2080	34944
Верстат обдирно- шліфув.	4	4	16	0,12	1,92	2080	3993,6
Насос прямку	2	1,1	2,2	0,5	1,1	220	242
Насос прямку	2	0,55	1,1	0,5	0,55	220	121
Вібростіл	4	1,1	4,4	0,6	2,64	464	1224,96
Кантувач	2	5,5	11	0,6	6,6	928	6124,8
Сито вібраційне	2	2,2	4,4	0,6	2,64	928	2449,92
Елеватор	2	5,5	11	0,5	5,5	800	4400
Охолоджувач	2	30	60	0,6	36	928	33408
Рольганг	24	2,2	52,8	0,6	31,68	928	29399,04
Конвеєр шнековий	2	5	10	0,6	6	928	5568
Конвеєр	2	4	8	0,6	4,8	928	4454,4
Візок трансбордерний	4	3,7	14,8	0,6	8,88	464	4120,32
Верстат збирання модельних блоків	4	1,8	7,2	0,9	6,48	4630	30002,4
Припл. вентиляція ПУ- 1	2	4,5	9	0,4	3,6	5556	20001,6

Продовження таблиці 2.4.1

Витяжн. вент. вібросита	2	45	90	0,4	36	928	33408
Витяжн. вент. В-20	4	4	16	0,4	6,4	5556	35558,4
Вентилятор	2	30	60	0,4	24	928	22272
Зварювальний апарат	2	20	40	0,35	14	365	5110
Пристрій каталітичного допалювання	2	100	200	0,8	160	700	112000
<b>Всього</b>							<b>3721682</b>

Споживана електроенергія в освітленні

$$W_{св} = P_N \cdot \kappa_n \cdot \kappa_{\partial} \cdot T_p \cdot N,$$

де  $\kappa_{\partial}$  — коефіцієнт додаткових втрат на ПРА,  $\kappa_{\partial} = 1,12$

$\kappa_n$  — коефіцієнт попиту,  $\kappa_n = 0,95$ ;

$T_p$  — час роботи за рік,  $T_p = 3009$ ;

$N$  — кількість світильників,  $N = 42$ .

$$W_{св.л} = 400 \cdot 33 \cdot 0,95 \cdot 1,12 \cdot 3009 = 42261 \text{ кВт·год}$$

Річні витрати електроенергії на обладнання в цеху занесені до таблиці

Втрати в двигунах складають

$$\Delta W_{\partial в} = k_3 P_{ном} T_p \left( \frac{1}{\eta_{\phi}} - 1 \right)$$

$$\eta_{\phi} = \eta_{ном} \eta_{від}$$

Втрати в індукційних тигельних печах складають 23%.

					НТУУ 01.1351.03 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

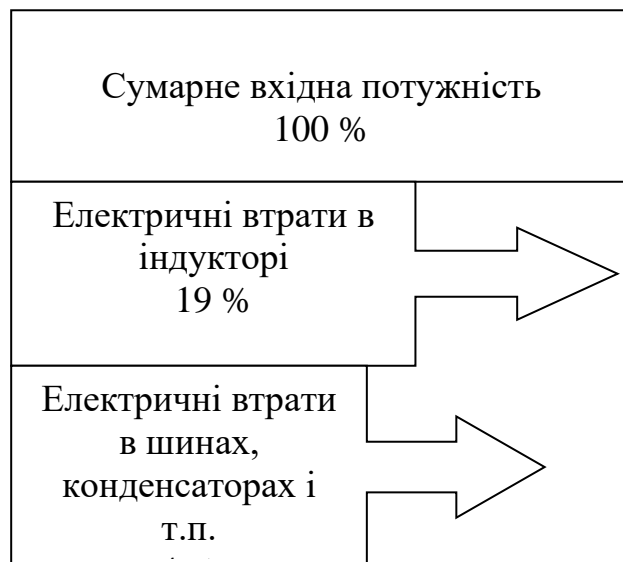


Рисунок 2.4.2 Енергетичний баланс індукційної тигельної печі

Таблиця 2.4.2 – Втрати електричної енергії в обладнанні

Споживачі	Втрати кВт·год
Піч тигельна	536710
Електровентил.	28167,6
Насос оборот. водопост.	6170,84
Насос вакуум. водокільц.	1234,14
Насос прямку	14,5287
Насос прямку	7,26434
Конвеєр шнековий	205,691
Конвеєр	164,553
Припл. вентиляція ПУ-1	4225,14
Витяжн. вент. вібросита	7057,12
Витяжн. вент. В-20	7511,37
Вентилятор	4704,74
Всього	596173

Визначимо втрати в кабельних лініях, що живлять СП. Передача електроенергії до споживача здійснюється кабелями 2×ААБ-4×95 для СП1(СП2) та кабелями 2×ААБ-4×120 для СП3(СП4). Річні втрати в електричних мережах

$$\Delta W = 3 \cdot I_p^2 \cdot R \cdot T_n \cdot 10^{-3}$$

де  $I_p$  – розрахунковий струм кабельної лінії,

$T$  – кількість годин роботи у році,  $T = 5840$  год;

$$I_{СП1,2} = \frac{\sqrt{P_{III}^2 + Q_{III}^2}}{U_n \cdot \sqrt{3}} = \frac{\sqrt{210,85^2 + 101,71^2}}{0,38 \cdot \sqrt{3}} = 353,5 \text{ А};$$

Обираємо кабель для прокладки від СП1(СП2) до тигельної печі марки 2×ААБ-4×70  $I_{дон.} = 200 \text{ А}$   $r_o = 0,446 \text{ Ом/км}$

Активний опір кабелю

$$R = R_0 \cdot L$$

$$R_{СП1(СП2)} = \frac{0,329}{2} \cdot 0,02 = 0,00329 \text{ Ом}$$

$$R_{СП3(СП4)} = \frac{0,26}{2} \cdot 0,03 = 0,0039 \text{ Ом}$$

$$R_{III} = \frac{0,446}{2} \cdot 0,003 = 0,000669 \text{ Ом}$$

Річні витрати активної електричної енергії отримаємо, підставивши відповідні дані в формулу:

$$\Delta W_{СП1+СП2} = 2 \cdot 3 \cdot 448,4^2 \cdot 0,00676 \cdot 5840 \cdot 10^{-3} = 23178,8 \text{ (кВт} \cdot \text{год)}/\text{рік}$$

$$\Delta W_{СП3+СП4} = 2 \cdot 3 \cdot 538,2^2 \cdot 0,008 \cdot 5840 \cdot 10^{-3} = 39583,7 \text{ (кВт} \cdot \text{год)}/\text{рік}$$

$$\Delta W_{III} = 2 \cdot 3 \cdot 353,5^2 \cdot 0,00137 \cdot 5840 \cdot 10^{-3} = 2929,34 \text{ (кВт} \cdot \text{год)}/\text{рік}$$

$$\Delta W_{KL} = 23178,8 + 39583,7 + 2929,34 = 65691,8 \text{ (кВт} \cdot \text{год)}/\text{рік}$$

Знайдемо втрати електричної енергії в трансформаторі типу ТМ-1000/10 для якого:

$$S_H = 1000 \text{ кВ} \cdot \text{А};$$

$$\Delta P_{H.X} = 2,45 \text{ кВт};$$

$$\Delta P_{K3} = 12,2 \text{ кВт};$$

					НТУУ 01.1351.03 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



$$\Delta W_{mp} = 2 \cdot (T_g \cdot \Delta P_{xx} + \kappa_3^2 \cdot \Delta P_{\kappa_3} \cdot \tau),$$

$$\tau = (0,124 + \frac{T_{max}}{10000^2})$$

$$T \frac{\sum_1^n P_i t_i}{P_{max} \quad max}$$

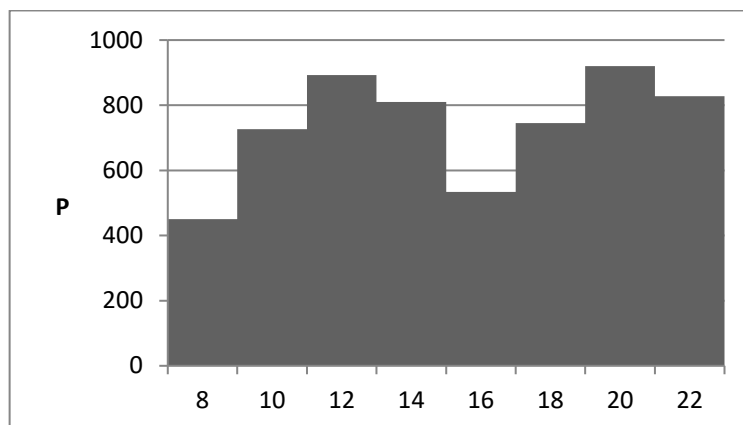


Рисунок 2.4.2 – Графік добового навантаження трансформаторів

$$T \frac{11737}{914,16} \text{ год/рік} \quad max$$

$$\tau = (0,124 + \frac{12,84}{10000})^2 \cdot 5840 = 91,7$$

де  $k_3 = 0,616$  - коефіцієнт завантаження трансформатора;

$T_p$  - час роботи трансформатора за рік;

$$\Delta W_{mp} = 2 \cdot (2,45 \cdot 5840 + 0,616^2 \cdot 12,2 \cdot 91,7) = 29465 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Таблиця 2.4.3 Баланс електроспоживання технологічного та допоміжного обладнання.

Тип обладнання	Споживання	
	W, кВт·год	%
Технологічне обладнання без ІПТ	1146477,16	25,3
Індукційна піч тигельна	2333520	51,5
Допоміжне обладнання	241684,4	5,3

Продовження таблиці 2.4.3

Витрати на освітлення	42261	0,9
<b>Всього корисне використання</b>	<b>3763942,56</b>	<b>83,1</b>
Втрати енергії в лініях	134821,87	3,0
Втрати енергії в трансформаторі	29465	0,7
Втрати в тигельних печах	536710	11,9
Втрати в двигунах	62233,5	1,4
<b>Всього втрати</b>	<b>763230,37</b>	<b>16,9</b>
<b>Всього</b>	<b>4527172,93</b>	<b>100,0</b>

У графічному вигляді баланс споживання електроенергії представлений на рисунку 2.4.3

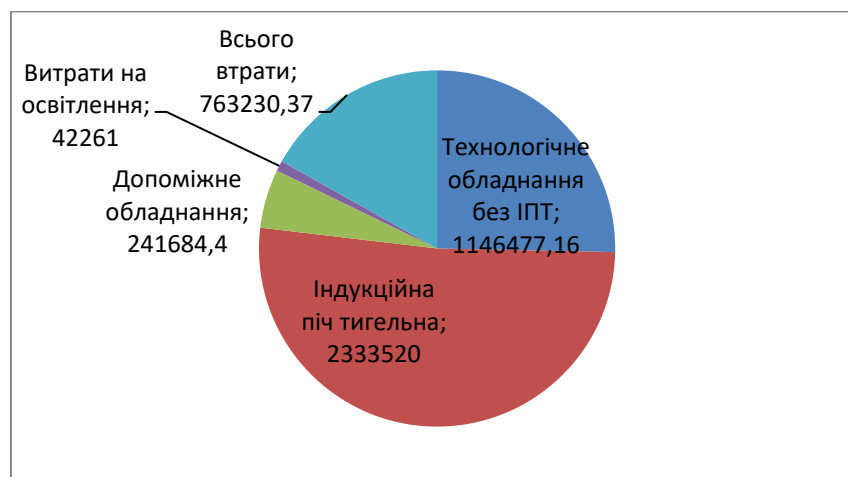


Рисунок 2.4.3 - Баланс споживання електроенергії

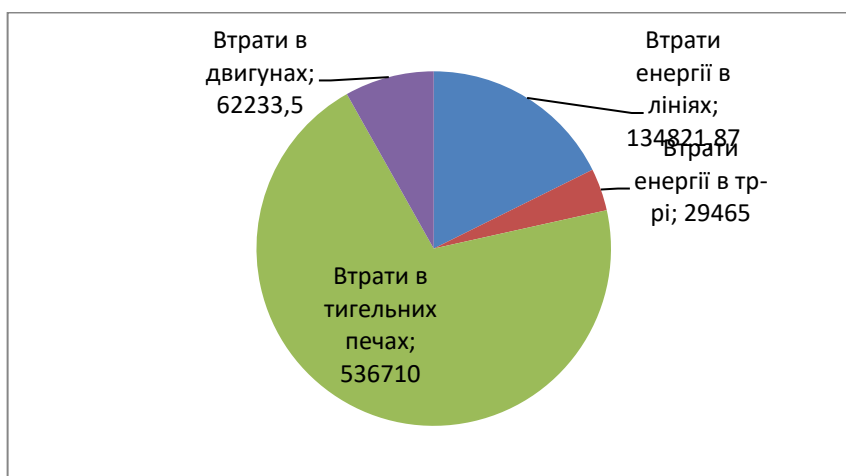


Рисунок 2.4.4 - Втрати електричної енергії

## 2.5 Додаткові вимірювання при проведенні енергоаудиту

Під час виконання роботи було потрібно використовувати прилади вимірювання та обліку електричної енергії. Номер госреєстру

Перелік приладів обліку електричної енергії, які встановлені, представлений у таблиці 2.5.1.:

Таблиця 2.5.1 Прилади обліку електричної енергії у цеху фасонного лиття

Тип, марка	Клас точності приладу	Основна відносна похибка, %	Напруга, В	Кількість приладів
СА4У-И672М	2,0	2,0	380/220	2

Основні технічні дані СА4У-И672М:

- За точністю обліку електроенергії лічильники відповідають класу точності 2,0 крім лічильників безпосереднього включення реактивної енергії, які відповідають класу точності 3,0.

