

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

Навчально-науковий інститут енергозбереження та енергоменеджменту

Кафедра електропостачання

«До захисту допущено»

В.о. завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Денис ДЕРЕВ'ЯНКО

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 р.

**Дипломний проєкт**

на здобуття ступеня бакалавра

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма: Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології

на тему: Підвищення рівня енергоефективності підприємства з виробництва  
меблів

Виконав:

студент ІV курсу, групи ОН-91

*Рабенко Євгеній Олегович* \_\_\_\_\_

Керівник:

*к.т.н., доц. Чернявський Анатолій Володимирович* \_\_\_\_\_

**Консультанти:**

Теплова частина

(назва розділу)

к.т.н., доц. Шовкалюк М.М.

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Охорона праці та пожежна безпека д.т.н., проф. Третякова Л.Д.

(назва розділу)

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Нормоконтроль

(назва розділу)

к.т.н., доц. Черкашина Г.І.

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Рецензент** \_\_\_\_\_

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

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

Студент (-ка) \_\_\_\_\_

Київ – 2023 року

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

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

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

«До захисту допущено»

В.о. завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Денис ДЕРЕВ'ЯНКО

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 р.

### **ЗАВДАННЯ**

**на дипломний проєкт студенту**  
**Рабенко Євгенію Олеговичу**

- 1. Тема проєкту** «Підвищення рівня енергоефективності підприємства з виробництва меблів», керівник проєкту к.т.н., доцент Чернявський Анатолій Володимирович, затверджені наказом по університету від «09» травня 2023 р. №2097-с.
- 2. Термін здачі студентом закінченого проєкту** “16” червня 2023 р.
- 3. Вихідні дані до проєкту** схема електропостачання, схема теплопостачання, перелік споживачів електричної енергії та їх кількість, споживання паливно – енергетичних ресурсів за 3 роки, дані по виготовленню продукції за 3 роки.
- 4. Перелік розділів, які мають бути розроблені**
  1. Загальний опис об'єкту;
  2. Аналіз ефективності використання електричної енергії на об'єкті;
  3. Аналіз ефективності використання палива та теплової енергії на об'єкті;
  4. Система енергетичного менеджменту об'єкту;
  5. Оцінка можливостей застосування вторинних та відновлювальних джерел енергії;
  6. Охорона праці та пожежна безпека під час заміни двигунів розпилювальних верстатів.

## 5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу

1. Схема електропостачання об'єкту
2. Схема теплопостачання об'єкту
3. Заходи для підвищення енергоефективності споживання електроенергії
4. Заходи для підвищення енергоефективності споживання теплової енергії

## 6. Консультанти розділів проєкту

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

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

---

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН-ГРАФІК виконання дипломного проєкту студентом Рабенко Є.О.

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту	Позначки керівника про виконання завдань
1	Загальний опис об'єкту	22.05-25.05.23	
2	Аналіз ефективності використання електричної енергії на об'єкті	26.05-28.05.23	
3	Аналіз ефективності використання палива та теплової енергії на об'єкті	29.05-31.05.23	
4	Система енергетичного менеджменту об'єкту	01.06-03.06.23	
5	Оцінка можливостей застосування вторинних та відновлювальних джерел енергії	04.06-06.06.23	
6	Охорона праці та пожежна безпека під час заміни двигунів розпилувальних верстатів	07.06-09.06.23	
7	Підготовка графічного матеріалу	10.06-13.06.23	
8	Захист дипломного проєкту	19.06.23	

Студент

Рабенко Є.О.

Керівник проєкту

Чернявський А.В.

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломного проекту складається з 6 розділів, пояснювальна записка містить 97 сторінок основного тексту та 4 додатки. В основному тексті роботи наведено 23 ілюстрації, 50 таблиць та 23 бібліографічних найменувань за переліком посилань.

Метою досліджень є аналіз енергетичного стану підприємства з виробництва меблів, визначення шляхів підвищення рівня енергоефективності за допомогою техніко-економічного розрахунку та комп'ютерного моделювання.

Однією з головних задач даного дослідження є виокремлення найбільш цікавих заходів для підвищення енергоефективності закладу. Дослідження системи опалення та розроблення шляхів зменшення втрат.

Ключові слова: ВТРАТИ, ЕКОНОМІЯ, ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АУДИТ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ, НАВАНТАЖЕННЯ, ПОТУЖНІСТЬ.

## ABSTRACT

The explanatory note for the diploma project consists of 6 sections, and contains 97 pages of main text. The main text of the work includes 23 illustrations, 49 tables, and 20 bibliographic references according to the list of sources.

The aim of the research is to analyze the energy status of furniture manufacturing company, and to identify ways to improve energy efficiency through technical-economic calculations and computer modeling.

One of the main objectives of this research is to identify the most interesting measures to increase the energy efficiency of the institution. The study also involves the analysis of the heating system and the development of ways to reduce energy losses.

Keywords: CONSUMPTION, ENERGY, ENERGY AUDIT, ENERGY SAVING, LOAD, LOSS, POWER, SAVINGS.

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАК ТА ТЕРМІНІВ

### Скорочення

ЕЕ – електрична енергія  
ДЖ – джерело живлення  
ОК – огорожувальні конструкції;  
ЛБ – люмінесцентні лампи;  
LED – світлодіодні лампи;  
ТП – трансформаторна підстанція;  
ЩО – щит освітлення;  
ЕМ – енергетичний менеджмент;  
СЕНМ – система енергетичного менеджменту;  
Пд.Зх – Південний захід;  
Пд.Сх – Південний схід.  
Пн.Зх – Північний захід;  
Пн.Сх – Північний схід;  
РП – розподільча підстанція;  
СФЕУ – сонячні фотоелектричні установки.

### Умовні позначки

$Q_H^p$  – нижча робоча теплота згорання палива;  
 $t_{вн}$  – внутрішня температура;  
 $\delta$  – товщина;  
 $t_{p.o.}$  – розрахункова температура зовнішнього повітря на опалення;  
 $\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності;  
 $R$  – опір теплопередачі;  
 $K$  – коефіцієнт теплопередачі;  
 $F$  – площа.

					НТУУ 001.9112.054 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1. ЗАГАЛЬНИЙ ОПИС ОБ'ЄКТУ .....	11
1.1 Короткий опис об'єкту .....	11
1.2 Короткий опис інженерних систем .....	12
1.3 Аналіз динаміки виробничої діяльності за останні три роки .....	13
1.4 Аналіз динаміки споживання ПЕР за останні три роки .....	16
1.5 Оцінка тарифної політики щодо покупних ПЕР .....	19
1.6 Коротка характеристика попередньої діяльності об'єкту у сфері енергоефективності .....	20
Висновки по розділу 1 .....	20
2. АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ .....	22
2.1 Схема електропостачання об'єкту та її аналіз .....	22
2.2 Визначення, коротка характеристика та оцінка енергоефективності суттєвих споживачів електричної енергії .....	23
2.3 Повірочний розрахунок навантажень .....	24
2.4 Повірочний розрахунок системи внутрішнього електричного освітлення.....	29
2.5 Оцінка завантаженості ТП.....	31
2.6 Оцінка рівня компенсації реактивної потужності об'єкту .....	32
2.7 Розрахунок основних складових для складання балансу споживання електричної енергії об'єкту у аналітичній формі .....	32
2.8 Оцінка стану та ефективності систем обліку та моніторингу .....	37
2.9 Розроблення типових заходів з енергоефективності для суттєвих споживачів електроенергії.....	37
Висновки до розділу 2 .....	42
3 АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПАЛИВА ТА ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ .....	43
3.1 Системи паливо- та теплопостачання об'єкта та їх аналіз .....	43
3.2 Коротка характеристика та оцінка енергоефективності суттєвих споживачів палива та теплової енергії.....	45
3.3 Розрахунок основних складових для складання балансу споживання теплової енергії об'єкту у аналітичній формі .....	46
3.4 Баланс споживання палива.....	52

					НТУУ 001.9112.054 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

3.5	Оцінка ефективності роботи джерела теплової енергії.....	53
3.6	Повірочний розрахунок теплових навантажень об'єкту.....	54
3.7	Оцінка стану та ефективності систем обліку та моніторингу споживання теплової енергії на об'єкті .....	61
3.8	Розроблення типових заходів з енергоефективності для суттєвих споживачів теплової енергії .....	62
	Висновки до розділу 3 .....	69
4	СИСТЕМА ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ ОБ'ЄКТУ .....	71
4.1	Оцінка відповідності стану існуючої на об'єкті системи енергетичного менеджменту вимогам ДСТУ ISO 50001:2020.....	71
4.2	Визначення базового рівня споживання електроенергії та показників енергоефективності на рівні всього об'єкту.....	72
4.3	Представлення «Енергетичної політики» підприємства.....	73
4.4	Сітьовий графік етапів впровадження заходів.....	74
	Висновки до розділу 4 .....	76
5	ОЦІНКА МОЖЛИВОСТЕЙ ЗАСТОСУВАННЯ ВТОРИННИХ ТА ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ.....	77
5.1	Дослідження енергетичного потенціалу сонячної енергії у місці встановлення СФЕУ.....	77
5.2	Методи оцінювання енергетичного потенціалу сонячної енергії.....	78
5.3	Вигода встановлення та застосування СФЕУ на об'єкті .....	80
5.4	Підбір та розрахунок впровадження СФЕУ .....	82
	Висновок до розділу 5.....	85
6	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ПІД ЧАС ЗАМІНИ ДВИГУНІВ РОЗПИЛЮВАЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ.....	86
6.1	Загальна характеристика об'єкта .....	86
6.2	Перелік робіт та склад бригади.....	87
6.3	Аналіз умов праці на робочих місцях електротехнічних працівників .....	88
6.4	Визначення небезпек для працівників на робочих місцях.....	89
6.5	Вибір технічних засобів і заходів безпеки робіт в енергоустановках .....	89
6.6	Розрахунок технічного заходу з безпеки експлуатації.....	91
6.7	Вибір заходів із запобігання та ліквідації наслідків пожеж і вибухів .....	92
	Висновок до розділу 6.....	93
	ВИСНОВКИ.....	96
	ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	98

					<i>НТУУ 001.9112.054 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

ДОДАТКИ.....	101
ДОДАТОК А.....	101
ДОДАТОК Б.....	102
ДОДАТОК В.....	103
ДОДАТОК Г.....	104

					<i>НТУУ 001.9112.054 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>8</i>

## ВСТУП

В сучасному світі питання енергоефективності стає все актуальнішим і важливішим для підприємств. Підвищення енергоефективності є необхідністю, яка стала особливо актуальною в умовах зростаючих тарифів на електроенергію та ресурсів для її виробництва. На сьогоднішній день більшість підприємств вже розуміють важливість енергоефективності та здатність знизити свої витрати на електроенергію за рахунок ефективного використання ресурсів.

У зв'язку з цим, проблема підвищення енергоефективності виробництва меблевої продукції стає все більш актуальною. Підприємства, які займаються виробництвом меблевої продукції, мають значний споживач електроенергії на всіх етапах виробництва - від розробки дизайну до зборки готового продукту. Тому, питання енергоефективності має велике значення для підвищення конкурентоспроможності підприємства.

Основна мета дослідження полягає у підготовці комплексної програми впровадження системи енергетичного менеджменту згідно ISO 50001 на промисловому об'єкті, а саме підприємстві з виробництва меблів. В даній роботі будуть розглянуті проблеми, що пов'язані з недооцінкою енергетичних ресурсів та нераціональним їх використанням на виробництві меблевої продукції. Також будуть проаналізовані можливості та шляхи підвищення енергоефективності, в тому числі використання екологічно чистих технологій та матеріалів.

Загальною метою дослідження є підвищення ефективності використання енергетичних ресурсів на підприємстві з виробництва меблевої продукції, що сприятиме зниженню витрат на енергію та збільшенню прибутку.

Дослідження є актуальним та важливим, оскільки розроблення та впровадження енергоефективних заходів на підприємствах стає необхідністю в умовах зростаючих цін на енергетичні ресурси та стрімкого розвитку технологій, що дозволяють їх ефективніше використовувати.

Основною метою даної роботи є розробка плану заходів з підвищення енергоефективності на підприємстві з виробництва меблевої продукції. Для досягнення цієї мети будуть використані різноманітні методи дослідження.

					НТУУ 001.9112.054 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зокрема аналіз літературних джерел, проведення опитувань та інтерв'ю з фахівцями з питань енергозбереження та енергоефективності, огляд практик на підприємствах, які успішно реалізували енергоефективні заходи.

Отже, важливість підвищення енергоефективності на підприємстві з виробництва меблевої продукції не підлягає сумніву. Дана робота спрямована на розробку енергоаудиту, практичних рекомендацій щодо підвищення енергоефективності на підприємстві, що може бути корисним для фахівців та керівників підприємств у галузі меблевого виробництва, які зацікавлені в зниженні витрат на енергію та підвищенні прибутковості.

Основними завданнями проведення ЕА [1] є визначення загального стану об'єкта, його основних підрозділів та технологічних процесів як споживачів ПЕР, отримання об'єктивних даних про обсяг використаних енергетичних ресурсів, аналізування балансів споживання ПЕР окремо по кожному виду, аналізування втрат ПЕР на об'єктах ЕА, аналізування витрат коштів на ПЕР у собівартості продукції, оцінка потенціалу енергозбереження об'єктів ЕА, оцінка рівня ефективності використання ПЕР, аналізування енергоємності продукції, аналізування питомого споживання ПЕР і порівняння з чинними нормами та нормативами, підготовлення пропозицій щодо його зменшення, оцінка ефективності функціонування СЕМ, та інші. [2]

					<i>НТУУ 001.9112.054 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>10</i>

# 1. ЗАГАЛЬНИЙ ОПИС ОБ'ЄКТУ

## 1.1 Короткий опис об'єкту

Об'єктом дослідження є підприємство з виробництва меблів. Головним призначенням підприємства є виробництво та продаж якісних меблів для дому та офісу. Фабрика спеціалізується на випуску корпусних меблів з 2002 року. Компанія знаходиться в місті Біла Церква, Київської області.

На даний момент на підприємстві працює близько 530 осіб. З них 480 осіб працюють в прямих виробничих процесах, а решта займаються управлінням та адмініструванням. [3]

Підприємство має власну виробничу базу, де знаходяться різноманітні промислові обладнання, необхідні для виробництва меблів, а також складські приміщення для зберігання готових виробів та сировини. Підприємство, що розглядається, складається з 8 виробничих цехів та адміністративного приміщення.

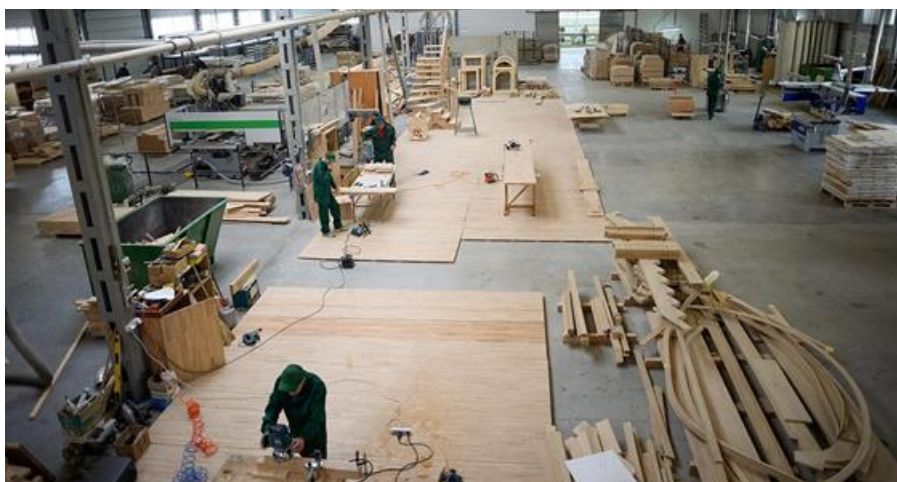


Рисунок 1.1 – Фото інтер'єру цеху №1 підприємства з виробництва меблевої продукції

Фабрика випускає повний асортимент меблів: кухні, шафи-купе, вітальні, спальні, дитячі та передпокої. Сучасний дизайн, висока якість і низькі ціни

					<i>НТУУ 001.9112.054 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<b>Загальний опис об'єкту</b>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Рабенко Є.О.</i>						
<i>Перевір.</i>		<i>Чернявський А.В.</i>					11	
<i>Реценз.</i>						<b>ІЕЕ, ОН-91</b>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>								

дозволяють фабриці успішно конкурувати на ринку.

Мережа продажів підприємства включає 8 оптових складів по всій Україні, Меблі компанії продаються в більш ніж 460 містах України та зарубіжжя: Азербайджан, Болгарія, Німеччина, Грузія, Казахстан, Литва, Латвія, Польща, Румунія, Туркменістан.

Виробництво меблів відбувається на обладнанні GIBEN, WINNER, STARTER, MAHROS SCM GROUP, CORAL, TOSKAR, та інші.

Склади з адресним зберіганням оснащені багаторівневими стелажми.



Рисунок 1.2 – Верстат типу GIBEN для обробки деревних матеріалів

## 1.2 Короткий опис інженерних систем

- Точки підключення:

Підключення до електромережі здійснюється через 5 трансформаторних підстанцій та 2 розподільчих підстанцій. Така кількість джерел живлення обумовлена розташуванням 8 різних виробничих цехів та однієї адміністративної будівлі. Оскільки вони розташовані у різних частинах міста, живлення, відповідно, відбувається з різних ТП та РП. До кожного джерела живлення наявні 2 вводи для переключення в разі виникнення пошкодження на одному з вводів.

- Балансова приналежність:

Приналежність до балансу здійснюється згідно з угодою з місцевим енергопостачальником. Постачальник електроенергії до об'єктів – ПрАТ «ДТЕК

					НТУУ 001.9112.054 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Київські електромережі». За договором всі ТП, РП та кабелі 0,4кВ до цехів та адміністративної будівлі на балансі ПрАТ «ДТЕК Київські електромережі».

- Характеристика внутрішньомайданчикових мереж:

Підприємство підключене до централізованої мережі електропостачання з напругою 380 В. Для забезпечення електропостачання окремих зон виробничих приміщень, встановлені трансформаторні підстанції з напругою 220 В.

На вході до виробничих приміщень встановлено головний розподільний щит, до якого підключені різні електричні лінії. Розподільний щит обладнаний захисними пристроями, які забезпечують захист від перевантажень, короткого замикання та інших електричних неполадок.

На підприємстві встановлені окремі електричні лінії для окремих зон виробничих приміщень та офісних приміщень. Електричні лінії виконані з мідного дроту, мають відповідний переріз та забезпечують стабільну напругу на приладах та обладнанні.

У виробничих приміщеннях встановлені розетки та вимикачі, які дозволяють підключати електроприлади та керувати електричним живленням окремих зон. Розетки та вимикачі мають відповідну потужність та захисні пристрої, які забезпечують безпеку електроживлення.

### **1.3 Аналіз динаміки виробничої діяльності за останні три роки**

Нижче наведені дані в таблицях 1.1, 1.2, 1.3 по виготовленню меблевої продукції з таких матеріалів як ДСП, ДВП та МДФ. Також на рисунках 1.3, 1.4, 1.5 зображено діаграми виготовлення продукції з вказаних вище матеріалів.

					<i>НТУУ 001.9112.054 ПЗ</i>	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 – Виробництво продукції за типами за 2021 рік

Місяць	ДСП, м <sup>2</sup>	ДВП, м <sup>2</sup>	МДФ, м <sup>2</sup>	Загальна кількість матеріалів, м <sup>2</sup>
січень	102857	41260,49	27764,51	171882,01
лютий	84698,07	32571,1	21760,66	139029,84
березень	145817,2	55047,86	33740,69	234605,74
квітень	97648,33	36756,85	24327,75	158732,93
травень	110137,8	42338,77	27288,47	179765,03
червень	106806,3	40301,33	22754,12	169861,78
липень	180233,2	69317,33	43960,4	293510,91
серпень	169765,3	64672,07	41147,89	275585,23
вересень	203515	78070,06	49407,2	330992,24
жовтень	234829,5	100453,4	57534,26	392817,11
листопад	237119,3	101805,5	60468,53	399393,36
грудень	245366,2	105133,8	60610,57	411110,58

Таблиця 1.2 – Виробництво продукції за типами за 2022 рік

Місяць	ДСП, м <sup>2</sup>	ДВП, м <sup>2</sup>	МДФ, м <sup>2</sup>	Загальна кількість матеріалів, м <sup>2</sup>
січень	143999,8	57764,68	38870,31	240634,82
лютий	63523,56	24428,33	16320,5	104272,38
березень	65617,73	24771,54	15183,31	105572,58
квітень	39059,33	14702,74	9731,099	63493,17
травень	44055,12	16935,51	10915,39	71906,01
червень	42722,53	16120,53	9101,647	67944,71
липень	72093,27	27726,93	17584,16	117404,36
серпень	67906,11	25868,83	16459,16	110234,09
вересень	81405,99	31228,02	19762,88	132396,90
жовтень	93931,8	40181,34	23013,7	157126,84
листопад	94847,73	40722,21	24187,41	159757,34
грудень	98146,5	42053,5	24244,23	164444,23

Таблиця 1.3 – Виробництво продукції за типами за 2023 рік

Місяць	ДСП, м <sup>2</sup>	ДВП, м <sup>2</sup>	МДФ, м <sup>2</sup>	Загальна кількість матеріалів, м <sup>2</sup>
січень	82285,61	33008,39	22211,61	137505,61
лютий	67758,46	26056,88	17408,53	111223,87
березень	116653,8	44038,28	26992,55	187684,59
квітень	78118,67	29405,48	19462,2	126986,34