- Споживана повна потужність при номінальних напрузі і частоті в кожному ланцюзі напруги, залежно від типу лічильника, знаходиться в межах від 5,0 до 6,0 ВА, активна - від 1,5 до 2,0 Вт

- Споживана повна потужність в кожному ланцюзі струму при номінальних струмі і частоті для лічильників з максимальним струмом не менше 30А, залежно від типу, знаходиться в межах від 0,6 до 1,0 ВоА, а з максимальним струмом понад 30А - не перевищує  $2,5 \text{ В} \cdot \text{А}$ .

- Самохід повинен бути відсутній в діапазоні напруг від 80 до 110% номінального.

- Поріг чутливості - 0,5 і 1,0% номінального струму для класів точності 2,0 і 3,0 відповідно.

- Систематична складова відносної похибки (ССОП) нормується в діапазоні від 5% (10%) номінального струму для лічильників активної (реактивної) енергії до максимального.

					НТУУ 01.1351.03 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Габаритні та установочні розміри лічильника з кришкою затискної коробки на номінальні струми відповідно: 1; 5; 10 А - 282X173X127 мм, 155 мм по горизонталі по горизонталі, 214 мм по вертикалі; 20; 30; 50 А - 294X165X121 мм, 152 мм по горизонталі, 220 мм по вертикалі.

- Маса лічильника, залежно від типу і номінального струму, в межах від 2,7 до 3,9 кг.

Залежно від виконання лічильників витрата енергії враховується:

- в цілих кіловат-годинах (кВАр-годинах) по цифрах на барабанах у вікнах щитка лічильного механізму, розташованих зліва від коми. Цифри у вікнах, розташованих праворуч від коми і облямованих іншим кольором, показують частки кіловат-години (кВАр-години);

- в цілих кіловат-годинах (кВАр-годинах) за всіма вікнам за відсутності облямованих вікон і коми на щитку лічильного механізму.

Для трансформаторних лічильників свідчення лічильного механізму множаться на коефіцієнт К, нанесений на додатковому щитку. Позначення одиниць виміру енергії зазначено на щитку лічильника близько ряду барабанів. Лічильник дорогоцінних металів не містить.

За допомогою лічильників була виміряна витрата електроенергії загально по всьому цеху.

## 2.6 Оцінка існуючого рівня енергоефективності

На підставі результатів розрахунків, виконаних в ході аналізу електропостачальної системи, а також побудови балансів споживання електричної енергії визначимо рівень енергетичної ефективності процесів виробництва, перетворення, передачі та розподілу електричної енергії на об'єкті.

Цех живлять два трансформатора потужність по 1000 кВА кожний. Згідно з побудованим енергобалансом, втрати в тр-рах склали 35389,7 кВт год при коефіцієнті завантаження 0,616.

					НТУУ 01.1351.03 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Головним споживачем у цеху фасонного лиття є дві індукційні тигельні печі, у яких втрати склали 23%, що є низьким показником – тигельні печі є дуже ефективним обладнанням.

Втрати у кабелях склали 134821,87 кВт год, найбільші у кабелях, котрі ведуть до СП1(СП2) та у тих, що йдуть від СП1(СП2) до тигельних печей.

Питома витрата ІТП складає 550 (кВт год)/т.

Заходи з енергозбереження, які запропоновані для електровентиляторів, верстатів та тигельних печей, знизять витрати енергосія та дозволять наблизити питомі витрати електроенергії до нормативного рівня. Наприклад, модернізація ІПТ знизить питомі витрати ел. ен. на 30 кВт год, встановлення обмежувачі неробочого ходу – на 25 кВт год, а заміна електровентиляторів – на 15,85 кВт год.

Рівень енергетичної ефективності суттєво зросте в результаті застосування заходів з енергозбереження, оскільки суттєво знизяться витрати електроенергії на виробництво продукції та на освітлення і допоміжне обладнання. Це дозволить економити значну кількість грошей, які можна використати на подальшу та більш глибоку модернізацію, яка дозволить строго відповідати існуючим нормативам.

Після проведення модернізації ІПТ потрібно проконтролювати, чи досягаються фактично очікувані результати підвищення ефективності використання електричної енергії. Для цього треба провести перерахунок нової загально цехової норми споживання електричної енергії на тону продукції. Результат повинен бути таким - питомі витрати зменшилися на зазначену кількість ел.ен.

## **2.7 Визначення напрямків та заходів підвищення енергоефективності**

### **2.7.1 Заміна ламп ДРЛ на світлодіодні лампи**

В цеху фасонного лиття система освітлення складається з ламп ДРЛ-400, що мають такі характеристики:

- потужність 400 Вт,

					НТУУ 01.1351.03 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- світовий потік 24000 лм,
- час горіння 12000 год.

Світлодіодний світильник призначений для внутрішнього і зовнішнього освітлення виробничих, торговельних і складських приміщень, промислових і спортивних майданчиків. Висота підвісу світлодіодного світильника до 12 метрів.

Для встановлення даного типу світильників потрібно спроектувати систему освітлення.

Розглянемо систему освітлення цеху точного фасонного лиття.

Габаритні розміри цеху:

- висота  $H=12$  м
- довжина  $A=55$  м
- ширина  $B=12$  м

Для даного приміщення маємо:

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

Пропонується заміна ламп ДРЛ на світлодіодні світильники «АСТАРТА» СДП01Н-16100Д-П-65 з наступними характеристиками:

- потужність  $P = 105$  Вт;
- середня тривалість горіння  $T=70000$  год;
- світловий потік однієї лампи  $\Phi_{\lambda} = 16100$  лм;

Розрахунок будемо вести точковим методом за допомогою кривих сили світла.

$$h_p = H - 1$$

де  $h_p$  – висота підвісу світильника.

$$h = 12 - 1 = 11 \text{ м}$$

					НТУУ 01.1351.03 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

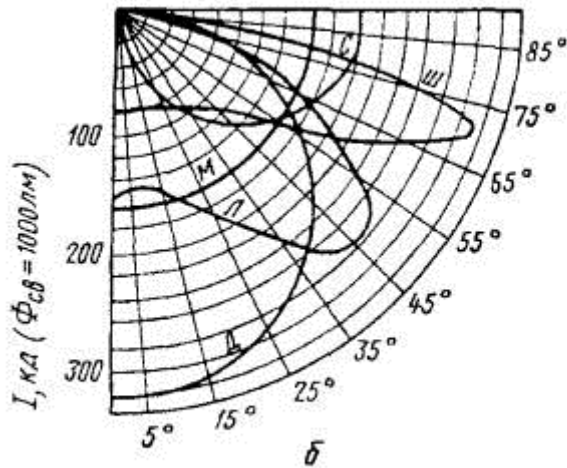


Рисунок 2.7.1 – Типи кривих сили світла

Для світильника нашого типу користуємося кривою Д.

#### Розрахунок для точки А:

Таблиця 2.7.1 – Розрахунок освітленості у точці А

Відстань $d$ , м	Число світильників, шт.	$\alpha$	$I_i$ , кд	$E_i$ , лк	$\Sigma E_i$ , 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

Світильник вважається вибраним правильно, якщо його розрахункова освітленість відрізняється від номінальної не більше 20% в більшу сторону і не більше 10% в меншу сторону, тобто:

Виконаємо перевірку:

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

$$180 \leq 214,8 \leq 240$$

Освітлення задовільняє нормам. Вибрані світильники можна використовувати.

Розраховуємо річне споживання електроенергії лампами ДРЛ:

$$W_{ДРЛ} = P_N \cdot \kappa_n \cdot \kappa_d \cdot T_p \cdot N$$

де  $P_N$  – потужність лампи,  $P_N = 400$  Вт

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

$\kappa_n$  - коефіцієнт попиту,  $\kappa_n = 0,95$ ;

$T_p$  - час роботи за рік,  $T_p = 3009$  год;

$N$  - кількість світильників,  $N = 33$  шт.

Отже,

$$W_{ДРЛ} = 400 \cdot 42 \cdot 0,95 \cdot 1,12 \cdot 3009 = 42261 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Розраховуємо річне споживання електроенергії світлодіодними лампами:

$$W_{СД} = P_N \cdot \kappa_n \cdot \kappa_d \cdot T_p \cdot N$$

Підставивши значення у формулу отримаємо:

$$W_{ДРЛ} = 105 \cdot 33 \cdot 0,95 \cdot 3009 = 9904,8 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Розраховуємо економію електричної енергії:

$$\Delta W = W_{ДРЛ} - W_{СД} = 42261 - 9904,8 = 32356,2 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Розраховуємо економію електроенергії в грошовому еквіваленті:

$$E = \Delta W \cdot b = 32356,2 \cdot 2,8 = 90597,36 \text{ грн.}$$

де  $b = 1,29$  грн./кВт·год – ціна за електроенергію,

Капітальні витрати на придбання світлодіодних ламп:

$$KB = N \cdot C = 33 \cdot 1670 = 55100 \text{ грн.}$$

де  $C$  - ціна одного світлодіодного світильника  $C = 1670$  грн.

Розрахуємо простий термін окупності для світлодіодних ламп:

$$T_{ок}^{np} = \frac{KB}{E}$$

Отримаємо:

$$T_{ок}^{np} = \frac{55100}{90597,36} = 0,6 \text{ року}$$

					НТУУ 01.1351.03 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



### 2.7.2 Обмеження неробочого ходу верстатів та машини дробоструменевого очищення

Існує час, коли двигуни верстата працюють в холосту, не виконуючи корисної роботи. Крім витрати електроенергії, виникає підвищений знос деталей, таких як підшипники, обрізані ролики й приводні ремені.

Скорочення енерговитрат і зменшення витрат на запасні частини – основна мета даного заходу.

Питома витрата енергії на робочій машині – відношення кількості спожитої енергії на кВт год корисної роботи при даному режимі.

У підсумку, за даними експертів, при використанні ЧПУ можлива економія електроенергії 25% .

Розраховуємо річне споживання електроенергії верстатом збирання модельних блоків:

$$W_p = n \cdot P_n \cdot K_g \cdot T,$$

де  $P_n$  – номінальна потужність верстату,  $P_n = 1,8$  кВт;

$K_g$ - коефіцієнт використання,  $K_g = 0,9$ ;

$T$  – час роботи,  $T = 4630$ ;

$n$  – кількість верстатів,  $n = 4$  шт.

Отримаємо:

$$W_p = 4 \cdot 1,8 \cdot 0,9 \cdot 4630 = 30002,4 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Розраховуємо річне споживання електроенергії машиною дробоструменевого очищення:

$$W_p = n \cdot P_n \cdot K_g \cdot T,$$

де  $P_n$  – номінальна потужність верстату,  $P_n = 14$  кВт;

$K_g$ - коефіцієнт використання,  $K_g = 0,6$ ;

$T$  – час роботи,  $T = 2080$ ;

$n$  – кількість машин,  $n = 2$  шт.

Отримаємо:

$$W_p = 2 \cdot 14 \cdot 0,6 \cdot 2080 = 34944 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

					НТУУ 01.1351.03 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розраховуємо економію:

$$\Delta W = n \cdot P_n \cdot K_v \cdot T \cdot 0,25$$

Для верстата отримаємо:

$$\Delta W_B = 30002,4 \cdot 0,25 = 7500,6 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Для машини отримаємо:

$$\Delta W_M = 34944 \cdot 0,25 = 8736 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Загальна кількість зекономленої енергії

$$\Delta W = \Delta W_B + \Delta W_M$$

$$\Delta W = 7500,6 + 8736 = 16236,6$$

Розраховуємо економію в грошовому еквіваленті:

$$E = \Delta W \cdot b$$

Підставивши значення в формулу, отримаємо:

$$E = 16236,6 \cdot 2,8 = 45462,48 \text{ грн}$$

Капітальні витрати складають

$$KB = 10000 \text{ грн}$$

Розраховуємо простий термін окупності:

$$T_{ок}^{np} = \frac{KB}{E}$$

Отримаємо:

$$T_{ок}^{np} = \frac{10000}{45462,48} = 0,21 \text{ року}$$

### 2.7.3 Заміна електровентиляторів старого типу на нові з високим ККД

Електровентилятори встановлені в цеху фасонного лиття у кількості 4 од. Їх характеристики:

- $P_n$  – номінальна потужність,  $P_n = 30 \text{ кВт}$ ;
- тиск вентилятора,  $h = 1500 \text{ Па}$
- продуктивність,  $Q = 20 \text{ м}^3/\text{с}$ ;
- коефіцієнт використання,  $K_v = 0,4$ ;
- час роботи вентилятора в рік,  $T = 5556 \text{ год}$ ;

					НТУУ 01.1351.03 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- ККД вентилятора  $\eta_1 = 0,63$ ;

Заміна вентиляторів старого типу з низьким ККД вентиляторами нового типу ВЦ 4-75 дає суттєву економію електричної енергії.