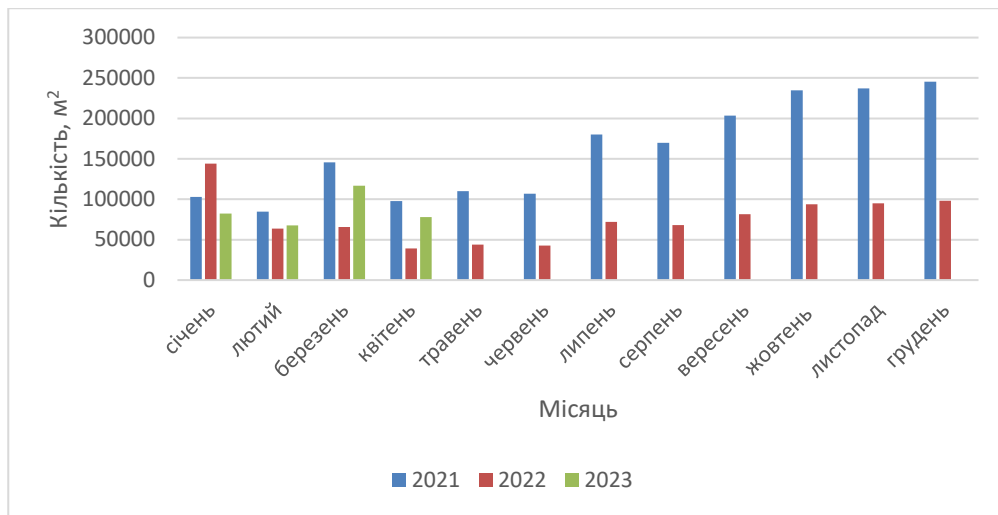


Рисунок 1.3 – Діаграма виготовлення продукції з ДСП за 2021-2023 роки

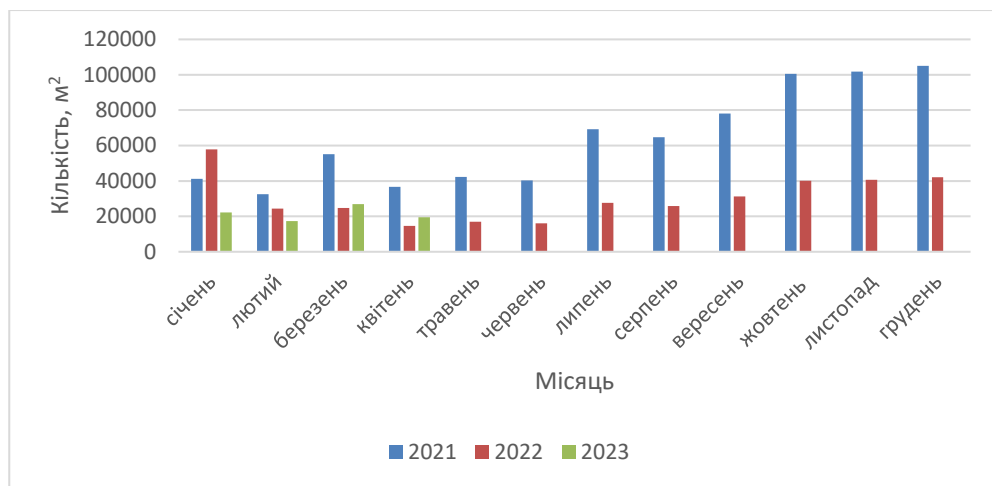


Рисунок 1.4 – Діаграма виготовлення продукції з ДВП за 2021-2023 роки

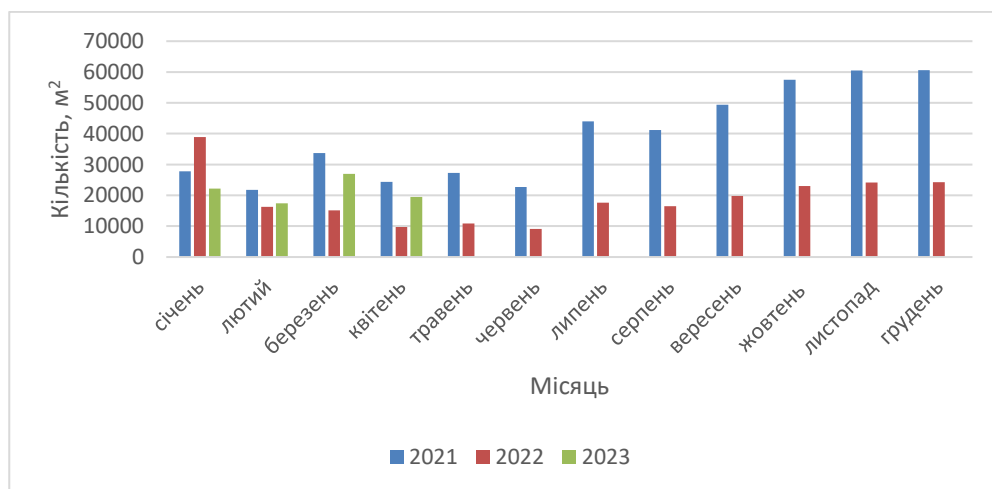


Рисунок 1.5 – Діаграма виготовлення продукції з МДФ за 2021-2023 роки

Проаналізувавши дані з виготовлення продукції за 2021 – 2023 роки, отримуємо наступні висновки:

Виготовлення меблевої продукції з ДСП починає збільшуватись по прогресії починаючи з червня, закінчуючи груднем. З січня по червень бачимо коливаючі показники виготовлення меблевої продукції з ДСП.

- У 2022 році по січню бачимо, що виготовлення меблевої продукції з ДСП збільшилось на 20%, проте з лютого починається спад: спочатку на 25% у лютому, пізніше на 55 – 60% у наступних місяцях. Пов'язано це напряму з загостренням політичної ситуації в країні, через що попит значно знизився.

- У 2023 році рівень виготовлення помірно збільшився, порівняно з 2022м роком, проте все ще нижче, ніж у 2021 приблизно на 20 – 25%.

Виготовлення продукції з ДВП та МДФ має схожий характер на тенденцію виготовлення меблів з ДСП, рівень попиту на продукцію з ДВП та МДФ рівнопропорційний попиту на продукцію з ДСП.

#### 1.4 Аналіз динаміки споживання ПЕР за останні три роки

На даному підприємстві з виробництва меблів споживається лише електроенергія. Для опалення використовують матеріал з покупних видів палива за рахунок спалювання відходів виробництва, тому споживання теплової енергії не розглядається на даному підприємстві.

У таблицях 1.4, 1.5 та 1.6 наведено споживання електричної енергії за роки 2021 – 2023 помісячно.

Таблиця 1.4 – Споживання електроенергії за 2021 рік

Місяць	Активна ЕЕ, кВт·год	Реактивна ЕЕ, кВт·год	Реактивна генерація, кВт·год
січень	273494	37396	2396
лютий	277292	34032	3098
березень	247226	22678,2	2504
квітень	284334	49226	3074
травень	192112	28910	2780
червень	252830	31480	4552
липень	194576	26456	3252
серпень	302814	33540	6890

Продовження таблиці 1.4

вересень	297220	34662	7014
жовтень	339600	49206	10258
листопад	417022	74524	10 648
грудень	429024	36660	8536
<b>Сума</b>	<b>3507544</b>	<b>458770,2</b>	<b>65002</b>

Таблиця 1.5 – Споживання електроенергії за 2022 рік

Місяць	Активна ЕЕ, кВт·год	Реактивна ЕЕ, кВт·год	Реактивна генерація, кВт·год
січень	355692,8	50074,4	3054,4
лютий	217969,1	25524	2323,5
березень	111251,7	10205,19	1126,8
квітень	113733,6	19690,4	1229,6
травень	76844,8	11564	1112
червень	101132	12592	1820,8
липень	77830,4	10582,4	1300,8
серпень	121125,6	13416	2756
вересень	118888	13864,8	2805,6
жовтень	135840	19682,4	4103,2
листопад	166808,8	29809,6	4259,2
грудень	171609,6	14664	3414,4
<b>Сума</b>	<b>1597116,8</b>	<b>217005,19</b>	<b>25891,9</b>

Таблиця 1.6 – Споживання електроенергії за 2023 рік

Місяць	Активна ЕЕ, кВт·год	Реактивна ЕЕ, кВт·год	Реактивна генерація, кВт·год
січень	633515,2	269292,8	2012,8
лютий	662377,6	274089,6	2574,4
березень	788852,8	299758,6	2387,2
квітень	939211,2	391844,8	2747,2
<b>Сума</b>	<b>3023956,8</b>	<b>1234985,8</b>	<b>9721,6</b>

Зобразимо табличні дані споживання електроенергії графічно на рисунках 1.6, 1.7, 1.8.

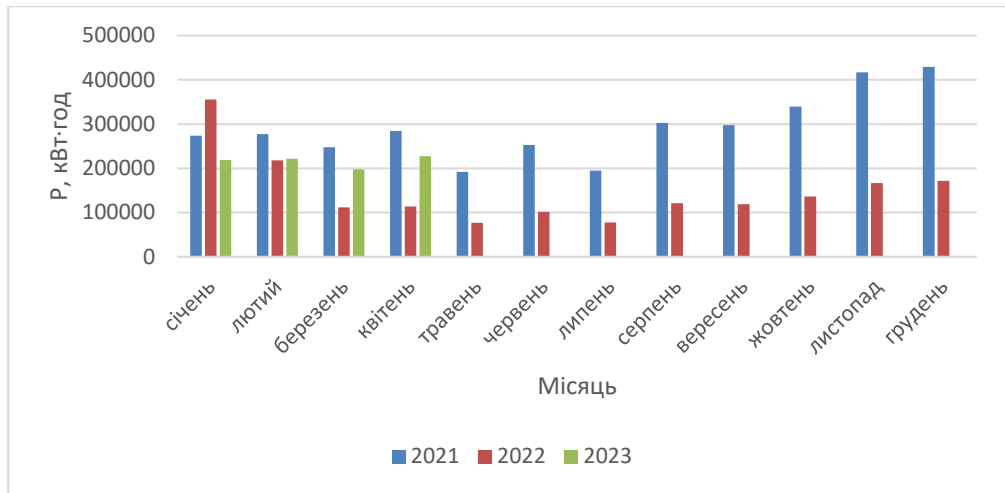


Рисунок 1.6 – Споживання активної електроенергії за 2021-2023 рр.

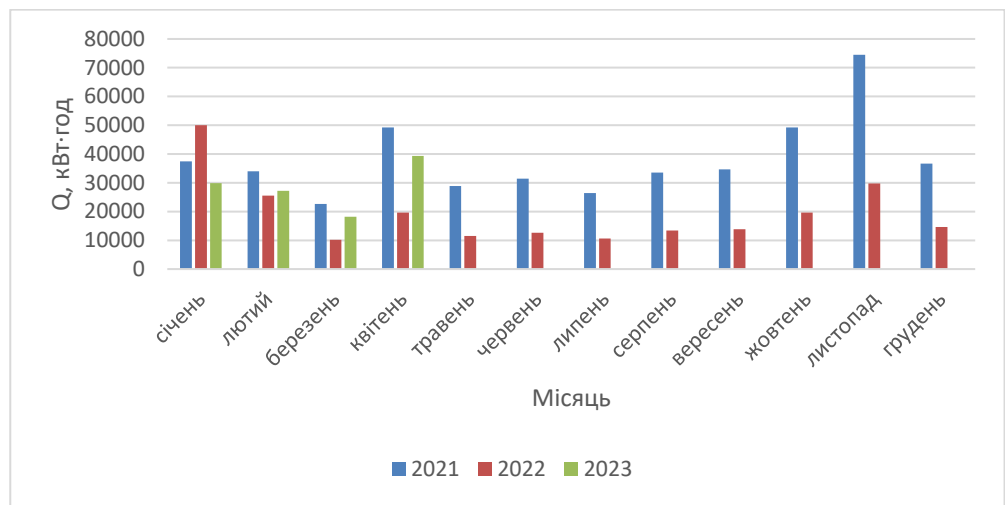


Рисунок 1.7 – Споживання реактивної електроенергії за 2021-2023 рр.

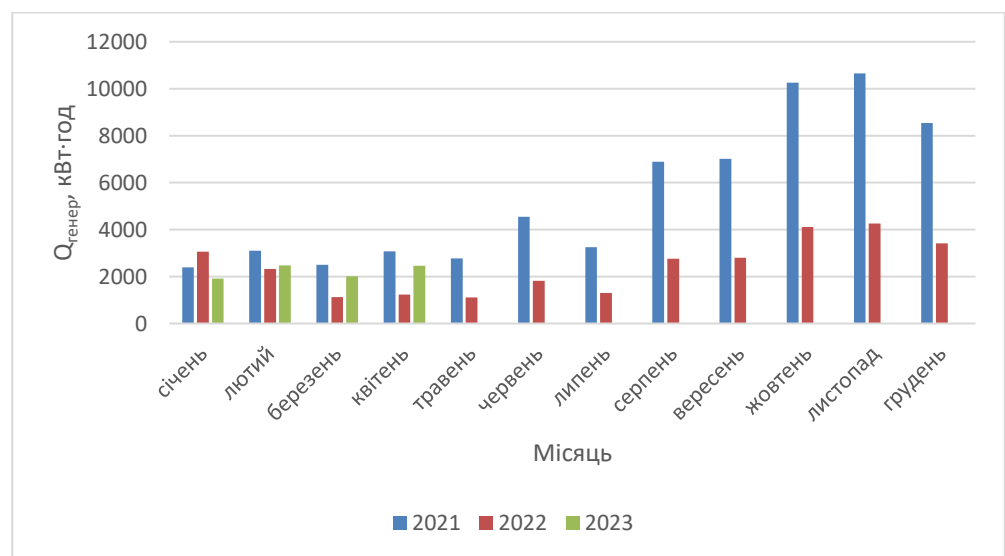


Рисунок 1.7 – Генерація реактивної електроенергії за 2021-2023 рр.

З наведених вище табличних та графічних даних можна зробити наступний висновок:

Оскільки споживання електроенергії підприємством з виробництва меблів напряму залежить від кількості виробленої продукції, яка в свою чергу залежить від попиту, бачимо підтвердження висновку в пункті 1.3 Аналіз динаміки виробничої діяльності за останні три роки:

- Бачимо прогресію підвищення споживання як активної, так і реактивної електроенергії, генерації реактивної електроенергії у період з червня по грудень. У період з січня по травень споживання електроенергії коливається у певному діапазоні.
- Порівнюючи споживання електроенергії за 2021 та 2022 роки, у січні споживання збільшилось приблизно на 20%, проте через загострення політичної ситуації в Україні попит різко зменшився, це вплинуло й на споживання електроенергії, яка також зменшилась в свою чергу, в лютому – на 25 – 30%, з березня по грудень – на 50 – 60%.

### 1.5 Оцінка тарифної політики щодо покупних ПЕР

За використаний енергоносіє (електроенергія) підприємство розраховується за показниками лічильників.

Таблиця 1.7 – Дані щодо тарифів на електроенергію за 2021-2023 роки, грн/кВт·год

Найменування енергоносія	Одиниці виміру	Тариф з ПДВ		
		2021	2022	2023
Електрична енергія	грн/кВт·год	1,68	4,31	6,31

Для теплозабезпечення підприємство використовує утилізатор деревних відходів. В опалювальний сезон власних деревинних відходів не вистачає і підприємство вимушене додатково закупати паливо для утилізатору у вигляді брикетів та гранул з деревної тирси.

Нижче наведена таблиця 1.8 вартості покупного палива.

					НТУУ 001.9112.054 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.8 – Вартість покупного палива для утилізатору деревних відходів

Найменування енергоносія	Одиниці виміру	Вартість, тис. грн/тонну
Брикети та гранули деревної тирси	тонна	8

## 1.6 Коротка характеристика попередньої діяльності об'єкту у сфері енергоефективності

Єдиний захід, який проводився у 2017 році на підприємстві з виробництва меблів, передбачав заміну застарілих промислових вентиляторів на більш сучасні моделі з інверторним управлінням швидкістю.

Перед проведенням заходу була проведена докладна аналітика споживання електроенергії підприємством, включаючи аналіз різноманітних областей виробництва, в яких вентилятори використовувалися. Після цього, було визначено, що заміна застарілих промислових вентиляторів на більш сучасні моделі з інверторним управлінням швидкістю може дати значні економічні вигоди, а також покращити якість роботи вентиляційної системи.

Очікувалось, що за результатами заміни, споживання електроенергії на вентиляцію на підприємстві зменшиться на 30-40%, що в свою чергу дозволить зменшити витрати на електроенергію та підвищити конкурентоспроможність компанії.

Після проведення заходу, було зазначено значне зменшення споживання електроенергії на вентиляцію на підприємстві, що позитивно відобразилось на витратах на електроенергію. Крім того, було зафіксовано покращення якості роботи вентиляційної системи, що позитивно відобразилось на умовах праці працівників, а також на якості вироблених продуктів. В цілому, проведення цього заходу дало можливість підприємству знизити витрати на електроенергію та підвищити його конкурентоспроможність на ринку.

## Висновки по розділу 1

1. Об'єктом дослідження є підприємство з виробництва меблів.

					НТУУ 001.9112.054 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Головним призначенням підприємства є виробництво та продаж якісних меблів для дому та офісу.

2. Підприємство підключене до централізованої мережі електропостачання з напругою 380 В. Для забезпечення електропостачання окремих зон виробничих приміщень, встановлені трансформаторні підстанції з напругою 220 В.

3. В 2021 році виготовлення продукції з ДСП збільшується з червня до грудня, з коливаннями в січні – червні. У 2022 році рівень виготовлення збільшилось на 20% в січні, але в лютому та наступних місяцях почався різкий спад. У 2023 році рівень виготовлення помірно зріс, але залишається нижчим, ніж у 2021 році на 20-25%.

Виробництво ДВП та МДФ має подібні тенденції, їх попит пропорційний до попиту на ДСП.

На підприємстві використовується лише електроенергія для виробництва меблів, під час опалювального сезону опалення здійснюється за допомогою покупних видів палива.

4. Проаналізувавши дані з споживання електроенергії за 2021 – 2023 роки, можемо зробити висновок про те, що оскільки споживання електроенергії підприємством з виробництва меблів напряму залежить від кількості виробленої продукції, яка в свою чергу залежить від попиту, бачимо підтвердження висновків вище про виготовлення продукції.

					<i>НТУУ 001.9112.054 ПЗ</i>	Арк.
						21
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

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

### 2.1 Схема електропостачання об'єкту та її аналіз

Живлення електрообладнання підприємства з виробництва меблів здійснюється від районної підстанції 110/10 шляхом подачі напруги 10 кВ по повітряним лініям 10 кВ на трансформаторні підстанції 10/0,4 кВ ТП1, ТП2, ТП3, ТП4, ТП5, які знаходяться на балансі підприємства. ТП1 живиться від двох ПЛ 10 кВ. Лінії виходять з різних секцій ТП 110/10». Підстанція має два трансформатори 400 кВА, є можливість перемикавання живлення по стороні 10 кВ.

РУ-0,4кВ обладнане секційним перемикачем. Аналогічно ТП1 змонтовано ТП2, ТП3, ТП4, ТП5.

Згідно даних, наданих підприємством, ТП1 має 1 трансформатор 630 кВА, з якої йде 2 лінії на виробничий головний цех №1; ТП2 має 3 трансформатори 400 кВА, живлення з яких забезпечує роботу виробничих цехів №1, №3, №4; ТП3 облаштована трьома трансформаторами 250А кВА, з яких живляться адміністративна будівля, механічна майстерня та виробничий цех №2; ТП4 має 1 трансформатор 400 кВА, яка живить виробничий цех №5; ТП5 має 2 трансформатори 400 кВА, яка живить виробничі цехи №6, №7, №8. ТП1 та ТП2 живляться з окремої районної підстанції 110/10 кВ, проте на перший головний виробничий цех є окремі лінії напряму з РП-1 на електродвигуни виробничих верстатів.

Живлення електроспоживачів підприємства здійснюється шляхом подачі напруги 0,4 кВ від РУ-0,4 трансформаторних підстанцій.

					<i>НТУУ 001.9112.054 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Рабенко Є.О.</i>			Аналіз ефективності використання електричної енерії на об'єкті	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Архувів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Чернявський А.В.</i>					22	
<i>Реценз.</i>						ІЕЕ, ОН-91		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>								

## 2.2 Визначення, коротка характеристика та оцінка енергоефективності суттєвих споживачів електричної енергії

Підприємство складається з 8 виробничих цехових приміщень та однієї адміністративної будівлі. Суттєвими споживачами електроенергії на даному підприємстві є: система освітлення, технологічне обладнання, обладнання механічної майстерні та вентиляційні системи.

До технологічного обладнання входять верстати: розпилювальні, свердлильні, кромко-облицювальні, зарізні; лінія кромко – облицювальна, верстати. До обладнання механічної майстерні входять різні виробничі верстати та компресори. Все виробниче деревообробне обладнання має високий ККД 70 – 90%.

Система освітлення складається з ламп типу: люмінесцентні для освітлення в виробничих цехах та в побутовому корпусі, металогалогенні та газорозрядні натрієві лампи для вуличного освітлення, на тимчасовому складі продукції та на складі фурнітури. Попередньо визначимо, що у люмінесцентних ламп може варіюватись від 80% до 90%, у металогалогенних – 60% – 90%, у натрієвих газорозрядних – 30 – 40%. В цілому, показники коефіцієнта корисної дії використовуваних ламп мають високі показники, проте можна розглянути підвищення рівня енергоефективності за рахунок заміни натрієвих газорозрядних ламп на високоефективні люмінесцентні лампи, внаслідок чого буде витрачатись менше електричної енергії для отримання того ж, або вищого рівня освітлення приміщень. [4]

На даному підприємстві виокремимо вентиляцію та аспірацію як у виробничих приміщеннях (цехах) так і в адміністративній будівлі. Розглядається припливна, витяжна і повітряна вентиляція. Аспірація встановлена у виробничих, головна її функція є очищення повітря від дрібних частинок пилу, які утворюються внаслідок обробки деревних матеріалів. ККД аспірації, встановленої на цьому підприємстві, становить 75%, що є високим показником. Однак для покращення роботи аспірації та роботи вентиляції рекомендується

					НТУУ 001.9112.054 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

провести очищення цих систем.

Важливо враховувати, що для впровадження системи енергетичного менеджменту необхідно визначити основних споживачів, а це залежить від наявної системи обліку енергії. Рекомендується розглядати узагальнених споживачів, виходячи з енергетичних балансів для електроенергії. На початковій стадії діяльності підприємства, щодо визначення основних споживачів, рекомендується вважати суттєвими ті споживачі (групи обладнання), які складають більше 15% від загального щорічного споживання.

У наступних підрозділах розглядатиметься більш детальний аналіз енергоспоживання суттєвих споживачів електричної енергії, за якими можна буде зробити більш детальний висновок щодо ефективності використання електричної енергії на об'єкті.

### 2.3 Повірочний розрахунок навантажень

У даному пункті будемо проводити розрахунок навантажень підприємства по наданим даним. Підприємство надало наступні дані: найменування обладнання, що споживає електроенергію, його встановлену потужність та кількість. Ці дані зафіксовані і розподілені по категоріям в таблицях 2.1, 2.2, 2.3 та 2.4.

Таблиця 2.1 – Система освітлення підприємства

№	Найменування обладнання	Встановлена потужність, кВт	Кількість, шт	Загальна встановлена потужність, кВт
1	Люмінесцентні лампи	0,036	602	21,27
2	Radiance 100	0,1	6	0,6
3	Radiance 250	0,25	20	5
4	Освітлення адміністративної будівлі	0,018	288	5,184
5	Вуличне освітлення (sonet m100s)	0,1	21	2,1

Таблиця 2.2 – Технологічне обладнання підприємства

№	Найменування обладнання	Встановлена потужність, кВт	Кількість, шт	Загальна встановлена потужність, кВт
<b>Розпилювальні верстати</b>				
1	Giben	31	1	31
		5,5	1	5,5
		16	3	48
2	Rema	5,5	3	16,5
3	Tema	5,5	1	5,5
4	Rojek	3	2	6
5	Martin	5,5	2	11
6	Holzma	50	2	100
<b>Свердлильні верстати</b>				
7	Winner	26	2	52
		15	6	90
8	Blum	0,75	4	3
		1,2	5	6
9	Vitap	2,2	3	6,6
		1,5	3	4,5
		1,75	1	1,75
		3	1	3
10	Gana	32	4	128
11	Speedy 207	5	1	5
12	KDT	32	4	128
<b>Кромко-облицювальні верстати</b>				
13	Starter	5	3	15
		4	1	4
14	Holzher	16	1	16
		8	3	24
15	Brandt	8	4	32
16	Olimpic	18	1	18
17	KDT-360	10	1	10
<b>Лінія кромко – облицювальна</b>				
18	Mahros SCM group	210	1	210
19	KDT Keenman	48	2	96
<b>Зарізні верстати</b>				
20	Toskar	3	2	6
21	Клеєвальці	3	2	6
<b>Інші верстати</b>				
22	Прокатний верстат	1,5	2	3
23	Пакувальний верстат	7,5	1	7,5
24	Фасувальний верстат	2	1	2
25	Труборіз	2,2	1	2,2
26	Точильний верстат	0,55	1	0,55

					<i>НТУУ 001.9112.054 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Продовження таблиці 2.2

27	Просічний верстат	3	2	6
28	Фрезер ФСШ-1К	5,5	2	11

Таблиця 2.3 – Обладнання механічної майстерні підприємства

№	Найменування обладнання	Встановлена потужність, кВт	Кількість, шт	Загальна встановлена потужність, кВт
Токарні верстати				
1	КП 16К25Г	9,5	1	9,5
2	ИЖ ИС 1-1(95ТС-1)	13,5	1	13,5
Інші верстати				
3	Стругальний вертат 7Б35	4	1	4
4	Стругальний вертат 7Б35	8,5	1	8,5
5	Вертат консольно-фрезерний 6Т12	6,5	1	6,5
6	Прес гідравлічний ПГ 300	5,5	1	5,5
7	Зварювальний апарат ВДУ-506У3	5	1	5
8	Вертат точильно-шліфувальний 3Б624	11	1	11
9	Вертат радіально-свердильний 2К522	7,5	1	7,5
10	Вертат круглошліфувальний 3Б161	14	1	14
11	Верстати для заточки пил LAKFAM ASP-631	0,55	3	1,65

Таблиця 2.4 – Вентиляційні системи підприємства

№	Найменування обладнання	Встановлена потужність, кВт	Кількість, шт	Загальна встановлена потужність, кВт
1	Вентиляція припливна	7,5	1	7,5
		11,5	1	11,5
2	Вентиляція повітряна	7,5	1	7,5
3	Аспірація CORAL	11	9	99
		5,5	4	22
4	Аспірація ACVIRO	1,1	3	3,3
		1,3	1	1,3
		2,2	3	6,6
		3	3	9
		3,5	1	3,5
		4	2	8
5	Кондиціонер в адм. буд.	1,5	15	22,5

Щоб визначити навантаження підприємства, спочатку знайдемо середню активну та реактивну потужності кожного обладнання, кВт:

$$P_{c1} = p_1 n_1 k_v, \quad (2.1)$$

де  $n$  – кількість обладнання,

$p$  – навантаження одиниці обладнання,

$k_v$  – коефіцієнт використання обладнання.

$$Q_{c1} = P_{c1} \operatorname{tg} \varphi_1, \quad (2.2)$$

де  $\operatorname{tg} \varphi$  – коефіцієнт реактивного навантаження.