Характеристики ВЦ 4-75:

-  $P_n$  – номінальна потужність,  $P_n = 30$  кВт;

- тиск вентилятора,  $h = 1500$  Па

- продуктивність,  $Q = 20,1$  м<sup>3</sup>/с;

- ККД вентилятора  $\eta_2 = 0,87$ ;

$$\Delta W = \frac{h \cdot Q \cdot (\eta_2 - \eta_1) \cdot T \cdot K_B}{\eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_E \cdot \eta_T}$$

де  $\eta_1, \eta_2$  - ККД старого і нового вентиляторів;

$\eta_E, \eta_T$  - ККД електродвигуна та транспортування повітря,  $\eta_E = 0,8, \eta_T = 0,9$ ;

$h$  - тиск вентилятора,  $h = 1500$  Па;

$Q$  - продуктивність,  $Q = 20,1$  м<sup>3</sup>/с;

$K_B$  - коефіцієнт використання,  $K_B = 0,4$ ;

$T$  - час роботи вентилятора в рік,  $T = 5556$  год.

Отримаємо економію електричної енергії від заміни вентилятора:

$$\Delta W = \frac{2500 \cdot 2 \cdot (0,85 - 0,63) \cdot 5556 \cdot 0,65}{0,63 \cdot 0,85 \cdot 0,8 \cdot 0,9} \cdot 10^{-3} = 10303,3 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Розраховуємо економію в грошовому еквіваленті:

$$E = 4 \Delta W \cdot b$$

де  $b$  – тариф на електроенергію,  $b = 2,8$  грн/кВт · год

Підставивши значення в формулу отримаємо:

$$E = 4 \cdot 10303,3 \cdot 2,8 = 115396,96 \text{ грн}$$

Вартість заміни вентиляторів складає:

- вартість вентиляторів 78800 грн;
- монтаж і обслуговування 23640 грн.

					НТУУ 01.1351.03 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таким чином капітальні витрати на встановлення нових вентиляторів складають  $KB = 102440$  грн.

Простий термін окупності:

$$T_{ок}^{np} = \frac{KB}{E},$$

Отримуємо:

$$T_{ок}^{np} = \frac{102440}{115396,96} = 0,8 \text{ року}$$

#### 2.7.4 Заміна ИТПЭ-0,5/0,35 ТГ1 на ИТПЭ-0,5/0,35 ТГ2

Виплавка чавуну або сталі здійснюється в двох індукційних плавильних печах ИТПЭ-0,5/0,35 ТГ1 ємністю 500 кг кожна. У якості основних технологічних матеріалів для виплавки металу використовуються чавунний та сталевий лом, а також різні феросплави.

Пропонується замінити дані печі на ИТПЭ-0,5/0,35 ТГ2 з більшою швидкістю плавки та меншими питомими витратами електроенергії на тону.

Характеристики ИТПЭ-0,5/0,35 ТГ1:

- $P_n$  – номінальна потужність,  $P_n = 350$  кВт;
- питома витрата електроенергії на тону,  $d = 550$  (кВт · год)/т
- ємність,  $Q = 0,5$  т;
- ККД ПТ  $\eta_2 = 0,89$ ;

Характеристики ИТПЭ-0,5/0,35 ТГ2:

- $P_n$  – номінальна потужність,  $P_n = 350$  кВт;
- питома витрата електроенергії на тону,  $d = 520$  (кВт · год)/т
- ємність,  $Q = 0,5$  т;
- ККД ПТ  $\eta_2 = 0,89$ ;

$$\Delta W = \frac{Q \cdot (d_1 - d_2) \cdot T \cdot K_B}{\eta_1 \cdot \eta_2}$$

$$\Delta W = \frac{0,5 \cdot (550 - 520) \cdot 5556 \cdot 0,6}{0,89 \cdot 0,89} = 63128,4 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Розраховуємо економію в грошовому еквіваленті на одну піч:

					НТУУ 01.1351.03 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$E = 2\Delta W \cdot b$$

де  $b$  – тариф на електроенергію,  $b = 2,8$  грн/кВт · год

Підставивши значення в формулу отримаємо:

$$E = 2 \cdot 63128,4 \cdot 2,8 = 353519,04 \text{ грн}$$

Вартість заміни вентиляторів складає:

- вартість ИТПЭ-0,5/0,35 ТГ2 2 од. 400000 грн;
- монтаж і обслуговування 120000 грн.

Таким чином капітальні витрати на встановлення нових вентиляторів складають  $KB = 520000$  грн.

Простий термін окупності:

$$T_{ок}^{np} = \frac{KB}{E},$$

Отримуємо:

$$T_{ок}^{np} = \frac{520000}{353519,04} = 1,47 \text{ роки}$$

### Висновки до розділу

Після проведення енергетичного аудиту електропостачальної системи було визначено розрахункове навантаження, втрати спожитої електричної енергії. Після аналізу балансу споживання електроенергії було запропоновано деякі заходи з енергозбереження (табл.2.8).

Таблиця 2.8 – Запропоновані енергозберігаючі заходи

Назва заходу	Термін окупності	Економія, кВт·год	Річна економія, грн
1	2	3	4
Заміна ламп ДРЛ на світлодіодні лампи	7,2 місяців	32356,2	90597,36
Обмеження неробочого ходу верстатів та машини дробоструменевго очищення	2,5 місяців	16236,6	45462,48
Заміна електровентиляторів старого типу на нові з високим ККД	1 рік 8 місяців	10303,3	115396,96

Продовження таблиці 2.8

Заміна ИТПЭ-0,5/0,35 ТГ1 на ИТПЭ-0,5/0,35 ТГ2	1 рік 5,5 місяців	63128,4	353519,04
Річна економія після впровадження всіх заходів, грн	604975,84 грн		

					НТУУ 01.1351.03 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3. АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ

#### 3.1 Опис системи теплопостачання

Теплопостачання заводу здійснюється від власної котельної, побудованої в 2004 році. На котельній виробляється пар тиском 6,2...6,4 кгс/см<sup>2</sup>, температурою 164°C, що використовується в технологічному процесі та гаряча вода з параметрами: тиск 6 кгс/см<sup>2</sup>, температурою 95/70°C. Котельня обладнана водогрійними котлами типу ВК-21, 2од. та паровими котлами типу Е-1,0-0,9Г-3, 2од.

Основними споживачами теплової енергії у вигляді гарячої води на підприємстві є будівлі та споруди на протязі опалювального періоду. Гаряче водопостачання здійснюється тільки для комунально-побутових потреб.

#### 3.2 Споживання теплової енергії

Статистика споживання теплової енергії наведена в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Статистика споживання теплової енергії за 2019-2020 р.

2019/20	тис.м <sup>3</sup>	Гкал	тис.м <sup>3</sup>	Гкал
січень	22,5	209,4	22,4	208,3
лютий	21,0	195,7	21,8	202,7
березень	20,1	187,3	21,6	200,6
квітень	17,4	161,4	17,0	158,0
травень	16,0	148,9	15,2	141,3
червень	15,4	143,2	12,0	123,7
липень	16,7	155,1	15,8	147,2
серпень	16,4	152,3	16,3	151,8
вересень	16,7	155,6	15,7	146,4
жовтень	17,9	166,7	19,6	182,2
листопад	22,2	206,4	22,7	211,0
грудень	24,9	231,8	21,8	203,0
<b>РІК</b>	<b>227,3</b>	<b>2113,8</b>	<b>221,9</b>	<b>2076,3</b>

					НТУУ 001.1351.03 ПЗ									
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата										
Розроб.		Тараненко М.О.			Аналіз ефективності використання теплової енергії на об'єкті				Літ.		Арк.		Акрушів	
Перевір.		Виноградов-С.												
Н. Контр.		Прокопенко І.Д												
Затверд.														

На рисунку 3.1 наведено річне споживання теплової енергії за 2019 – 2020 роки.

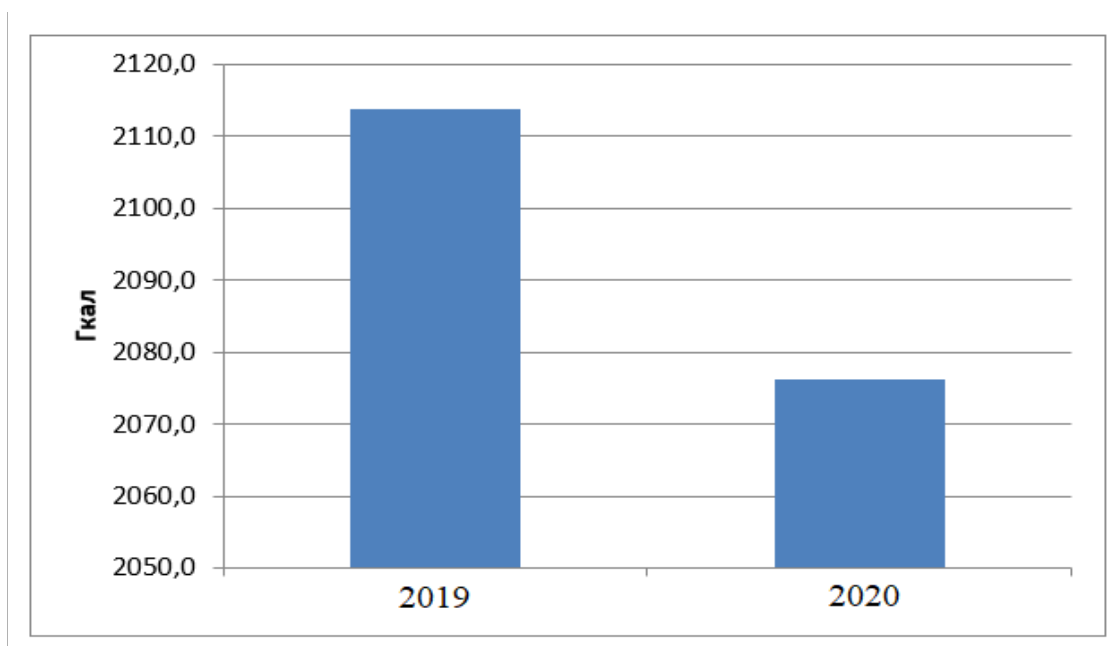


Рисунок 3.1 – Річне споживання теплової енергії за 2019-2020 роки

На рисунку 3.2 наведено помісячне споживання теплової енергії за 2019 – 2020р.

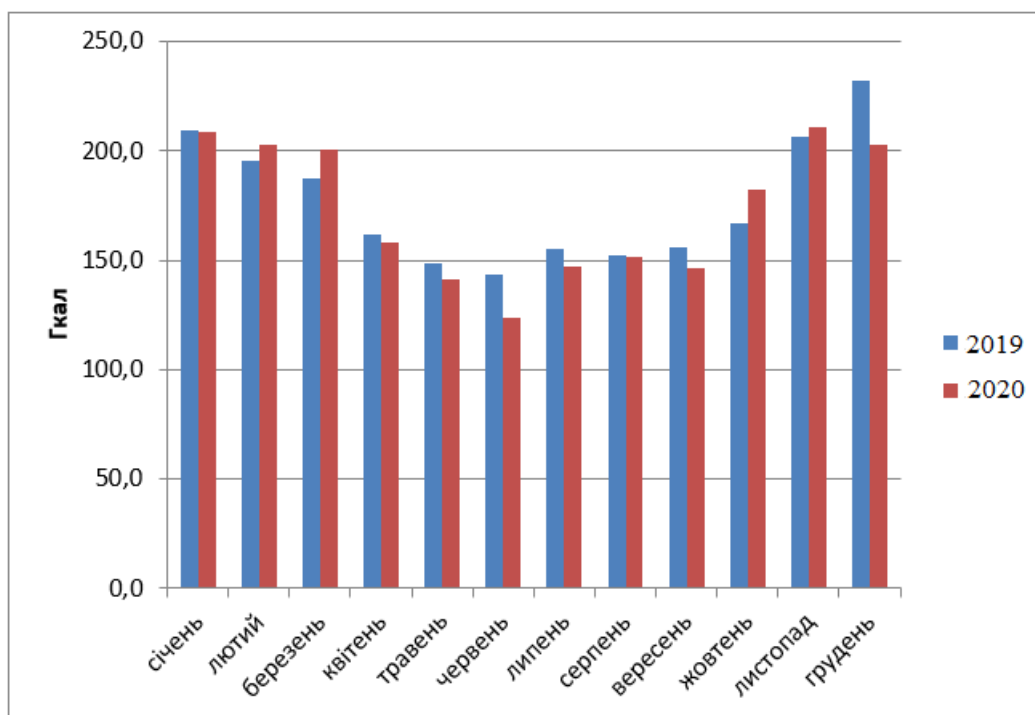


Рисунок 3.2 – Помісячне споживання теплової енергії за 2019-2020 роки



### 3.3 Опис системи водопостачання

Водопостачання заводу здійснюється від міського водоканалу. Всього до заводу один підвод води, далі йде розподілення по всіх цехах. Ці труби розміщені в підвальному приміщенні, орієнтовно під підлогою коридора заводу.

Статистика споживання води за 2019 - 2020 роки наведена у таблиці 3.2

Таблиця 3.2- Статистика споживання оборотної води за 2019 - 2020 роки

2019/20	тис.м <sup>3</sup>	тис.м <sup>3</sup>
січень	5,32	5,35
лютий	5,31	5,34
березень	5,29	5,32
квітень	5,27	5,3
травень	5,3	5,33
червень	5,31	5,34
липень	5,35	5,38
серпень	5,37	5,4
вересень	5,36	5,39
жовтень	5,32	5,35
листопад	5,32	5,35
грудень	5,28	5,31

На рис. 3.3 та 3.4 зображено статистику помісячного та річного споживання оборотної води за 2019 – 2020 роки.

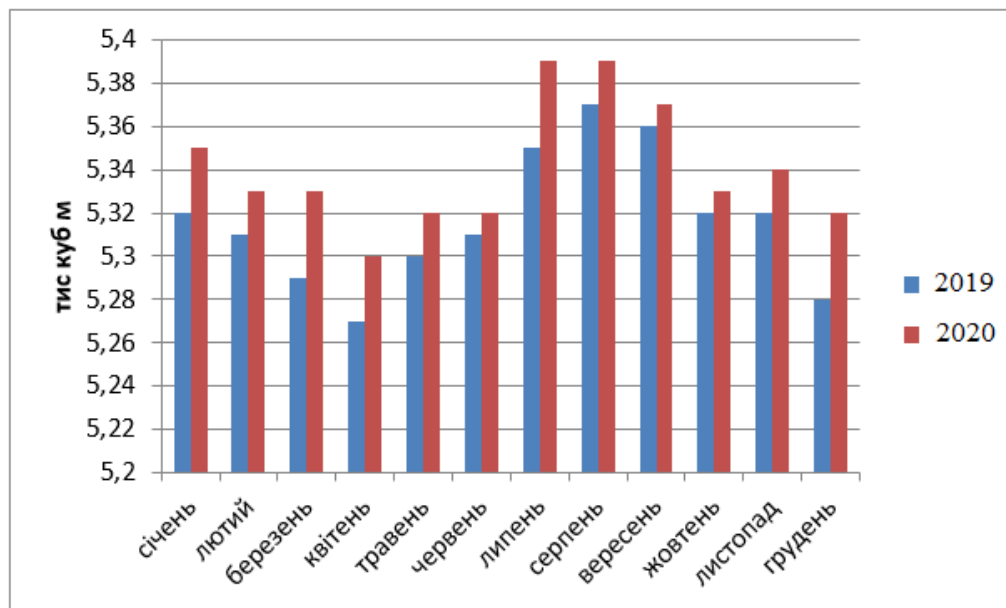


Рисунок 3.3 - Помісячне споживання оборотної води за 2019 - 2020 роки

Таблиця 3.3 - Статистика споживання питної води за 2019 - 2020 роки

2019/20	тис.м <sup>3</sup>	тис.м <sup>3</sup>
січень	114,39	114,39
лютий	122,76	113,46
березень	115,32	122,76
квітень	111,6	111,6
травень	107,88	106,02
червень	100,44	115,32
липень	94,86	106,95
серпень	103,23	111,6
вересень	102,3	107,88
жовтень	115,32	110,67
листопад	127,41	119,97
грудень	114,39	113,46

На рис. 3.4 та 3.5 зображено статистику помісячного та річного споживання води за 2019 – 2020 роки.

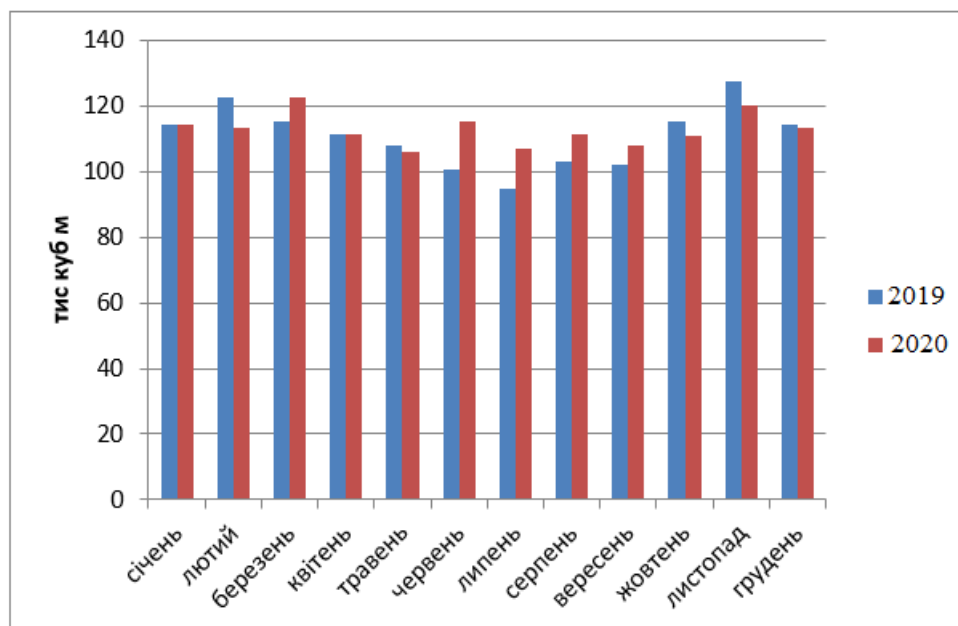


Рисунок 3.4 - Помісячне споживання води за 2019 - 2020 роки

### 3.4 Розрахунок втрат через огорожуючі конструкції

Розрахунок втрат через огорожуючі конструкції базується на врахуванні теплоізоляційних властивостей матеріалів, з яких виконаний цех, орієнтації відповідно до сторін світу, витрат теплоти на вентиляцію і т.п.

Визначимо теплові втрати через огорожуючі конструкції, кВт:

$$Q = F \cdot k \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зов}}) \cdot \eta,$$

де  $F$  – площа огорожуючих конструкцій, м<sup>2</sup>;

$k$  – коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м<sup>2</sup>·К);

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

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

$\eta$  – коефіцієнт додаткових теплових втрат.

Основні складові зовнішніх стін:

- цементно-піщана штукатурка зовнішня з  $\lambda_{\text{з.шт.}} = 1,2 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$  і товщиною  $\delta_{\text{з.шт.}} = 0,021$  м;
- цегла (цементно-піщаний розчин) з  $\lambda_{\text{ц}} = 0,81 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$  і товщиною  $\delta_{\text{ц}} = 0,65$  м;
- гіпс з  $\lambda_{\text{г}} = 0,21 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$  і товщиною  $\delta_{\text{г}} = 0,036$  м;

					НТУУ 01.1351.03 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- цементно-піщана штукатурка внутрішня з  $\lambda_{\text{вн.шт.}}=1,2 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$  і товщиною  $\delta_{\text{вн.шт.}}=0,031 \text{ м}$ .

Опір теплопередачі через зовнішні стіни знаходимо за формулою:

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

де  $\lambda_i$ - коефіцієнт теплопровідності відповідного шару,  $\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$ ;

$\delta_i$ - товщина відповідного шару, м;

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

$\alpha_3$  - коефіцієнт тепловіддачі від стін зовнішньому середовищу.

$$R_{\text{стіни}} = \frac{1}{23} + \frac{0,021}{1,2} + \frac{0,65}{0,81} + \frac{0,036}{0,21} + \frac{0,031}{1,2} + \frac{1}{8,7} = 1,176 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}.$$

Коефіцієнт теплопередачі стіни становить:

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

$$K_{\text{ст}} = \frac{1}{1,176} = 0,85 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}.$$

Коефіцієнт теплопередачі вікон з подвійним заскленням в дерев'яних сполучених переплітах становить:

$$K_{\text{вік}} = 2,94 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}.$$

Стеля складається з наступних шарів:

- залізобетонні блоки з  $\lambda_{\text{з/б}}=1,7 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$  товщиною  $\delta_{\text{з/б}}=0,16 \text{ м}$  ;
- цементно-піщана стяжка з  $\lambda_{\text{ц.ст.}}=0,93 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$  товщиною  $\delta_{\text{ц.ст.}}=0,01 \text{ м}$ ;
- гідроізоляція з  $\lambda_{\text{гідроіз.}}=0,7 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$  товщиною  $\delta_{\text{гідроіз.}}=0,003 \text{ м}$ ;
- жорсткі мінеральні плити з  $\lambda_{\text{мін.пл.}}=0,08 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$  товщиною  $\delta_{\text{мін.пл.}}=0,08 \text{ м}$ .

Опір теплопередачі знаходимо за формулою:

$$R_{\text{стелі}} = \frac{1}{\alpha_3} + \frac{\delta_{\text{з/б}}}{\lambda_{\text{з/б}}} + \frac{\delta_{\text{ц.ст.}}}{\lambda_{\text{ц.ст.}}} + \frac{\delta_{\text{гідроіз.}}}{\lambda_{\text{гідроіз.}}} + \frac{\delta_{\text{мін.пл.}}}{\lambda_{\text{мін.пл.}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{вн.}}}$$

					НТУУ 01.1351.03 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_{стелі} = \frac{1}{12} + \frac{0,16}{1,7} + \frac{0,01}{0,93} + \frac{0,003}{0,7} + \frac{0,08}{0,08} + \frac{1}{7,6} = 1,321 \frac{м \cdot ^\circ C}{Вт}.$$

Коефіцієнт теплопередачі стелі:

$$K_{стелі} = \frac{1}{R_{стелі}}$$

$$K_{стелі} = \frac{1}{1,321} = 0,757 \frac{Вт}{м \cdot ^\circ C}$$

Коефіцієнт теплопередачі дверей становить:

$$K_{дв} = 2,33 \frac{Вт}{м \cdot ^\circ C}$$

Підлога складається з наступних шарів:

- залізобетонне перекриття з  $\lambda_{з/б} = 1,86 \frac{Вт}{м \cdot ^\circ C}$  товщиною  $\delta_{з/б} = 0,1$  м;
- шлакобетон з  $\lambda_{шл.б.} = 0,63 \frac{Вт}{м \cdot ^\circ C}$  товщиною  $\delta_{шл.б.} = 0,04$  м;
- цементно-піщана стяжка  $\lambda_{ц.ст.} = 0,93 \frac{Вт}{м \cdot ^\circ C}$  товщиною  $\delta_{ц.ст.} = 0,015$  м;
- плитка керамічна  $\lambda_{пл} = 0,64 \frac{Вт}{м \cdot ^\circ C}$  товщиною  $\delta_{пл} = 0,012$  м.

Опір теплопередачі:

$$R_{підлоги} = \frac{1}{\alpha_3} + \frac{\delta_{з/б}}{\lambda_{з/б}} + \frac{\delta_{шл.б.}}{\lambda_{шл.б.}} + \frac{\delta_{ц.ст.}}{\lambda_{ц.ст.}} + \frac{\delta_{пл}}{\lambda_{пл}} + \frac{1}{\alpha_{вн}},$$

$$R_{підлоги} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,1}{1,86} + \frac{0,04}{0,63} + \frac{0,015}{0,93} + \frac{0,012}{0,64} + \frac{1}{6} = 1,515 \frac{Вт}{м \cdot ^\circ C}$$

Коефіцієнт теплопередачі підлоги:

$$K_{підлоги} = \frac{1}{R_{підлоги}}$$

$$K_{підлоги} = \frac{1}{1,515} = 0,66 \frac{Вт}{м \cdot ^\circ C}$$

Втрати теплоти через зовнішню стінку:

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

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

					НТУУ 01.1351.03 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- площа північної стіни  $-78 \text{ м}^2$ ;
- площа південної стіни  $-78 \text{ м}^2$ ;
- площа східної стіни  $-357,5 \text{ м}^2$ ;
- площа західної стіни  $-357,5 \text{ м}^2$ .

$$Q_{з.стін} = 0,85 \cdot (78 \cdot 1,1 + 78 \cdot 1 + 357,5 \cdot 1,05 + 357,5 \cdot 1,05) \cdot (18 - (-22)) \cdot 1 = 31,09 \text{ кВт} = 26,73 \cdot 10^3 \frac{\text{ккал}}{\text{год}}$$

Втрати теплоти через вікна:

$$Q_{вік} = \sum K_{вік} \cdot F_{вік} \cdot (t_{вн} - t_{зовн}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n_{вік}$$

Загальна площа вікон, що виходять на північ складає  $66 \text{ м}^2$ , на південь  $-66 \text{ м}^2$ , на захід  $-302,5 \text{ м}^2$ , на схід  $-302,5 \text{ м}^2$ .

$$Q_{вік} = 2,94 \cdot (66 \cdot 1,1 + 66 \cdot 1 + 302,5 \cdot 1,05 + 302,5 \cdot 1,05) \cdot (18 - (-22)) \cdot 1 = 91 \text{ кВт} = 78,24 \cdot 10^3 \frac{\text{ккал}}{\text{год}}$$