Для знаходження активної потужності підставляємо значення у формулу (2.1):

$$P_{c1} = 31 \cdot 1 \cdot 0,6 = 18,6 \text{ кВт.}$$

Для знаходження реактивної потужності підставляємо значення у формулу (2.2):

$$Q_{c1} = 18,6 \cdot 1,33 = 24,8 \text{ кВАр.}$$

Знаходимо сумарну середню активну та реактивну потужність за формулами:

$$P_{c\Sigma} = \sum P_{ci} = 666,27 \text{ кВт,} \quad (2.3)$$

$$Q_{c\Sigma} = \sum Q_{ci} = 1324,25 \text{ кВАр.} \quad (2.4)$$

Серед споживачів технологічного обладнання знаходимо електроприймачі з максимальною та мінімальною потужностями і розраховуємо ефективне число споживачів:

$$\frac{P_{\text{нiтmax}}}{P_{\text{нiтmin}}} = \frac{210}{0,55} = 381,81 < 3, \text{ тоді} \quad (2.5)$$

$$n_e = \frac{2 \sum P_{\Sigma i}}{P_{\text{нiтmax}}}, \quad (2.6)$$

Підставляємо значення в формулу(2.6):

$$n_e = \frac{2 \cdot 826,8}{210} = 7,87.$$

					НТУУ 001.9112.054 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Визначаємо груповий коефіцієнт використання:

$$K_B = \frac{\sum P_{ci}}{\sum P_{\Sigma i}}, \quad (2.7)$$

Підставляємо значення в формулу (2.7):

$$K_B = \frac{666,27}{826,8} = 0,8.$$

Визначаємо  $K_p=1$ .

Знайдемо розрахункові активне, реактивне на шинах низької напруги трансформатора за формулами:

$$P_p = \sum P_{ni} \cdot K_p, \quad (2.8)$$

Підставляємо значення в формулу (2.8):

$$P_p = 666,27 \cdot 1 = 666,27 \text{ кВт};$$

Оскільки ефективне число ЕП  $n_e > 10$ , то:

$$Q_p = \sum Q_{ni} = 1324,25 \text{ кВАр}; \quad (2.9)$$

Розраховуємо навантаження на ЩО за формулами:

$$P_o = \sum p_{л1} n_{л1}, \quad (2.10)$$

$$Q_o = \sum p_{л1} n_{л1} \text{tg} \varphi_1, \quad (2.11)$$

$$P_{\text{нн}} = P_p + P_o, \quad (2.12)$$

$$Q_{\text{нн}} = Q_p + Q_o, \quad (2.13)$$

Підставляємо значення в формулу(2.10, 2.11, 2.12, 2.13):

$$P_o = 34,56 \text{ кВт}, \quad Q_o = 16,31 \text{ кВАр},$$

$$P_{\text{нн}} = 666,27 + 34,56 = 700,83 \text{ кВт},$$

$$Q_{\text{нн}} = 1324,25 + 16,31 = 1340,56 \text{ кВАр}.$$

Повну потужність визначаємо за формулою:

$$S_{\text{нн}} = \sqrt{P_{\text{нн}}^2 + Q_{\text{нн}}^2}, \quad (2.14)$$

Підставляємо значення в формулу (2.14):

$$S_{\text{нн}} = \sqrt{700,83^2 + 1340,56^2} = 1512,7 \text{ кВА}.$$

					НТУУ 001.9112.054 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Розрахуємо втрати в трансформаторі ТР1 за формулами:

$$\Delta P_{\text{тр.}} = 0,03S_{\text{нн}}, \quad (2.15)$$

$$\Delta Q_{\text{тр.}} = 0,1S_{\text{нн}}, \quad (2.16)$$

Підставляємо значення в формули (2.15, 2.16):

$$\Delta P_{\text{тр.}} = 0,03 \cdot 1512,7 = 45,381 \text{ кВт},$$

$$\Delta Q_{\text{тр.}} = 0,1 \cdot 1512,7 = 151,27 \text{ кВАр.}$$

Знаходимо навантаження приведені до шин ВН за формулами:

$$P_{\text{вн}} = P_{\text{нн}} + \Delta P_{\text{тр.}}, \quad (2.17)$$

$$Q_{\text{вн}} = Q_{\text{нн}} + \Delta Q_{\text{тр.}}, \quad (2.18)$$

$$S_{\text{вн}} = \sqrt{P_{\text{вн}}^2 + Q_{\text{вн}}^2}, \quad (2.19)$$

Підставляємо значення в формулу (2.17, 2.18, 2.19):

$$P_{\text{вн}} = 700,83 + 45,381 = 746,211 \text{ кВт},$$

$$Q_{\text{вн}} = 1340,56 + 151,27 = 1491,83 \text{ кВАр},$$

$$S_{\text{вн}} = \sqrt{746,211^2 + 1491,83^2} = 1668,05 \text{ кВА.}$$

Зведемо отримані значення в таблицю 2.5.

Таблиця 2.5 – Розрахункові навантаження по об'єкту дослідження

Вид електричного навантаження	Розрахункові електричні навантаження		
	Р, кВт	Q, кВАр	S, кВА
Навантаження підприємства	666,27	1324,25	1482,42
Навантаження освітлення	34,56	16,31	
Шини НН	700,83	1340,56	1512,7
Втрати в трансформаторі	45,38	151,27	
Шини ВН на ТП	746,211	1491,83	1668,05

## 2.4 Повірочний розрахунок системи внутрішнього електричного освітлення

Зробимо перевірку виконання норм з освітленості у виробничому цеху. За табл. 5.1 [4] розряд зорових робіт III, при загальній системі освітлення має забезпечуватись 200 лк.

Приміщення має такі параметри: довжина – 100 м, ширина - 50 м, висота – 6,5 м, висота підвісу 1,5 м, висота робочої поверхні – 1,2 м. Освітлення

					НТУУ 001.9112.054 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

нормується відповідно до високої точності зорової роботи, підряд зорової роботи – в з великим контрастом об'єкта з фоном [4]. Коефіцієнти відбиття 50/30/10.

Характеристика системи освітлення: Освітлення в виробничих цехах виконано за допомогою люмінесцентних світильників типу PRIZMA – 236PS потужністю 2×36 Вт. Світильники об'єднані в групи по 4-6 штук, світловий потік 3350 лм.

Розрахунок індексу приміщення:

$$i = \frac{ab}{(h - h_n)(a + b)}, \quad (2.20)$$

Підставимо значення у формулу (2.24):

$$i = \frac{100 \cdot 50}{(6,5 - 1,5)(100 + 50)} = 6,6.$$

Отримуємо значення коефіцієнта використання світлового потоку  $\eta = 0,67$ .

Приймаємо  $k_z = 1,5$ , коефіцієнт нерівномірності  $z = 1,1$  для люмінесцентних ламп низького тиску.

Розрахуємо освітленість:

$$E_\Phi = \frac{F_{\text{л}} N \eta}{S k_z z}, \quad (2.21)$$

Підставляємо значення у формулу (2.21):

$$E_\Phi = \frac{3350 \cdot 708 \cdot 0,67}{100 \cdot 50 \cdot 1,5 \cdot 1,1} = 192,62 \text{ лк.}$$

Зробимо перевірку нормативу на відповідність:

$$\delta = \frac{|E_\Phi - E_{\text{н}}|}{E_{\text{н}}} 100\%, \quad (2.22)$$

Підставляємо значення у формулу (2.22):

$$\delta = \frac{|192,62 - 200|}{200} \cdot 100\% = 3,69\% < 5\%.$$

Можна зробити висновок, що рівень освітлення відповідає нормам.

					НТУУ 001.9112.054 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

## 2.5 Оцінка завантаженості ТП

Відповідно до розрахунків сумарного електричного навантаження в п.2.3, маємо таке значення повної потужності:

$$S_{\text{нн}} = 1512,7 \text{ кВА},$$

Завантаженість трансформатору визначається за формулою:

$$S_{\text{тр.}} = \frac{S_{\text{нн}}}{n}, \quad (2.23)$$

де  $n$  – кількість трансформаторів.

З даних, вказаних в пункті 2.1 підприємство живиться з шести трансформаторів потужністю 400 кВА, трьох трансформаторів потужністю 250 кВА, одного трансформатору 630 кВА. Загальна кількість трансформаторів – 10.

Використовуючи дані надані підприємством про споживання електроенергії по цехам, було складено відсоткове співвідношення споживання електроенергії по кожній окремій ТП до загального споживання. Через отриманий відсоток споживання по ТП було отримано значення навантаження низької напруги на ТП-1 – 323,74 кВА, ТП-2 – 517,2 кВА, ТП-3 – 194,68 кВА, ТП-4 – 103,92 кВА, ТП-5 – 373,16 кВА. Використовуючи опис електропостачання з пункту 2.1, маємо інформацію про кількість трансформаторів у кожній трансформаторній підстанції.

Для прикладу розрахуємо навантаження на ТП-1, підставши значення у формулу (2.23):

$$S_{\text{тр.}} = \frac{373,16}{1} = 373,16 \text{ кВА}.$$

Отримане значення завантаженості трансформатору порівняємо з потужністю трансформатора в ТП-1:

$$S_{\text{ном}} > S_{\text{тр.}};$$

$$630 \text{ кВА} > 186,58 \text{ кВА}.$$

Дані з розрахунків навантажень по живлячим підстанціям занесено в таблицю 2.6.

					НТУУ 001.9112.054 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31



Таблиця 2.7 – Результати розрахунку складових з системи освітлення для складання балансу споживання електричної енергії

№	Найменування обладнання	Загальна встановлена потужність, кВт	Коефіцієнт використання	Тривалість роботи, год/рік	Річне споживання, кВт·год
1	2	3	4	5	6
1	Основне внутрішнє освітлення в цехах	7,848	0,95	2450	18266,22
2	Місцеве внутрішнє освітлення в цехах	1,368	0,95	3900	5068,44
3	Освітлення адміністративного корпусу	9,936	0,95	1200	11327,04
4	Освітлення в котельнях та компресорних приміщеннях	2,52	0,95	1900	4548,6
5	Освітлення на тимчасовому складі продукції (radiance 100)	0,6	0,4	2450	588
6	Освітлення на тимчасовому складі продукції (radiance 250)	1,5	0,4	2450	1470
7	Освітлення на складі фурнітури (radiance 250)	2,5	0,4	2450	2450
8	Освітлення адміністративної будівлі	5,184	0,85	1200	5287,68
9	Вуличне освітлення (sonet m100s)	2,1	0,6	3600	4536
10	Вуличне освітлення (radiance 250)	1	0,4	3600	1440
<b>Разом</b>					<b>54981,98</b>

Таблиця 2.8 – Результати розрахунку складових з технологічного обладнання для складання балансу споживання електричної енергії

№	Найменування обладнання	Загальна встановлена потужність, кВт	Коефіцієнт використання	Тривалість роботи, год/рік	Річне споживання, кВт·год
1	2	5	6	8	9
Розпилювальні верстати					
1	GIBEN	31	0,6	2600	48360
		5,5	0,6	1920	6336
		48	0,6	2100	60480

Продовження таблиці 2.8

2	REMA	16,5	0,51	2100	17671,5
3	TEMA	5,5	0,5	2600	7150
4	ROJEK	6	0,56	2600	8736
5	MARTIN	11	0,51	2000	11220
6	HOLZMA	100	0,58	3600	208800
Свердлильні верстати					
7	WINNER	52	0,32	1920	31948,8
		90	0,32	1920	55296
8	BLUM	3	0,32	1920	1843,2
		6	0,32	1920	3686,4
9	VITAP	6,6	0,32	1920	4055,04
		4,5	0,32	1920	2764,8
		1,75	0,32	1920	1075,2
		3	0,32	1920	1843,2
10	GANA	128	0,32	1920	78643,2
11	SPEEDY 207	5	0,32	1920	3072
12	KDT	128	0,32	1920	78643,2
Кромко-облицювальні верстати					
13	STARTER	15	0,28	3250	13650
		4	0,28	3250	3640
14	HOLZHER	16	0,28	3250	14560
		24	0,28	3250	21840
15	BRANDT	32	0,28	3250	29120
16	OLIMPIC	18	0,28	3250	16380
17	KDT-360	10	0,28	3250	9100
Лінія кромко-облицювальна					
18	MAHROS SCM GROUP	210	0,45	1920	181440
19	KDT KEENMAN	96	0,45	3600	155520
Зарізні верстати					
20	TOSKAR	6	0,28	1920	3225,6
21	Клеєвальці	6	0,28	1920	3225,6
Інші верстати					
22	Прокатний верстат	3	0,21	1250	787,5
23	Пакувальний верстат	7,5	0,21	1250	1968,75
24	Фасувальний верстат	2	0,21	1250	525
25	Труборіз	2,2	0,21	1250	577,5
26	Точильний верстат	0,55	0,21	1250	144,375
27	Просічний верстат	6	0,21	1250	1575
28	Фрезер ФСШ-1К	11	0,21	1250	2887,5
<b>Разом</b>					<b>1091791,365</b>