Втрати теплоти через зовнішні двері:

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

Загальна площа дверей  $15 \text{ м}^2$ .

$$Q_{дв} = 2,33 \cdot 15 \cdot (18 - (-22)) \cdot 1 = 1,398 \text{ кВт} = 1,202 \cdot 10^3 \frac{\text{ккал}}{\text{год}}$$

Втрати теплоти через стелю:

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

Загальна площа стелі цеху  $660 \text{ м}^2$ .

$$Q_{стелі} = 0,757 \cdot 660 \cdot (18 - (-22)) \cdot 1 = 19,98 \text{ кВт} = 17,18 \cdot 10^3 \frac{\text{ккал}}{\text{год}}$$

Втрати теплоти через підлогу:

$$Q_{підлоги} = F_{підлоги} \cdot K_{підлоги} \cdot (t_{вн} - t_{зовн})$$

Загальна площа підлоги  $660 \text{ м}^2$ .

$$Q_{підлоги} = 0,66 \cdot 660 \cdot (18 - (-22)) = 17,42 \text{ кВт} = 14,98 \cdot 10^3 \frac{\text{ккал}}{\text{год}}$$

					НТУУ 01.1351.03 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Загальні втрати через огорожуючі конструкції:

$$Q_{огор} = Q_{з.стін} + Q_{вік} + Q_{дв} + Q_{стелі} + Q_{підлоги}$$

$$Q_{огор} = (26,73 + 78,24 + 1,202 + 17,18 + 14,98) \cdot 10^3 = 138,33 \cdot 10^3 \frac{\text{ккал}}{\text{год}}$$

$$= 160,88 \text{ кВт}$$

Тепло, що йде на нагрівання інфільтраційного повітря

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

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

$$Q_{інф} = 0,337 \cdot 7920 \cdot (18 - (-22)) = 106,76 \text{ кВт} = 91,8 \cdot 10^3 \text{ ккал}$$

### 3.4 Тепловий баланс цеху фасонного лиття

Витрати тепла на нагрівання зовнішнього повітря, яке проникає через двері тамбурів, що відчиняються, ккал:

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

де  $H$  – висота будівлі, м;

$P$  – кількість людей, що знаходяться в будівлі;

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

$$Q_{д} = 0,7 \cdot 0,6 \cdot (12 + 0,8 \cdot 32) \cdot (18 - (-22)) = 631,68 \text{ Вт} = 543,1 \frac{\text{ккал}}{\text{год}}$$

Витрати тепла в трубопроводах системи опалення, що проходять по неопалювальних підвалах і підпіллях, ккал:

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

$$Q_2 = 0,02 \cdot (138,33 + 91,8 + 0,54)10^3 = 4613,4 \frac{\text{ккал}}{\text{год}}$$

Тепло, що надходить від людей і освітлення, ккал/год:

$$Q_3 = \frac{0,01 \cdot F_{бурд}}{1163} = \frac{0,01 \cdot 660}{1163} = 5675 \frac{\text{ккал}}{\text{год}}$$

Сумарне теплове навантаження цеху, ккал/год:

$$Q_{сум} = (Q_{огор} + Q_{інф} + Q_{д}) \cdot b_1 \cdot b_2 + Q_2 - Q_3,$$

$$Q_{сум} = (138,33 + 91,8 + 0,54)10^3 \cdot 1,13 \cdot 1,01 + 4613,4 - 5675 =$$

					НТУУ 01.1351.03 ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$= 0,26 \frac{\Gamma_{\text{кал}}}{\text{год}} = 0,3 \text{ МВт}$$

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

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

$$G_{\text{отак}} = \frac{3,6 \cdot 1,163 \cdot 0,26 \cdot 10^3}{4,187 \cdot (90 - 70)} = 13 \frac{\text{т}}{\text{год}} = 14,17 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

### 3.5 Розрахунок заходів з енергозбереження

#### 3.5.1 Утеплення стіни за радіаторами опалення

Великі втрати тепла у цеху відбуваються через огорожуючі конструкції. Особливу увагу слід приділяти утепленню тієї частини стін, що знаходиться за опалювальними приладами.

Розміщений поряд зі стіною радіатор нагріває стіну, підвищуючи температуру на її внутрішній поверхні, внаслідок чого втрати тепла у цій частині огороження різко зростають. Ситуація погіршується, якщо опалювальний прилад розташований у ніші. Через більш тонку стінку ніші теплові втрати значно зростають.

Тому рекомендується встановлювати теплоізоляційний матеріал за опалювальним приладом на внутрішній поверхні стіни.

Нагрітий радіатор значну частину теплоти віддає у вигляді теплового випромінювання, тому на поверхні утеплювача, що направлена до опалювального приладу доцільно встановити екран з алюмінієвої фольги, що буде відбивати променеве тепло, що випромінюється радіатором, у приміщення.

Необхідно враховувати, що для забезпечення конвективного теплообміну треба залишити зазор між опалювальним приладом та поверхнею стіни не менше, ніж 3 мм.

Для встановлення екранів можна використати спеціальний матеріал – базальтове волокно(мати) Paroc Wired Mat. Ці мати являють собою м'який матеріал, створений з мінеральної вати (іноді її ще називають кам'яною).

					НТУУ 01.1351.03 ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Найчастіше використовується для утеплення трубопроводів як промислового, так і персонального призначення.

Знаходимо площу стіни, яка знаходиться за радіаторами (площа, на яку необхідно буде встановити екрани).

$$F_{ст.рад.} = \sum_{i=1}^k a_i \cdot b_i \cdot n_i,$$

де  $k$  - кількість типів радіаторів,  $n$  - кількість радіаторів одного типу;  
 $a, b$  - геометричні параметри радіатора (ширина, довжина, м).

$$F_{ст.рад.} = 1 \cdot 0,8 \cdot 45 = 36 \text{ м}^2$$

Втрати через таку площу стіни до встановлення екранів:

$$Q_{ст.рад.} = F_{ст.рад.} \cdot 1,2 \cdot K_{ст.} \cdot (t_в - t_н) \cdot \beta_{зл.ст.}$$

$$Q_{ст.рад.} = 33,6 \cdot 1,2 \cdot 0,85 \cdot (18 + 22) \cdot 1,05 = 1,52 \text{ кВт}$$

Втрати через таку площу стіни після встановлення екранів:

$$Q_{ст.рад+екр.} = F_{ст.} \cdot 1,2 \cdot K_{ст+екр.} \cdot (t_в - t_н) \cdot \beta_{зл.ст.}$$

$$Q_{ст.рад+екр.} = 36 \cdot 1,2 \cdot \frac{1}{1,176 + 0,048} \cdot (18 + 22) \cdot 1,05 = 1,45 \text{ кВт}$$

Різниця між втратами:

$$Q_{\Delta} = Q_{ст.рад.} - Q_{ст.рад+екр.}$$

$$Q_{\Delta} = 1,44 - 1,19 = 0,07 \text{ кВт} = 60,2 \frac{\text{ккал}}{\text{год}}$$

На даний момент плата за 1 Гкал складає 1345,11 грн/Гкал. Для заводу тривалість опалювального сезону складає 184 діб.

Знайдемо економію тепла за опалювальний сезон:

$$Q_{\Delta \text{річ}} = Q_{\Delta} \cdot 24 \cdot 184$$

$$Q_{\Delta \text{річ}} = 60,2 \cdot 24 \cdot 184 = 265843,2 \frac{\text{ккал}}{\text{рік}}$$

Річна економія витрат становитиме:

$$B = Q_{\Delta \text{річ}} \cdot b$$

$$B = \frac{265843,2}{1000000} \cdot 1345,11 = 357,6 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}$$

					НТУУ 01.1351.03 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Витрати на встановлення екранів (обираємо екран товщиною 3мм, вартістю 85 грн/м<sup>2</sup>) становитимуть:

$$K = F_{ст.рад.} \cdot 1,2 \cdot Ц$$

$$K = 36 \cdot 1,2 \cdot 85 = 3672 \text{ грн}$$

Термін окупності проекту:

$$T = \frac{3672}{357,6} = 10,3 \text{ років}$$

Термін окупності значний, але час проекту складає 50 років.

### 3.5.2 Заміна вікон

Вікна цеху мають високий коефіцієнт теплопередачі, втрати тепла крізь них складають значну частину в загальних втратах тепла будівлі.

Рекомендується з метою зменшення теплових втрат замінити існуючі вікна на нові однокамерні герметичні енергозберігаючі склопакети з опором теплопередачі 0,806 м<sup>2</sup>°C/Вт

Площа вікон, що потребують заміни, складає:  $F = 737 \text{ м}^2$

Річні втрати тепла через вікна:

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

$$Q_{вік} = 2,94 \cdot 737 \cdot (18 + 22) \cdot 187 \cdot 24 \cdot 10^{-6} = 389 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}$$

Втрати крізь нові склопакети складуть:

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

$$Q_{вік}' = \frac{1}{0,806} \cdot 737 \cdot (18 + 22) \cdot 187 \cdot 24 \cdot 10^{-6} = 164,2 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}$$

Річна економія теплової енергії:

$$\Delta Q = Q_{вік} - Q_{вік}'$$

$$\Delta Q = 389 - 164,2 = 224,8 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}$$

Економія в грошовому еквіваленті становитиме:

$$E = 1345,11 \cdot 224,8 = 302380,7 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}$$

					НТУУ 01.1351.03 ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вартість 1 м<sup>2</sup> енергозберігаючого склопакету разом з витратами на його встановлення складуть 620 грн.

Загальні витрати на введення в експлуатацію складуть:

$$K = 620 \cdot 737 = 456940 \text{ грн}$$

Термін окупності проекту:

$$T = \frac{456940}{302380,8} = 1,5 \text{ року}$$

Це достатньо невеликий термін окупності. Тому захід варто застосовувати.

### **3.5.3 Проведення тепловізійної діагностики огорожувальних конструкцій та системи опалення**

При огляді підприємства було виявлено невідповідності температур у однорідних приміщеннях (з однаковим температурним режимом, однаковою площею і однаковим конструктивом огорожувальних конструкцій), а також наявність відсирілих кутів приміщень.

Проведення тепловізійної діагностики дозволить виявити:

1. місця підвищених втрат теплоти через огорожувальні конструкції, такі як:
  - неправильний монтаж теплоізоляції, або її пошкодження;
  - неправильний монтаж вікон чи дверей;
2. накопичення вологи всередині конструкції
3. внутрішні забруднення та застої в радіаторах і трубах

Тепловізійні вимірювання зовнішніх поверхонь огорожувальних конструкцій проводять в зимовий або перехідні періоди року при температурному перепаді між внутрішнім і зовнішнім повітрям не менше 15<sup>0</sup>С.

Вимірювання проводять за відсутності атмосферних опадів, туману, задимленості повітря, інею на поверхнях, а також прямого сонячного опромінювання поверхонь огорожувальних конструкцій.

					НТУУ 01.1351.03 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Обстежувані поверхні огорожувальних конструкцій не повинні знаходитися в зоні прямого і відбитого сонячного опромінювання за 12 годин до проведення вимірювань.

Тепловізійні вимірювання проводиться в 2 етапи. Спочатку проводиться оглядове тепловізійне обстеження всіх зовнішніх конструкцій будівлі, потім – аналіз оглядових термограм і вибір характерних зон (ділянок конструкції).

Виявлення даних недоліків і їх усунення призведе до орієнтовного зниження втрат тепла, а, як наслідок, зменшення споживання на опалення на 3-5%.

Взявши за основу дані а опалювальний період 2019-2020 року, де сумарне споживання теплової енергії складало 1358,9 Гкал/рік, порахуємо річну економію.

$$E = 1358,9 \cdot 0,03 = 40,77 \text{ Гкал/рік}$$

В грошовому еквіваленті (при вартості для підприємства (1 Гкал=1345,11 грн.), річна сума економії складе:

$$E = 40,77 \cdot 1345,11 = 54840,13 \text{ грн/рік}$$

Затрати на проведення діагностики спеціалізованою фірмою і усунення недоліків складатимуть 8600 грн.

Розрахуємо простий термін окупності

$$T = \frac{8600}{54840,13} = 0,16 \text{ року}$$

### Висновки до розділу

В даному розділі було розраховано тепловтрати об'єкту та визначено місця найбільших втрат тепла.

Результати розрахунків енергозберігаючих заходів наведено в таблиці 3.9. З наведених результатів можна сказати, що впровадження заходів позитивно вплине на будівлю, зменшить теплові витрати і зекономить кошти на енергоресурси.

Таблиця 3.4 – Результати розрахунків енергозберігаючих заходів

					НТУУ 01.1351.03 ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

МЕЗ	Економія, грн/рік	Капітальні вкладення, грн	Простий термін окупності, роки
Утеплення стіни за радіаторами опалення	357,6	3672	10,3
Заміна вікон	302380,8	456940	1,5
Проведення тепловізійної діагностики огорожувальних конструкцій та системи опалення	8600	54840,13	0,16
$\Sigma$	311338,4	515452,13	11,96

Отже, після впровадження всіх енергозберігаючих заходів ми можемо зекономити 311338,4 грн в рік.