Таблиця 2.9 – Результати розрахунку складових обладнання механічної майстерні для складання балансу споживання електричної енергії

№	Найменування обладнання	Загальна встановлена потужність, кВт	Коефіцієнт використання	Тривалість роботи, год/рік	Річне споживання, кВт·год
1	2	5	6	8	9
<b>Обладнання механічної майстерні</b>					
Токарні верстати					
1	КП 16К25Г	9,5	0,42	1920	7660,8
2	ИЖ ИС 1-1(95ТС-1)	13,5	0,42	1920	10886,4
Інші верстати					
3	Стругальний верстат 7Б35	4	0,46	1200	2208
		8,5	0,46	960	3753,6
4	Верстат консольно-фрезерний 6Т12	6,5	0,32	1300	2704
5	Прес гідравлічний ПГ 300	5,5	0,6	2850	9405
6	Зварювальний апарат ВДУ-506У3	5	0,36	1250	2250
7	Верстат точильно-шліфувальний 3Б624	11	0,36	1250	4950
8	Верстат радіально-свердильний 2К522	7,5	0,36	1250	3375
9	Верстат круглошліфувальний 3Б161	14	0,36	3600	18144
10	Верстати для заточки пил LAKFAM ASP-631	1,65	0,36	960	570,24
<b>Разом</b>					<b>65907</b>

Таблиця 2.10 – Результати розрахунку складових з вентиляційного обладнання для складання балансу споживання електричної енергії

№	Найменування обладнання	Загальна встановлена потужність, кВт	Коефіцієнт використання	Тривалість роботи, год/рік	Річне споживання, кВт·год
1	Припливна вентиляція	7,5	0,7	2600	13650
		11,5	0,7	2600	20930
2	Повітряна вентиляція	7,5	0,7	2600	13650
3	Аспірація CORAL	99	0,7	2200	152460
		22	0,7	2200	33880



## 2.8 Оцінка стану та ефективності систем обліку та моніторингу

На даний момент на підприємстві відсутня система енергоменеджменту як така. У відсутність активних СЕНМ, ідентифікація значущих споживачів ПЕР проводиться за допомогою існуючих систем комерційно-технічного обліку ПЕР та АСКУЕ. На підприємстві вимірювання споживання електроенергії проводиться за допомогою показів лічильників, встановлених в щитових низької напруги. Моніторинг і аналіз проводиться через порівняння споживання з попередніми місяцями та фіксується у щоденнику обліку. Ці системи забезпечують контроль та управління енергосистемою, а також вимірювання потужності, енергії та ресурсів. На основі даних, отриманих з цих систем, визначаються значущі споживачі. Такий підхід використовується в умовах відсутності активних СЕНМ та дозволяє визначити головних споживачів, що мають велике значення у системі.

## 2.9 Розроблення типових заходів з енергоефективності для суттєвих споживачів електроенергії

### Захід №1. Встановлення обмежувача холостого ходу на аспірацію у виробничих цехах.

Наразі існує проблема роботи аспіраційної системи в холостому ході впродовж робочого дня, коли персонал не проводить ніяких робіт з виробництва меблевої продукції.

Встановлення обмежувача холостого ходу для аспіраційної системи у виробничому цеху підприємства з виробництва меблів може принести певні енергетичні економії за рахунок обмеження швидкості обертання двигуна всмоктування повітря і повністю вимикати аспіраційну систему, якщо протягом 10 хвилин виробниче обладнання так і не почало використовуватись. Це значно знизить споживання електроенергії.

Для оцінки зниження споживання електричної енергії аспіраційної системи після встановлення обмежувача холостого ходу, проведемо розрахунок

					НТУУ 001.9112.054 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

для вихідних параметрів аспірації, наведених в таблиці 2.12.

Таблиця 2.12 – Вихідні параметри обладнання для розрахунку заходу на підвищення енергоефективності

№	Найменування обладнання	Встановлена потужність, кВт	Кількість,	Загальна встановлена потужність,	Коефіцієнт використання	Середня активна потужність,	Тривалість роботи, год/рік	Річне споживання, кВт*год
1	Аспірація CORAL	11	9	99	0,7	69,3	2200	152460
		5,5	4	22	0,7	15,4	2200	33880

Загальна встановлена потужність розраховується за формулою:

$$P_{\text{заг}} = nP, \quad (2.26)$$

де  $n$  – кількість обладнання;

$P$  – встановлена потужність обладнання, кВт.

Середня активна потужність розраховується за формулою:

$$P_{\text{сер}} = k_{\text{викор.}} P_{\text{заг}}, \quad (2.27)$$

Річне споживання електроенергії розраховується за формулою:

$$W_{\text{рік}} = t P_{\text{сер}}, \quad (2.28)$$

де  $t$  – тривалість роботи обладнання за рік.

За наданими даними від підприємства, час роботи аспірації Coral складає 2200 год/рік, час холостого ходу обладнання визначається тривалістю будь яких перерв, під час яких персонал не використовує виробниче обладнання. Середня сумарна тривалість всіх перерв протягом однієї робочої зміни складає 1,5 години.

Розрахуємо сумарний час перерв за рік:

$$t_{\text{пер.}} = 1,5 \cdot 20 \cdot 12 = 360 \text{ год,}$$

де 20 – кількість робочих днів за місяць,

12 – кількість місяців у році.

Маючи цю інформацію, фактичний час роботи аспіраційної системи Coral складає:

$$t_{\text{факт.}} = t_{\text{рік.}} - t_{\text{пер.}} = 2200 - 360 = 1840 \text{ год.}$$

Розрахуємо річне споживання електроенергії після встановлення

									Арк.
									38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	НТУУ 001.9112.054 ПЗ				

обмежувача холостого ходу за формулою (2.28):

$$W_{\text{рік}_{\text{обм.}}} = 1840 \cdot (69,3 + 15,4) = 155848 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}}$$

Економія в натуральному вираженні становитиме:

$$E = W_{\text{рік}} - W_{\text{рік}_{\text{обм.}}} = (152460 + 33880) - 155848 = 30492 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}}$$

Що в грошовому еквіваленті становитиме:

$$30492 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}} \cdot 6,31 \text{ грн} = 192404,52 \text{ грн}$$

Загальна річна економія від встановлення обмежувача холостого ходу на системи аспірації Coral в грошовому еквіваленті становитиме 192404,52 грн.

Результати економічних розрахунків, які були проведені в програмі ексель від Асоціації енергоменеджерів для обрахунку показників реалізації заходів наведені в таблиці 2.13.

Таблиця 2.13 – Фінансові показники реалізації заходу

Назва показника	Значення показника
Загальна вартість проєкту (тис. грн)	330
Річна економія енергії (тис кВт·год/рік)	30,492
Річна економія витрат (тис. грн.)	192,404
Простий період окупності інвестицій, роки	2,3
Дисконтований період окупності, роки	3,1
NPV, тис.грн	177,92

Зважаючи на те, що чиста поточна вартість (NPV) складає 177,92 тис. грн, а простий та дисконтований строк окупності становлять відповідно 2,3 та 3,1 роки протягом 5-річного проєкту, можна зробити висновок, що впровадження даного заходу з енергозбереження є економічно доцільним.

### **Захід №2. Заміна двигунів розпилювальних верстатів**

В даний момент на підприємстві у різних виробничих цехах використовуються розпилювальні верстати різних виробників. Проте у головному технологічному цеху №1 встановлено 2 найбільш потужні верстати фірми Holzma, модель не уточнюється. Станом на 2023 рік це обладнання можна вважати застарілим, оскільки його технічні характеристики уже не відповідають



окупності розраховуємо за формулою:

$$T_{\text{ок}}^{\text{пр}} = \frac{N_{2\text{грн}}}{N_{1\text{грн}}}, \quad (2.31)$$

Підставляємо значення в формулу (2.31):

$$T_{\text{ок}}^{\text{пр}} = \frac{620000}{2 \cdot 192643,92} = 1,6 \text{ років.}$$

### Захід №3. Заміна двигунів свердлильних верстатів

Ситуація з свердлильними верстатами аналогічна розпилювальним верстатам. У головному цеху встановлено 4 верстати фірми KDT, які також застарілі і не відповідають своїм номінальним характеристикам. Кожен з свердлильних верстатів приводиться в дію асинхронним двигуном і споживає 32 кВт.

Пропонується замінити існуючий електродвигун на більш енергоефективний, що має клас енергоефективності IE3 згідно стандарту ДСТУ 60034-30:2016, від фірми Yuni-Motors П-71У4.

Характеристики старого двигуна

Характеристики нового двигуна

- |                                     |                                     |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| • Потужність, кВт: 32;              | • Потужність, кВт: 25;              |
| • Ступінь пиловологозахисту, IP:44; | • Ступінь пиловологозахисту, IP:55; |
| • Коефіцієнт потужності: 0,92       | • Коефіцієнт потужності: 0,89       |
| • ККД: 84 %.                        | • ККД: 94,1 %.                      |

Споживану потужність розраховуємо за формулою (2.29) для старого і нового двигуна:

$$W_{\text{ст}} = \frac{32}{0,84} \cdot 1920 \cdot 0,32 = 23405,71 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}},$$

$$W_{\text{нов}} = \frac{25}{0,941} \cdot 1920 \cdot 0,32 = 16975,98 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}}.$$

Розраховуємо економію електричної енергії, кВт·год/рік:

$$\Delta W = W_{\text{ст}} - W_{\text{нов}} = 23405,71 - 16975,98 = 6429,83 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}}.$$

Розраховуємо грошову економію за формулою:

					НТУУ 001.9112.054 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

$$N_{1\text{грн}} = \Delta W \cdot b, \quad (2.30)$$

Підставляємо значення в формулу (2.30):

$$N_{1\text{грн}} = 6429,83 \cdot 6,31 = 40572,23 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}$$

Капітальні витрати на заміну 4 двигунів – 369000 грн[6]. Простий термін окупності розраховуємо за формулою (2.31):

$$T_{\text{ок}}^{\text{пр}} = \frac{369000}{4 \cdot 40572,23} = 2,27 \text{ років.}$$

Таблиця 2.14 – Заходи з енергозбереження

МЕЗ №	Захід з енергозбереження	Витрати на впровадження, тис. грн	Річна економія е/е, кВт·год	Річна економія витрат, тис. грн	Простий термін окупності, років
1	Встановлення обмежувача холостого ходу	400	30492	192,404	2,3
2	Заміна двигунів розпилювальних верстатів	620	30530	192,643	1,6
3	Заміна двигунів свердильних верстатів	369	6429,83	40,57	2,27
Всього		1389	67451,83	425,617	

## Висновки до розділу 2

1. В даному розділі було проведено аналіз схеми електропостачання, розрахунки обладнання підприємства, було виявлено основних споживачів електричної енергії. Для зручності побудови балансу, споживачів було розбито на наступні категорії: система освітлення, обладнання механічної майстерні, компресори, технологічне обладнання, вентиляційне обладнання.

2. Найбільшим споживачем електричної енергії серед цих категорій є технологічне обладнання. В категорію технологічне обладнання входять всі верстати і верстати, які використовуються у виробничих цехах при виготовленні продукції.

3. Для зниження показників та контролю рівня спожитої електроенергії було запропоновано наступні заходи: встановлення обмежувача холостого ходу на систему аспірації, заміна двигунів розпилювальних верстатів, заміна двигунів свердильних верстатів.

									Арк.
									42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	НТУУ 001.9112.054 ПЗ				

### 3 АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПАЛИВА ТА ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРІЇ НА ОБ'ЄКТІ

#### 3.1 Системи паливо- та теплопостачання об'єкта та їх аналіз

На даному підприємстві з виробництва меблів в виробничих цехах встановлено утилізатори деревних відходів (УДВ).

УДВ є енергозберігаючою технологією та призначений для спалювання відходів деревини з отриманням теплоносія необхідної якості (вода, повітря), що використовується в промислових цілях (системи опалення, гарячого водопостачання тощо). УДВ переробляє тирсу, стружку та інші відходи деревообробки з вологістю до 50% і при тому не вимагає додаткового палива. Встановлення не утворює рідких стоків і твердих відходів, працює в автоматичному режимі.

Експлуатація установки відповідає вимогам. [7]

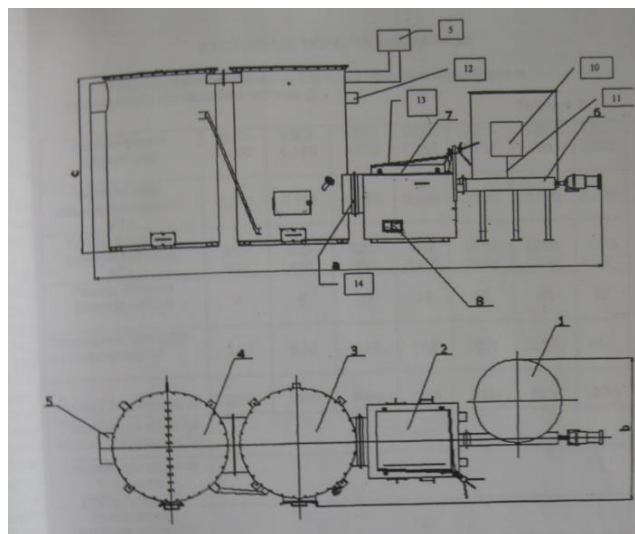


Рисунок 3.1 – Утилізатор деревних відходів

					НТУУ 001.9112.054 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Рабенко Є.О.			АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПАЛИВА ТА ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Шовкалюк М.М.					43	
Реценз.						ІЕЕ, ОН-91		
Н. Контр.								
Затверд.								

Згідно рис. 3.1 УДВ складається з видаткового бункера 1, теплогенератора 2, водонагрівача атмосферного типу і щаблі 3 (далі водонагрівач 3), водонагрівача атмосферного типу II ступеня 4 (далі водонагрівач 4), димоходу 5, шнека 6, розширювального бака 9, водонапірного бака 10, електроклапана 11, датчиків 12, 13 і 14.

Паливо у вигляді дрібних відходів деревообробного виробництва завантажується в бункер 1, звідки шнеком 6 подається в теплогенератор 2. Періодичність подачі палива регулюється автоматикою утилізатора і залежить від рівня теплового навантаження утилізатора.

Повітря для згоряння від дутьового вентилятора (на малюнку не показаний) подається знизу під решітку теплогенератора. Продукти згоряння з теплогенератора надходять у водонагрівач 3, звідки направляються в водонагрівач 4, збираються в димарі 5 і відводяться за допомогою димососа (на малюнку не показано) в димову трубу. Для стабілізації процесу горіння теплогенератор закритий футерованою кришкою 7, через яку відбувається розпалювання. Для чищення теплогенератора знизу встановлений люк 8.

Водонагрівач 3 має стінки, що охолоджуються. Вода для охолодження надходить знизу від трубчастого водонагрівача 4 і відводиться зверху до споживачеві.

Водонагрівач 4 конструктивно являє собою пакет труб, через які зверху вниз рухаються димові газы. Зовні труби омиваються водою, яка надходить від споживача і рухається знизу вгору (протиток).

Рівень води утилізатор підтримується автоматично в обсязі відкритого розширювального бака 9. Циркуляція води у системі підтримується насосами на лінії подачі гарячої води до споживача.

Автоматика, яка встановлена на утилізаторі, виконує регулювання температури вихідного теплоносія та підтримує рівень води в системі, а також виконує захисне відключення подачі повітря та палива при:

- відключення електроенергії;

					<i>НТУУ 001.9112.054 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		44

- підвищення температури води у водонагрівачі вище 95 °С;
- підвищення температури повітря в повітряному теплообміннику вище 250 °С;
- зниження рівня води в розширювальному баку нижче встановленого рівня;
- підвищення температури корпусу шнека понад 80 ° С;
- несправності ланцюгів захисту (включаючи зникнення живильної напруги);
- низькому розрідженні за теплогенератором;

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

Максимальний ККД УДВ становить 82 %, норма витрат палива (тирса) на виробництво тепла – 24 м<sup>3</sup>/добу, для даного виду обладнання значення вищезазначених характеристик є посередніми. Можна зробити висновок, що ефективність спалювання палива утилізатором можна охарактеризувати як задовільну.

В таблиці 3.1 наведено перелік опалювальних установок підприємства.

Таблиця 3.1 – Перелік опалювальних установок

№, п/п	1.Споживачі	2.Джерело тепlopостачання	3.Кількість
Виробничий цех №1			
1	Опалення	Утилізатор деревних відходів – 0,5 МВт, встановлений в цеху 1	1
2	ГВП		
Виробничий цех №2			
1	Опалення	Утилізатор деревних відходів – 0,5 МВт, встановлений в цеху 2	1
2	ГВП		
Виробничий цех №3			
1	Опалення	Утилізатор деревних відходів – 0,5 МВт, встановлений в цеху 3	1
2	ГВП		
Виробничий цех №4			
1	Опалення	Утилізатор деревних відходів – 0,5 МВт, встановлений в цеху 4	1
2	ГВП		

					НТУУ 001.9112.054 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.1

Виробничий цех №5			
1	Опалення	Утилізатор деревних відходів – 0,5 МВт, встановлений в цеху 5	1
2	ГВП		
Виробничий цех №6			
1	Опалення	Утилізатор деревних відходів – 0,5 МВт, встановлений в цеху 6	1
2	ГВП		
Виробничий цех №7			
1	Опалення	Утилізатор деревних відходів – 0,5 МВт, встановлений в цеху 7	1
2	ГВП		
Виробничий цех №8			
1	Опалення	Утилізатор деревних відходів – 0,5 МВт, встановлений в цеху 8	1
2	ГВП		

Газопостачання на підприємстві немає, оскільки немає необхідності у наявних установок, які споживають газове паливо.

### 3.3 Розрахунок основних складових для складання балансу споживання теплової енергії об'єкту у аналітичній формі

Для розрахунку теплового балансу використовувались вихідні дані станом на 2022 р.

Баланс споживання теплової енергії на підприємстві визначався розрахунково-аналітичним методом з використанням діючих в Україні методик розрахунку теплотехнічних показників. Вихідні дані для розробки були надані уповноваженими співробітниками підприємства.

Витрати тепла по підприємству складаються з наступних основних статей:

- витрати на опалення та вентиляцію будівель;
- витрати на гаряче водопостачання будівель.

Проводити розрахунки витрат тепла на опалення та вентиляцію будівель підприємства будемо методом укрупнених показників.

Річний обсяг споживання тепла на опалення будівель розраховуємо за формулою, Гкал/рік:

$$Q_0^{\text{річн}} = V_{\text{н}} q_0 (t_{\text{вн}} - t_{\text{с.о.}}) n_0 \tau 10^{-6}, \quad (3.1)$$

де:  $V_{\text{н}}$  – об'єм приміщень за зовнішніми обмірами, м<sup>3</sup>;

						НТУУ 001.9112.054 ПЗ	Арк.
							46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$q_0$  – питома опалювальна характеристика, ккал/м<sup>3</sup>·год·°С;

$t_{вн}$  – робоча внутрішня температура приміщень, °С;

$t_{с.о.}$  – середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період, °С [8];

$n_0$  – тривалість опалювального періоду за рік, діб;

$\tau$  – час роботи системи опалення за добу при робочій температурі, год.

Результати розрахунку витрат тепла на виробничі технологічні процеси приведено у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Витрати теплової енергії та опалення будівель

№ з/п	Призначення приміщення	Об'єм приміщення, тис. м <sup>3</sup>	Середня температура в приміщенні в робочий час,	Середня температура зовнішнього повітря, °С	Питома опалювальна характеристика а, ккал/м <sup>3</sup> ·год·°С	Кількість днів в опалювальному сезоні	Кількість годин роботи системи опалення в оптимальному режимі	Теплові витрати, рік
								Гкал/год
1	2	3	4	5	6	7	8	10
<b>Виробничий цех №1</b>								
1	Допоміжне виробництво	16,2	18	-22	0,35	176	6	239,5
2	Інше	3,2	18	-22	0,35	176	6	47,3
3	Всього							286,8
<b>Виробничий цех №2</b>								
4	Допоміжне виробництво	14,7	18	-22	0,35	176	6	217,325
5	Інше	1,8	18	-22	0,35	176	6	26,61
6	Всього							243,936
<b>Виробничий цех №3</b>								
7	Допоміжне виробництво	11,4	18	-22	0,35	176	6	168,54
8	Інше	2,6	18	-22	0,35	176	6	38,44
9	Всього							206,976
<b>Виробничий цех №4</b>								
10	Побутові приміщення	22,4	18	-22	0,35	176	6	331,16
11	Допоміжне виробництво	18,1	18	-22	0,35	176	6	267,59
12	Всього							598,752

Продовження таблиці 3.2

Виробничий цех №5								
13	Допоміжне виробництво	12,3	18	-22	0,35	176	6	181,84
Виробничий цех №6								
14	Побутові приміщення	11,1	18	-22	0,35	176	6	164,1
15	Допоміжне виробництво	12,8	18	-22	0,35	176	6	189,24
16	Інше	0,78	18	-22	0,35	176	6	11,53
17	Всього							364,87
Виробничий цех №7								
18	Допоміжне виробництво	13,3	18	-22	0,35	176	6	196,63
Виробничий цех №8								
19	Допоміжне виробництво	9,5	18	-22	0,35	176	6	140,448
20	Інше	1,7	18	-22	0,35	176	6	25,13
21	Всього							165,58
Адміністративна будівля								
22	Адміністративні приміщення	3,2	18	-22	0,4	176	6	54,067
Компресорне приміщення								
23	Основне виробництво	14	18	-22	0,35	176	6	206,976
Механічна майстерня								
24	Допоміжне виробництво	1,7	18	-22	0,35	176	6	25,1328
25	Інше	0,18	18	-22	0,35	176	6	2,66
26	Всього							27,79
27	Разом							2534,23

Річний обсяг споживання теплової енергії на вентиляцію будівель розраховувався за формулою:

$$Q_0^{\text{річн}} = V_{\text{н}} q_{\text{в}} (t_{\text{вн}} - t_{\text{с.о.}}) n_0 Z 10^{-6}, \quad (3.2)$$

де  $V_{\text{н}}, t_{\text{вн}}, t_{\text{с.о.}}, n_0$  – показники, що входять до попередньої формули;

$q_{\text{в}}$  – питома вентиляційна характеристика, ккал/м<sup>3</sup>·год·°С;

$Z$  – середня за опалювальний період тривалість роботи системи вентиляції протягом доби, год.

Результати розрахунків занесемо до таблиці 3.3.