					НТУУ 01.1351.03 ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

#### 4. СИСТЕМА ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ ОБ'ЄКТУ

Ефективне використання енергії – це використання меншої кількості енергії для забезпечення того ж рівня енергетичного забезпечення технологічних процесів на виробництві. Процес енергоспоживання на промислових підприємствах можна представити як окремий бізнес-процес з ресурсами на вході (компоненти енергоскладової) і кінцевим продуктом на виході (енергоскладової в собівартості продукції).

Українські промислові підприємства, як правило, звертають особливу увагу на задоволення потреб виробництва в енергетичних носіях і не дають великого значення ефективності їх використання. Визнання того, що енергія є одним з видів ресурсів, який потребує такого ж управління, як будьякий інший ресурс, є основою для поліпшення енергоефективності та зниження Економіка та упра енерговитрат.

Енергетичний ресурс – носій енергії, яка використовується або може бути використана під час здійснення господарської та іншої діяльності. В ході такої діяльності вартість енергетичного ресурсу стає складовою собівартості продукції. Оскільки вартість продукції є основою для забезпечення конкурентоспроможності продукції, вона буде впливати на ефективність діяльності промислового підприємства на ринку, особливо в умовах жорсткої конкуренції. Таким чином, ефективне використання енергії стає одним з головних питань, вирішення якого потребує особливої уваги з боку керівництва підприємств, зокрема промислових, технологічні процеси яких зазвичай є енергомісткими.

Для досягнення бажаних результатів у сфері енергозбереження недостатньо лише вживати відповідних заходів, потрібно також систематично здійснювати управління енергоспоживанням.

					НТУУ 001.1351.03 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Тараненко М.О.			СИСТЕМА ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ ОБ'ЄКТУ		Літ.	Арк.
Перевір.		Бориченко О.В.						Акрушів
Н. Контр.		Прокопенко І.Д						
Затверд.								

Як відомо із зарубіжної практики, з цією метою на будь-якому промисловому підприємстві створюється система енергетичного менеджменту, основною метою функціонування якої є систематичне, цілеспрямоване підвищення енергетичної ефективності господарювання за одночасного раціонального використання всіх інших ресурсів [2]. Для досягнення ефективного зниження витрат паливно-енергетичних ресурсів промислові підприємства повинні приділяти особливу увагу заходам з підвищення енергетичної ефективності їх використання. На відміну від енергозбереження, спрямованого головним чином на зменшення енергоспоживання, енергоефективність – це ефективне використання енергії. Ефективне використання енергії – це використання меншої кількості енергії для забезпечення того ж рівня енергетичного забезпечення технологічних процесів на виробництві. Енергетика є системоутворюючою, базовою галуззю, основою національної економіки, найважливішим чинником її розвитку. Від сталої роботи та розвитку паливно-енергетичного комплексу сьогодні залежить доля реформ і майбутнього розвитку будь-якої країни, зокрема України. Енергоємність валового внутрішнього продукту (ВВП) це відношення загальної кількості спожитих у країні енергоресурсів до отриманого при цьому ВВП (для більш адекватного порівняння рівень ВВП країни враховується з паритетом купівельної спроможності – ПКС), він є загальновизнаним показником енергоефективності.

Енергоємність ВВП України у 2 рази перевищує показник світового ВВП та майже у 3 рази перевищує енергоємність промислово розвинених країн. Саме тому одним з найважливіших стратегічних завдань нашої держави є зниження до 2035 року енергоємності ВВП більш ніж у 2 рази [3, с. 9]. Основною причиною неефективного використання енергії в Україні за наявності значної кількості нових енергоефективних розробок українських вчених і фахівців, а також достатньо великого парку енергоефективного обладнання є перш за все відсутність ефективного управління енергетичними потоками, недосконалість формування та розподілу прибутку, відсутність

					НТУУ 01.1351.01 ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мотивації в системі оподаткування та під час виробничої діяльності на промислових підприємствах. Через те, що в Україні основними споживачами енергетичних ресурсів є промислові підприємства різних галузей, для реалізації енергетичної стратегії України необхідно створити досконалу систему управління енергоефективністю та енергозбереженням на кожному окремому промисловому підприємстві. Вирішення цього завдання можливе за рахунок впровадження системи енергетичного менеджменту (ISO 50001). Енергетичний менеджмент – це діяльність, що спрямована на забезпечення раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) і базується на отриманні інформації щодо споживання енергії за допомогою обліку, проведення енергоаудиту, контролю та аналізу ефективності енерговикористання та впровадження енергозберігаючих заходів [4, с. 5]. Виконання вимог стандарту ISO 50001 має цілу чергу прямих та непрямих вигод організаційного, фінансового та репутаційного характеру (рис. 4.1).

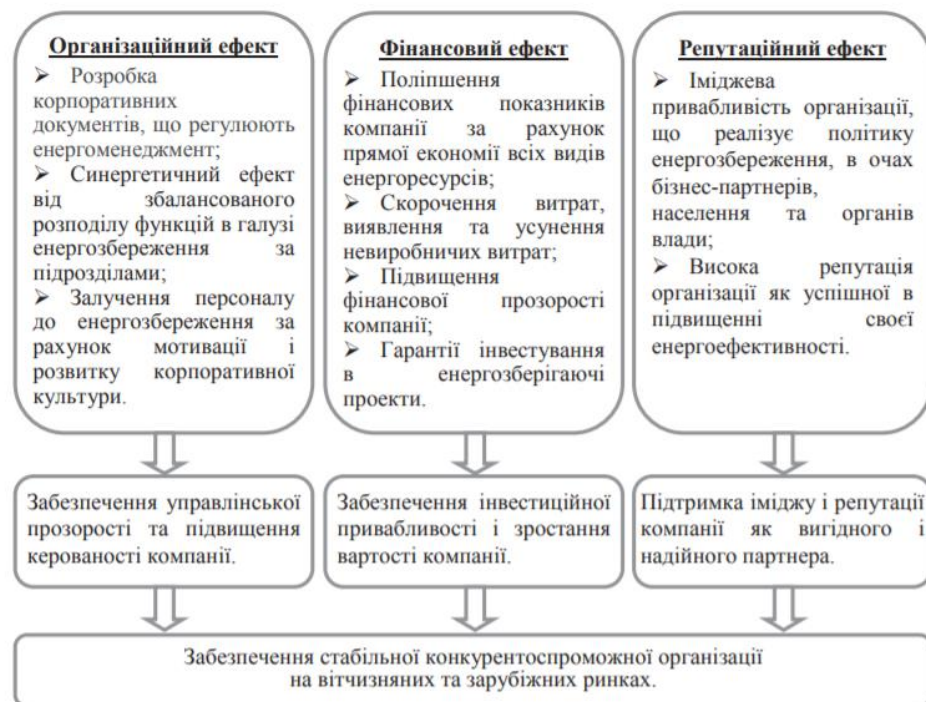


Рис. 4.1 Ефект від виконання вимог стандарту ISO 50001

Енергоменеджмент, реалізуючи системний підхід до підвищення енергоефективності промислового підприємства, дає змогу розробити енергетичну політику, визначити цілі і впроваджувати процеси для їх



досягнення, контролювати ефективність, а також проводити зміни з метою вдосконалення системи управління споживанням паливно-енергетичних ресурсів [5].

В основу стандарту ISO 50001 (СЕНМ), як і в основу стандартів ISO 9001 (система менеджменту якості – СМЯ), ISO 14001 (система екологічного менеджменту – СЕМ) та OHSAS 18001 (система менеджменту промислової безпеки і охорони праці – СМБ), покладений цикл «Плануй – Виконуй – Контролюй – Покращуй» (цикл PDCA), спрямованої на постійне поліпшення. Тому елементи системи менеджменту якості (ISO 9001), а також вже розроблена раніше документація (робочі процедури, операційні інструкції, технологічні регламенти, стандарти підприємства) можуть стати основою і фундаментом для робіт щодо впровадження системи енергоменеджменту [6]. Саме тому такі різні системи менеджменту можуть бути легко інтегровані одна в одну (рис. 4.2) [7].



Рис.2.1 Інтеграція СЕНМ у системи менеджменту якості

Створення СЕНМ на промисловому підприємстві повинно починатися з документального оформлення рішення керівництва про створення системи енергоменеджменту [8]. Для цього необхідно: – видати наказ про створення системи енергоменеджменту з конкретним визначенням її цілей і найближчих завдань; – призначити керівника служби енергоменеджменту, поставивши йому в обов’язок визначення основних процесів управління

використанням енергоресурсів, реалізацію поставлених завдань, організацію робіт та підтримання в робочому стані процесів управління, координацію діяльності робочої групи з енергозбереження.

На рис. 3 показано спрощену схему організаційної структури Хмельницького заводу залізобетонних конструкцій з урахуванням СЕНМ.



Рис.4.3 Спрощена схема організаційної структури об'єкту

На рис. 4.4 наведено модель організації СЕНМ, яка рекомендована для запровадження на об'єкті.

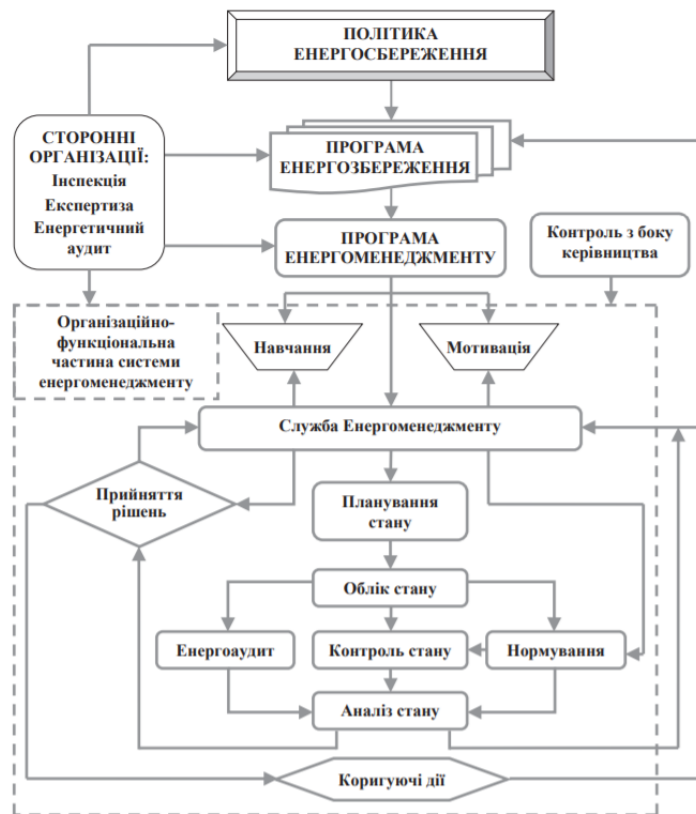


Рис. 4.4 Рекомендована модель організації СЕНМ на об'єкті

Представлена модель СЕНМ показує всю послідовність організації енергоменеджменту на промисловому підприємстві. Тільки за умови виконання всіх етапів цієї моделі може бути досягнутий позитивний результат. На нашу думку, найбільш доцільна послідовність розроблення і впровадження СЕНМ на даному об'єкті повинна мати низку характерних етапів, виконання яких є обов'язковим для подальшого ефективного функціонування СЕНМ. Вона має таку послідовність з урахуванням рекомендацій [9; 10]:

- 1) розроблення Політики енергозбереження;
- 2) розроблення Програми енергозбереження;
- 3) розроблення Програми енергетичного менеджменту;
- 4) формування структури служби енергоменеджменту;
- 5) запровадження енергетичного моніторингу;
- 6) створення комплексу внутрішніх стандартів підприємства, які регламентують функціонування СЕНМ;

7) розроблення програм мотивації, інформування та навчання персоналу у сфері енергозбереження;

8) документування СЕНМ;

9) проведення аудиту СЕНМ;

10) проведення сертифікації СЕНМ.

Служба енергетичного менеджменту, яка ефективно функціонує, вже протягом першого року знижує витрати на енергоресурси щонайменше на 6–7% (вітчизняний досвід), а загалом – до 20% (закордонний досвід) [11]. Враховуючи обсяг споживання в тонах умовного палива (ТУП) Хмельницького заводу залізобетонних конструкцій паливноенергетичних ресурсів у 2020 році, можна спрогнозувати величину зниження паливноенергетичних ресурсів з урахуванням передбачуваної економії за рахунок впровадження СЕНМ на об'єкті. Таким чином, впровадження системи енергетичного менеджменту на основі стандарту ISO 50001 на об'єкті дасть такі переваги: – більш ефективне використання енергетичних ресурсів; – можливість оцінки пріоритетності запровадження енергозберігаючих технологій; – створення основи для впровадження критеріїв енергоефективності в практику управління; – оперативне управління енергоспоживанням та витратами; – можливість залучення передового досвіду і грамотне управління в СЕНМ.

### **Висновки до розділу**

Визнання енергії як одного з видів ресурсів, який вимагає такого ж менеджменту, як будь-який інший ресурс, є першим кроком до поліпшення енергоефективності та зниження енерговитрат на промислових підприємствах.

Для досягнення реального поліпшення енергетичної ефективності промислового підприємства необхідно удосконалювати його систему управління. Тому для успішної реалізації стратегії України в напрямі скорочення до 2035 року енергоємності вітчизняної економіки на 30–35% необхідно створити досконалу систему управління енергоефективністю та

					НТУУ 01.1351.01 ПЗ	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

енергозбереженням. Одним із інструментів вирішення цього завдання є впровадження системи енергетичного менеджменту на основі стандарту ISO 50001.

					НТУУ 01.1351.01 ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Нині впровадження альтернативних джерел енергії, автономних і децентралізованих, в багатьох країнах вигідніше, як з економічної, так і з екологічної точки зору. Вископне паливо стає джерелом енергії вчорашнього дня, яке не може забезпечити стійкий розвиток людства в довгостроковій перспективі.

Східна Європа - сонячний регіон, тому застосування сонячних фотоелектричних панелей тут, особливо актуально.

Сонячна фотоелектрична система - це сонячна електростанція, в якій використовується спосіб прямого перетворення енергії сонячного випромінювання в електричну. Установка складається з набору сонячних модулів - панелей, що розміщуються на опорній конструкції або даху житлового будинку, акумуляторної батареї, регулятора заряду-розряду акумулятора, і інвертора, на випадок, коли необхідно мати напругу змінного струму.

Сонячні панелі є основним компонентом для побудови фотоелектричних систем. Збираються вони з окремих сонячних елементів, принцип роботи яких побудований на основі явища внутрішнього фотоефекту в напівпровідниках. У фотоелектричних перетворювачах сонячної енергії використовується кремній з добавками інших елементів, що утворюють структуру з р-п -переходом. Причому товщина напівпровідника не перевищує 0,2-0,3 мм.

Так само можна виділити 2 типи фотоелектричних систем: автономні і сполучені з електричною мережею.

					НТУУ 001.1351.03 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ОЦІНКА МОЖЛИВОСТЕЙ ЗАСТОСУВАННЯ ВТОРИННИХ ТА ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Тараненко М.О.						
Перевір.		Костюк В.О.						
Н. Контр.		Прокопенко І.Д						
Затверд.								

Станції другого типу віддають надлишки електричної енергії в мережу, яка служить резервом у разі виникнення внутрішнього дефіциту електричної енергії.

Сонячні фотоелектричні системи мають ряд переваг:

- Їх робота механічно дуже проста, немає частин, що обертаються, і не треба експлуатаційного обслуговування, окрім періодичного очищення поверхні сонячних панелей.
- Сонячні панелі виробляють електрику, яка може запасатися в акумуляторних батареях і використовуватися залежно від місткості акумуляторної батареї.
- Вироблення електричної енергії фотоелектричним процесом зовсім безшумне і не робить ніяких углекислотних і інших токсичних випарів.
- Фотоелектричні сонячні панелі незамінні у важкодоступних і видалених районах, де прокладення ліній електропередач економічно не вигідно.

Кремній, з якого виготовляються сонячні елементи, називають "нафтою 21-го століття". Розрахунки показують, що сонячний елемент з ККД 15 %, на які пішов 1 кг кремнію, за 30 років служби можуть зробити 300 МВтч електроенергії. Рівну кількість електроенергії можна отримати, витративши 75 т нафти (з урахуванням ККД теплоелектростанцій 33 % і теплотворній здатності нафти 43,7 МДж/кг). Таким чином, 1 кг кремнію виявляється еквівалентний 75т нафті.

Залежно від того, яким чином організовані атоми кремнію в кристалі, сонячні елементи діляться на види:

- Сонячні модулі з монокристалічного кремнію;
- Сонячні елементи з полікристалічного кремнію;
- Сонячні елементи з аморфного кремнію.

Чи варто купувати та встановлювати сонячні батареї та колектори?

					НТУУ.001.1351.01 ПЗ	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- сонце є повністю безкоштовним, відновлювальним та постійним джерелом енергії;
- відсутність забруднення довкілля при генерації електрики за допомогою сонячних батарей;
- сонячну енергію можливо використовувати у віддалених районах, де не можна провести електроенергію;
- після встановлення сонячних батарей, витрати будуть лише на обслуговування;
- більшість систем не вимагають обслуговування протягом їхнього життя, а значить, Вам ніколи не доведеться вкладати в них гроші;
- довгий термін роботи сонячних батарей (більшість систем мають термін служби від 30 до 40 років);
- технологічні досягнення в області сонячних енергетичних систем зробили їх надзвичайно ефективними та рентабельним;
- сонячні панелі є абсолютно безшумними.

Розрахунок фотоелектричної системи включає в себе наступні етапи:

1. Визначення навантаження, споживаної енергії і необхідної потужності інвертора.
2. Визначення величини ємності акумуляторних батарей та їхньої кількості.
3. Розрахунок необхідної кількості сонячних панелей.

СПЗ за один тиждень споживає 11888 кВт год.

Знаходимо енергію постійного струму з урахуванням втрат в інверторі. Для цього необхідно помножити отримане значення потужності на коефіцієнт  $k = 1,2$ .

$$W_i = 11888 \cdot 1,2 = 14265,6 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Розраховуємо потужність інвертора

$$P_i = \frac{W_i}{5840}$$

					НТУУ.001.1351.01 ПЗ	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



$$P_i = \frac{14265,6}{112} = 127,4 \text{ кВт}$$

Вибираємо інверторну систему "Штиль" PSI60-32/1500-220-42U 150 кВт 60/220 В, в цій системі підключаємо на паралельну роботу 23 елементи типу PS60/2000K.

Розраховуємо число Ампер-годин в тиждень для покриття навантаження змінного струму, за формулою

$$q_i = \frac{14265,6}{60} = 237,76 \text{ кА} \cdot \text{год}$$

Приймаємо що навантаження постійного струму рівне 0.

Денне значення спожитих ампер-годин

$$q_d = \frac{237,76}{7} = 33,96 \text{ кА} \cdot \text{год}$$

Для розрахунку необхідної кількості акумуляторних батарей, потрібно знати максимальне число послідовних «днів без сонця»  $N_{bc}$  ( тобто коли сонячної енергії не достатньо для заряду акумуляторних батарей і відповідно для роботи навантаження із-за негоді або хмарності). Оскільки фотоелектросистема буде працювати з дублером, тобто при нестачі потужності виробленої фотоелектро системою споживач буде брати енергію від мережі, а при надлишку енергії виробленої фотоелектро системою, буде віддавати в мережу, кількість днів без сонця беремо мінімально можливою.

Вибираємо  $N_{bc}=6$  днів.

Сумарна ємність акумуляторних батарей, враховуючи кількість днів без сонця  $N_{bc}$ .

$$q_N = 33,96 \cdot 6 = 203,76 \text{ кА} \cdot \text{год}$$

Задаємося величиною глибини розрядження акумуляторних батарей. При цьому враховуємо те, що чим більше значення глибини розряду акумуляторних батарей, тим швидше батареї вийдуть з ладу. Виходячи з цього значення глибини розряду акумуляторних батарей беремо 50%.

					НТУУ.001.1351.01 ПЗ	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відповідно коефіцієнт використання  $\gamma$  становить 0,5.

Заряд акумуляторних батарей з урахуванням глибини розряду акумуляторних батарей.

$$q_{\gamma} = \frac{q_N}{\gamma} = \frac{203,76}{0,5} = 407,52 \text{ кА} \cdot \text{год}$$

Вибираємо коефіцієнт  $\alpha$ , який враховує температуру навколишнього середовища в приміщенні, де будуть встановлені акумуляторні батареї. Даний коефіцієнт враховує зменшення ємності акумуляторних батарей при зниженні температури.

$$q_{\alpha} = q_{\gamma} \cdot \alpha = 407,52 \cdot 1,11 = 452,34 \text{ кА} \cdot \text{год}$$

Вибираємо тип акумуляторних батарей та виписуємо для них номінальну ємність та напругу. Вибираємо акумуляторні батареї HAZE серії HZB2 2 В 3000 А·ч.

Ділимо загальну потрібну ємність батарей на номінальну ємність акумуляторних батарей і округлюємо отримане значення до найближчого цілого. Це буде кількість батарей, з'єднаних паралельно.

$$N = \frac{452,34 \cdot 10^3}{3000} = 150 \text{ од}$$

Розділив номінальну напругу постійного струму системи на номінальне значення напруги акумуляторних батарей і округлив його до найближчого цілого отримаємо кількість батарей з'єднаних послідовно, тобто 30 од.

Загальна кількість акумуляторних батарей 4500.

Вибираємо сонячні батареї типу RZMP-240, номінальна напруга 24 В, а номінальна потужність 240 Вт, струм максимальної потужності 8,25 А.

Ділимо отримане значення на число пікових сонце-годин для даної місцевості  $i$ . В результаті отримаємо значення струму, який повинні генерувати сонячні батареї.

$$I = \frac{40,75}{4,4} = 9,3 \text{ кА}$$

					НТУУ.001.1351.01 ПЗ	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Число модулів працюючих паралельно, знаходимо як значення струму, виробленого батареями, розділено на максимальний струм одного модуля і округлюємо отримане значення до найближчого цілого.

$$N = \frac{9,3 \cdot 10^3}{8,25} = 1120 \text{ од}$$

Для знаходження числа модулів, з'єднаних послідовно, потрібно розділити напругу постійного струму системи на номінальне значення напруги сонячної батареї, тобто 24 В. Число таких модулів 3 од.

Загальна кількість фотоелектричних модулів розраховується як добуток паралельно працюючих батарей на послідовно працюючих. Тобто 3360 од.

Площа сонячних батарей

$$S = N \cdot S_{el}$$

$$S = 3360 \cdot 1,6 = 5376 \text{ м}^2$$

### Висновки до розділу

Як видно з розрахунків використання сонячних панелей для живлення потужної системи електроприймачів проблематичне. Це насамперед зумовлено низьким коефіцієнтом корисної дії сонячних фотоелементів. Але на мою думку з подальшим розвитком науки, в майбутньому, використання сонячних фотоелементів для живлення таких систем стане більш доступним.

					НТУУ.001.1351.01 ПЗ	Арк.
						83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ПІД ЧАС МОНТАЖУ І ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТВЕРДОПАЛИВНОГО КОТЛА

### 6.1 Загальний опис

Технологічний процес виробництва меблів супроводжується великою кількістю відходів деревини у вигляді стружки. Для опалення меблевої фабрики пропонується використання твердопаливного котла з автоматичними подачею палива і відводом продуктів згоряння, в якому будуть утилізуватись дані відходи.

В нашому випадку, котел пропонується встановити в одній із кімнат цокольного приміщення адміністративної будівлі, в якій встановлений тепловий пункт. Висота даного приміщення складає 2,5 м, площа кімнати – 40 м<sup>2</sup>. Підлога даного приміщення виконана із цементної стяжки, товщиною 8 см.

Стіни виконані із цегли зі штукатуркою. В даному приміщенні відсутня припливна і витяжна система вентиляції. З даної кімнати є прямий вихід на вулиці через двері.

### 6.2 Основні проектні вимоги до встановлення котельного обладнання

Основними вимогами до приміщення, в якому має бути встановлений котел являються:

- Приміщення має мати площу не менше восьми квадратних метрів;
- Висота приміщення має бути не менше 2,5 метри;
- В котельні повинна бути припливна вентиляція з неменш як п'ятикратним повітрообміном;
- Підлога в котельні повинна бути покритою негорючими матеріалами;
- Відстань від котла до стін повинна бути не менше половини метра;

					НТУУ.001.1351.01 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Тараненко М.О.				Літ.	Арк.
Перевір.		Третьякова Л.Д.					Аркушів
Реценз.							
Н. Контр.		Прокопенко І.Д.				ІЕЕ, гр. ОН-371	
Затверд.							

- Параметри димоходу повинні відповідати потужності котла;
- Не можна зберігати в котельні легкозаймисті матеріали.
- Щоб уникнути ефекту зворотної тяги, вулична частина димоходу у висоту повинна бути більше метра від коника даху.

Припливну вентиляцію в котельню рекомендується влаштувати в нижній частині стіни або дверей навпроти лицьової частини твердопаливного котла, що виходить в суміжне приміщення. Можна використовувати вентиляційну решітку або зазор між дверима та підлогою або вентиляційну решітку, встановлену в зовнішній стіні котельні площею не менше 0,025 м<sup>2</sup>.

Схематично встановлення котла та вентиляційних отворів покажемо на рисунку 6.1:

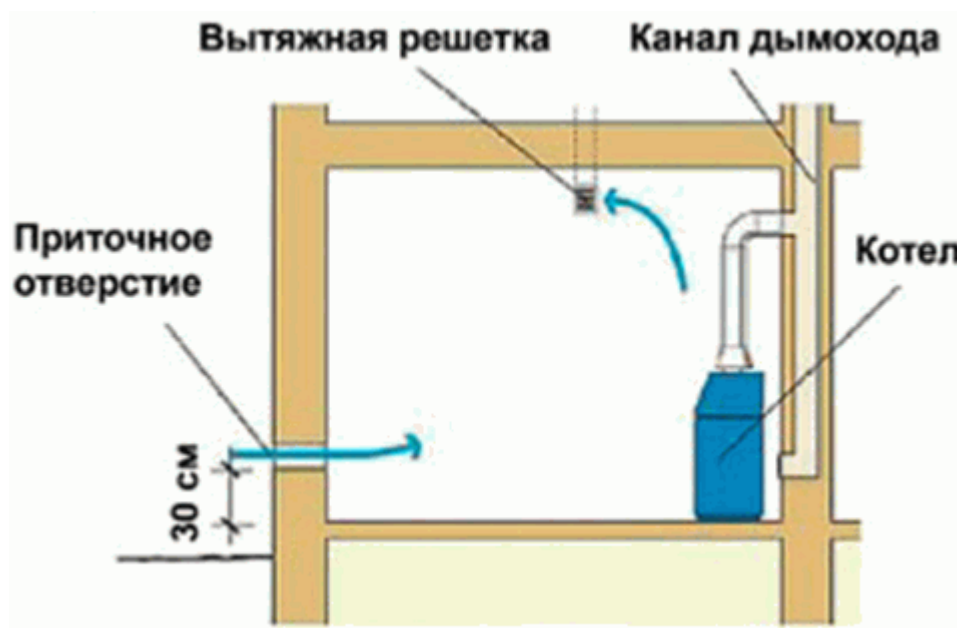


Рисунок 6.1 – Схематичне встановлення вентиляційного устаткування

### 6.3 Аналіз шкідливих та небезпечних факторів

Під час монтажу котельного устаткування основними шкідливими виробничими факторами слід вважати:

- фізичні навантаження при перенесенні устаткування вручну ;
- робота на висоті, при установці димоходу;

- небезпечну і шкідливу дію на робітників електричного струму більш як 0,3 мА, так як котельна установка підключається до мережі;
- токсичний і дратівний вплив на дихальні шляхи пилу, що утворюється при прорізці стін, для виводу димоходу;
- Токсичний вплив миючих засобів, під час прибирання приміщення перед установкою котла.

Під час експлуатації, оскільки котельна установка складається не тільки з котла, а ще у схемі присутні системи відводу золи, система відводу димових газів, теплообмінник, все це устаткування має високу поверхневу температуру і через це, робітники які опинилися у цьому приміщенні можуть отримати опіки чи якісь інші ураження при контакті з вищезазначеним обладнанням.

#### **6.4 Заходи з охорони праці при виконанні монтажних робіт**

Під час монтажу твердопаливного котла та допоміжного обладнання необхідно дотримуватись такої послідовності етапів:

- Підготовка основи від котел;
- Встановлення вентиляційного обладнання;
- Підвід електричної мережі;
- Встановлення системи відводу димових газів;
- Облаштування системи відводу продуктів горіння;
- Монтаж котла;
- Пуско - налагодочні роботи.

При підготовці місця під встановлення котла, необхідно ретельно прибрати приміщення від пилу та бруду. При використанні хімічних засобів для миття, необхідно дотримуватись інструкцій, що вказує виробник на

					НТУУ 01.1351.01 ПЗ	Арк.
						86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

упаковці цих засобів (використання гумових рукавичок, респіраторів, окулярів).

Монтаж електричної мережі повинен виконувати спеціаліст, що має відповідний допуск до виконання даного типу робіт. Систему необхідно оснастити відповідною автоматикою, а також необхідною умовою є заземлення устаткування, що споживає електричну енергію.

Під час монтажу системи відводу димових газів рекомендовано в якості захисту від падіння використати такі запобіжні пристрої, як, наприклад, запобіжний ремінь Vaillant (арт. № 302066, доступне у всіх країнах). Такі інструменти та допоміжні засоби, як, наприклад, підйомні механізми або приставні драбини, використовуйте лише відповідно до діючих приписів з запобігання нещасним випадкам. Достатньо широко загороджують площу у зоні падіння під місцем монтажу, щоб уникнути можливості травмування людини предметами, які падають. Позначають місця виконання робіт, наприклад, табличками з зазначеннями відповідно до діючих приписів.

Під час проведення бурових робіт цегляних і бетонних матеріалів для індивідуальної захисту працюючих від високої концентрації пилу використовують респіратори Ф-45, Ф-46, герметичні захисні окуляри типу С-2 і захисним одягом зі спеціальної тканини.

При зварювальних роботах заземлювати зварювальні апарати, ізоляцію струмопроводів, захищати очі працюючих окулярами і щитками зі світлофільтрами, вкладати гумові килимки чи дерев'яні ґрати на робочих місцях, включати витяжну вентиляцію у зварювальних апаратах і захищати зварювальні посади захисними екранами;

Монтаж твердопаливного котла неможливий без захисту системи опалення від сифонного дренажу та зворотного тиску. Для цього встановлюють зворотний клапан на трубі загальної подачі води. Для регулювання рідини в теплообміннику, схема підключення передбачає балансувальний клапан. Щоб здійснювати контроль над температурою

					НТУУ 01.1351.01 ПЗ	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

теплоносія у зворотному контурі, встановлюють змішувальний клапан, який працює в автономному режимі.

Пуско-налагодочні роботи повинен виконувати спеціаліст, що має право на виконання даного типу робіт.

### 6.5 Заходи безпеки при експлуатації даного обладнання

В даному пункті детальніше опишемо заходи індивідуального захисту для персоналу підприємства, що обслуговуватиме дане обладнання. Для бригади робітників що обслуговує котельне обладнання, яка складається з двох чоловік, видають спеціальний одяг, різновиди якого детально представлені в таблиці 6.1:

Таблиця 6.1 – Перелік індивідуальних засобів захисту

Для захисту рук	Робочі рукавиці термостійкі, рукавички трикотажні круглов'язальні, рукавиці робочі
Для захисту голови	Шапка
Для захисту ніг	Черевики з вогнетривкого матеріалу
Для захисту тіла	Костюми, комбінезони, куртки з утеплювачем

Треба врахувати що робота котельного обладнання відбувається в холодний період року, а отже є обов'язковим надання обслуговуючому персоналу теплих речей.

Для того,щоб безпечною була і експлуатація та контроль даного обладнання встановлюють певний перелік правил. Слід закривати приміщення підвалів та теплопункту, вішати на дверях таблички з написом про те, що вхід постороннім особам заборонений. В сам теплопункт забезпечують всіма необхідними засобами безпеки, тобто труби обмотують ізоляційним матеріалом, біля котла ставлять огорожувальні конструкції. Розміщують таблички з написами про небезпечні для життя зони. Обов'язковою є наявність схем евакуації людей. Приміщення котельної



повинне бути оснащене датчиками диму. Також мають бути встановлені вогнегасники, відра з піском, повстина для гасіння пожежі.

У приміщенні котельні повинна бути наявна аптечка, укомплектована необхідними медикаментами та перев'язувальними матеріалами. Усі працівники вміють надавати першу допомогу потерпілим при отруєнні, опіках та травмах на виробництві, а також при ураженнях електричним струмом. Правила надання першої допомоги вивішені в котельні на видному місці.

### **6.6 Правила поведінки при виявленні пожежі на підприємстві**

Зачиняють двері того приміщення, де горить вогонь. Відчиненні двері не тільки випустять дим і завадять евакуації – раптове постування додаткового повітря може призвести до поширення пожежі з великою швидкістю.

Негайно піднімається тривога, повідомляючи про пожежу. Викликають пожежну охорону. Виклик продублюють через деякий (короткий) час. Необхідно повідомити про пожежу персонал підприємства, який буде вживати відповідних заходів щодо негайної евакуації усіх робітників фабрики. Тут особливо важливо не допустити паніки! Евакуація проводиться із усієї будови підприємства, навіть якщо пожежу виявлено у якійсь одній частині.

Почувши тривогу, робітники покидають робочі місця, і просуваються до евакуаційних виходів, що позначені планах евакуації. За необхідності організовуються пошуки людей, яких не виявили на місці зібрання. Нікому не дозволяється повертатися в будівлю, наприклад за особистими речами, до того часу, поки не буде дозволено пожежною охороною.

Серед усіх евакуйованих, що зібралися у пункті збору, роблять перекличку: це робиться для того, щоб з'ясувати, чи всі евакуйовалися із підприємства.

Повинен бути наявним план пожежної евакуації із підприємства. Начальника варті пожежної охорони, що прибула, зустрічають з повною

					НТУУ 01.1351.01 ПЗ	Арк.
						89
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

інформацією. Два рази на рік проводиться інструктаж усіх робітників про процедуру пожежної евакуації, йде ознайомлення з усіма ходами й виходами.

### **Висновки до розділу**

У даному розділі було проаналізовано шкідливі та небезпечні чинники, такі як електричний струм, пил, робота на висоті. На основі аналізу були підібрані засоби індивідуального захисту (захисний одяг, рукавиці, взуття тощо), вибрані технічні засоби та наведені загальні вимоги охорони праці при установці і експлуатації котельного обладнання.

					НТУУ 01.1351.01 ПЗ	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

Основним завданням даної дипломної роботи було проведення енергетичного аудиту систем теплопостачання та електропостачання заводу залізобетонних конструкцій. Підприємством було надано усі необхідні дані для проведення енергетичного аудиту. Провівши його, було обрано найбільш доцільні шляхи для ефективнішого використання енергетичних ресурсів на підприємстві. Було проаналізовано можливість скорочення видатків на паливно-енергетичні ресурси. Також, розглянуто можливість впровадження альтернативних джерел на підприємстві. В окремому розділі було проведено детальний аналіз охорони праці на виробництві, та описано основні заходи захисту працівників під час роботи в цеху.

					НТУУ 01.1351.01 ПЗ	Арк.
						91
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кнорринг Г. М. Справочная книга для проектирования электрического освещения/. Кнорринг Г. М, Оболенцев Ю. Б. - Л. : Энергия, 1976. – 384с.
2. Практичні методи визначення розрахункових навантажень: методичні вказівки для вивчення розділів, виконання розрахункової роботи та курсового проекту дисципліни «Системи електропостачання» кафедри електропостачання Інституту енергозбереження та енергоменеджменту /Укладачі: В.А. Попов, В.В. Ткаченко. - К: НТУУ «КПІ», 2009.
3. Meteorprog [Електронний ресурс]: Погода в Україні й світі. – Режим доступу: <http://www.meteorprog.ua/ua/climate/Kyiv/>. – Назва з екрана.
4. Зорін В.В., Тисленко В.В «Системи електропостачання загального призначення» - Чернігів, 2005
5. Справочник по проектированию электроснабжения / Под ред. Барыбина и др. / - М.: Энергоиздат, 1990. – 576 с.
6. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: Учебное пособие для вузов. – 4 – е изд. перер. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 608 с.
7. Правила устройства электроустановок / Минэнерго СССР. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 648 с.
8. Кабышев А.В., Обухов С.Г. «Расчет и проектирование систем электроснабжения», «Справочные материалы по электрооборудованию».
9. Учеб. пособие / Том. политехн. ун-т. – Томск, 2005. – 168 с. О.І. Соловей, М.А. Денисенко. Дипломне проектування. Розділ «Електрична частина»: Методичні вказівки для студентів ін-ту енергозбереження та енергоменеджменту і слухачів Міжгалузевого ін.-ту післядипломної освіти спеціальності 7.090603 «Електротехнічні системи електроспоживання». – К.:НТУУ «КПІ», 2008.

					НТУУ 01.1351.01 ПЗ	Арк.
						92
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10. Altesco [Електронний ресурс]: Альтернативная энергетика и Экотехнологии. – Режим доступу: <http://altesco.in.ua/products/solnechnue-batarei/solnechnue-batarei/solnechnaya-panel-etsolar-250vt-24v-detail>. – Назва з екрана.

11. ДБН В.2.6-31:2006 Теплова ізоляція будівель.

12. Ibud.ua [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://ibud.ua/ua/prices/110-mineralnaya-vata-512>. – Назва з екрана.

13. ХМЕЛЬНИЦЬКОБЛЕНЕРГО [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://hoe.com.ua/tarifi>. – Назва з екрана.

14. СЕРВИСБУД 2000 [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://servisbud2000.com.ua/p26644878-okna-metalloplastikovye-steko.html>. – Назва з екрана.

12. Ткачук К.Н. Охорона праці і промислова безпека / К.Н. Ткачук, В.В. Зацарний, М.Ф. Каштанов, Л.Д. Третьякова та ін. // К.: Лібра, 2010. – 425 с.

13. УКРПОЖТЕХНІКА [Електронний ресурс]: Правила охорони праці під час виконання робіт на висоті. – Режим доступу: <http://pozhtekhnika.in.ua/?p=545&lang=uk>. – Назва з екрану.

14. Про затвердження Правил охорони праці під час виконання робіт на висоті: наказ Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду №62 від 27.03.2007.

15. Про охорону праці: Закон України від 14 жовтня 1992 року № 2694-ХІІ.

					НТУУ 01.1351.01 ПЗ	Арк.
						93
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		