					НТУУ 001.9112.054 ПЗ			Арк.
								48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

Таблиця 3.3 – Витрати теплової енергії на вентиляцію будівель

№ з/п	Призначення приміщення	Об'єм приміщення	Середня температура в приміщенні в робочий час, °С	Середня температура зовнішнього повітря, °С	Питома вентиляційна характеристика, ккал/м <sup>3</sup> ·год·°С	Кількість днів в опалювальному сезоні	Кількість годин роботи системи вентиляції в оптимальному режимі	Теплові витрати	
								Гкал/год	
1	2	3	4	5	6	7	8	10	
<b>Виробничий цех №1</b>									
1	Допоміжне виробництво	16,2	18	-22	0,15	176	8	136,858	
2	Інше	3,2	18	-22	0,1	176	8	18,02	
3	Всього							154,88	
<b>Виробничий цех №2</b>									
4	Допоміжне виробництво	14,7	18	-22	0,1	176	8	82,79	
5	Інше	1,8	18	-22	0,08	176	8	8,11	
6	Всього							90,9	
<b>Виробничий цех №3</b>									
7	Допоміжне виробництво	11,4	18	-22	0,1	176	8	64,2	
8	Інше	2,6	18	-22	0,08	176	8	11,715	
9	Всього							75,92	
<b>Виробничий цех №4</b>									
10	Побутові приміщення	22,4	18	-22	0,1	176	8	126,157	
11	Допоміжне виробництво	18,1	18	-22	0,1	176	8	101,939	
12	Всього							228,096	
<b>Виробничий цех №5</b>									
13	Допоміжне виробництво	12,3	18	-22	0,1	176	8	69,27	
<b>Виробничий цех №6</b>									
14	Побутові приміщення	11,1	18	-22	0,08	176	8	50,012	
15	Допоміжне виробництво	12,8	18	-22	0,1	176	8	72,09	
16	Інше	0,78	18	-22	0,05	176	8	2,196	
17	Всього							124,298	
<b>Виробничий цех №7</b>									
18	Допоміжне виробництво	13,3	18	-22	0,1	176	8	74,9	
<b>Виробничий цех №8</b>									
19	Допоміжне виробництво	9,5	18	-22	0,1	176	8	53,504	
20	Інше	1,7	18	-22	0,1	176	8	9,574	
21	Всього							63,078	

НТУУ 001.9112.054 ПЗ

Арк.

49

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

Продовження таблиці 3.3

Адміністративна будівля								
22	Адміністративні приміщення	4,8	18	-22	0,08	176	8	21,627
Компресорне приміщення								
23	Основне виробництво	14	18	-22	0,2	176	8	157,696
Механічна майстерня								
24	Допоміжне виробництво	1,7	18	-22	0,15	176	8	14,36
25	Інше	0,18	18	-22	0,15	176	8	1,52
26	Всього							15,88
27	Разом							1076,56

Витрати тепла на гаряче водопостачання умивальників визначається по формулі (розрахунок проводимо так як і для норм витрат тепла на опалення), Гкал/рік:

$$Q_0^{\text{річн}} = \sum q_{\text{ч}} n \tau 10^{-6}, \quad (3.3)$$

де  $q_{\text{ч}}$  - питома норма витрат тепла на 1 годину роботи крана, умивальника ккал/год;

$n$  - кількість душових сіток, кранів умивальників;

$\tau$  - тривалість роботи споживачів, для підприємств приймається 3 години в добу для роботи умивальників і душових в літній та зимовий час.

Результати розрахунку наведено таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Витрати теплової енергії на потреби умивальників

№ з/п	Приміщення	Цех №1	Цех №2	Цех №3	Цех №6	Цех №8	Адмін. будівля
1	2	3	4	5	8	10	11
1	Кількість умивальників, шт	15	18	18	16	22	34
2	Норма витрати гарячої води на умивальник в літній час, ккал/год	1900	1900	1900	1900	1900	1900
3	Норма витрати гарячої води на умивальник в зимовий час, ккал/год	2000	2000	2000	2000	2000	2000
4	Добова норма часу роботи умивальника в літній час	3	3	3	3	3	3
5	Добова норма часу роботи умивальника в зимовий час	3	3	3	3	3	3
6	Умовна кількість годин літнього часу	180	180	180	180	180	180
7	Умовна кількість годин зимового часу	191	191	191	191	191	191
8	Витрати теплової енергії на ГВП	85,5	102,6	102,6	91,2	125,4	193,8
9	<b>Сума</b>						<b>701,1</b>

Годинні втрати тепла в трубопроводах теплових мереж визначають за формулою, Гкал/год:

$$q_v = \frac{q_0 l \beta 10^{-6} 3,6}{4,187} \quad (3.4)$$

де  $q_0$  – норма теплових втрат (залежать від температури теплоносія та зовнішнього середовища), Вт/м;

$l$  – протяжність трубопроводів, м;

$\beta$  – коефіцієнт, який враховує втрату теплоти опорами, арматурою та компенсаторами – 1,25.

Витрати теплової енергії за період часу визначаються за формулою:

$$Q_v = q_v \tau, \quad (3.5)$$

де  $\tau$  – число годин роботи, год.;

Результати розрахунків наведено в таблиці 3.13.

Таблиця 3.5 – Годинні втрати тепла в трубопроводах теплових мереж

Найменування	l, м	d <sub>тр</sub> , мм	δ, мм	t <sub>тепл</sub> , °С	t <sub>зовн</sub> , °С	q <sub>0</sub> , Вт/м	q <sub>v</sub> , Гкал	Q <sub>v</sub> , Гкал
Подавальний трубопровід системи опалення цех №1	500	159	50	40	0,1	36	0,0015	2,179
Зворотній трубопровід системи опалення цех №1	300	159	50	20	0,1	24	0,0005	0,726
Подавальний трубопровід системи ГВП цех №1	250	50	50	70	0,1	24	0,0018	2,542
Зворотній трубопровід системи ГВП цех №1	250	50	50	40	0,1	30	0,0013	1,816
Подавальний трубопровід системи опалення цех №2	150	76	50	40	0,1	30	0,0013	1,816
Зворотній трубопровід системи опалення цех №2	150	76	50	20	0,1	24	0,0005	0,726
Подавальний трубопровід системи ГВП цех №2	130	159	50	70	0,1	24	0,0018	2,542
Зворотній трубопровід системи ГВП цех №2	130	159	50	40	0,1	36	0,0015	2,179
Подавальний трубопровід системи опалення цех №3	450	65	50	40	0,1	36	0,0015	2,179
Зворотній трубопровід системи опалення цех №3	450	65	50	40	0,1	36	0,0015	2,179
Подавальний трубопровід системи ГВП цех №3	200	65	50	40	0,1	36	0,0015	2,179
Зворотній трубопровід системи ГВП цех №3	200	65	50	20	0,1	24	0,0005	0,726

Продовження таблиці 3.5

Подавальний трубопровід системи опалення цех №6	500	159	50	40	0,1	36	0,0015	2,179
Зворотній трубопровід системи опалення цех №6	500	159	50	20	0,1	24	0,0005	0,726
Подавальний трубопровід системи ГВП цех №6	450	159	50	70	0,1	12	0,0009	1,271
Зворотній трубопровід системи ГВП цех №6	450	159	50	40	0,1	30	0,0013	1,816
Подавальний трубопровід системи опалення цех №8	80	76	50	40	0,1	36	0,0015	2,179
Зворотній трубопровід системи опалення цех №8	80	76	50	20	0,1	24	0,0005	0,726
Подавальний трубопровід системи ГВП цех №8	50	65	50	40	0,1	24	0,0010	1,453
Зворотній трубопровід системи ГВП цех №8	50	65	50	20	0,1	12	0,0003	0,363
Подавальний трубопровід системи опалення адмін. будівлі	320	159	50	70	0,1	12	0,0009	1,271
Зворотній трубопровід системи опалення адмін. будівлі	320	159	50	40	0,1	12	0,0005	0,726
Подавальний трубопровід системи ГВП адмін. будівлі	300	159	50	40	0,1	24	0,0010	1,453
Зворотній трубопровід системи ГВП адмін. будівлі	300	159	50	20	0,1	30	0,0006	0,908
<b>Всього</b>							<b>0,0262</b>	<b>36,86</b>

### 3.4 Баланс споживання палива

Для складання балансу споживання палива були взяті дані за 2022 рік. Як було описано раніше, підприємство забезпечується тепловою енергією завдяки утилізатору деревних відходів. УДВ переробляє тирсу, стружку та інші відходи деревообробки з вологістю до 50% і при тому не вимагає додаткового палива. Оскільки неможливо визначити кількість конкретних деревних відходів по видам, розрахунок балансу споживання палива буде проводитись за єдиним паливом – деревні відходи. Основні характеристики цього палива подані в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Основні характеристики палива для теплозабезпечення

Паливо	Одиниця виміру	Калорійність, ккал/кг
Деревні відходи	м <sup>3</sup>	4300

Річна потреба в паливі для УДВ розраховується за виразом, т/рік:

$$B = \sum Q_{\text{вир}} b 10^{-3}, \quad (3.6)$$

де  $Q_{\text{вир}}$  – обсяг виробленої теплової енергії за відповідний період, Гкал;

$b$  – питомі витрати умовного палива на відпуск 1 Гкал тепла, кг/Гкал.

Результати розрахунку витрат палива на підприємстві основним обладнанням приведені в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Основні дані щодо обсягів палива, що використовувалося на машинобудівному підприємстві у 2022 році

Найменування	Відпуск тепла, Гкал	Норма витрат палива на відпуск тепла, кг/Гкал	Витрати палива, т
УДВ	1474,56	1800	819,2

Нижче наведено рисунок 3.2 по споживанню теплової енергії за 2022 рік у вигляді діаграми.

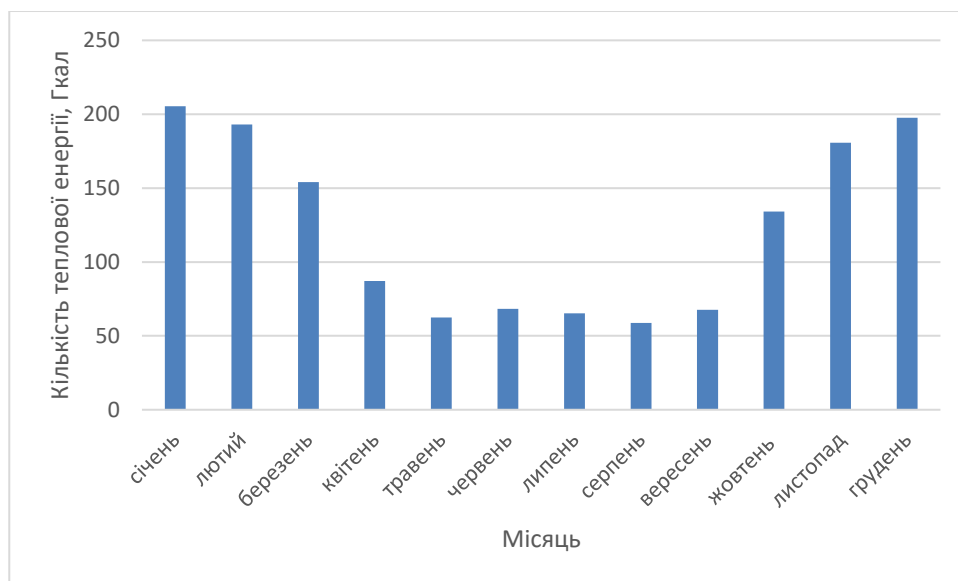


Рисунок 3.2 – Споживання теплової енергії підприємством за 2022 рік

### 3.5 Оцінка ефективності роботи джерела теплової енергії

На сьогодні на підприємстві встановлено по одному УДВ в кожному виробничому цеху. Детальні характеристики УДВ представлені у таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 – Номінальні і фактичні значення основних параметрів і характеристик.

Найменування параметрів	УДВ – 0,5
Номінальна теплова потужність, МВт	0,5
Витрата повітря в теплогенераторі, м <sup>3</sup> /год	830 – 1650
Витрата палива (тирса), м <sup>3</sup> /доба	24
Займана площа УДВ, м <sup>2</sup>	12
Маса утилізатору, кг	5500
Температура води на вході в УДВ, °С	65
Температура води на виході з УДВ, °С	95
Температура ідучих газів, °С	180
Температура повітря на виході з УДВ, °С	80 – 200
Теплота згоряння палива (тирса), КДж/кг	8000
Встановлена електрична потужність, КВт	2 – 5
Максимальний повний КПД	0,82

Встановлені утилізатори деревних відходів в виробничих цехах використовують для забезпечення опалення та ГПВ виробничих цехів. Ці утилізатори працюють в автоматичному режимі, тобто тільки за необхідності, тому це є енергоефективною технологією.

### 3.6 Повірочний розрахунок теплових навантажень об'єкту

Підприємство з виробництва меблів знаходиться в Київській області (І температурна зона). Розрахунок будемо проводити для головного виробничого цеху №1.

Зовнішні стіни виконані з цегляної кладки на цементно-піщаному розчині густиною 1400 кг/м<sup>3</sup> та товщиною 0,4 м та цементно-піщаної штукатурки, розташованої всередині будівлі з товщиною 0,04 м. Зовнішній фасад не має видимих пошкоджень.

Вікна дерев'яні з загальною кількістю 70 шт. розміром 1,2 x 1,8 м та загальною площею 151,2 м<sup>2</sup>.

Дах плоского типу, виконаний з азбестоцементних листів густиною 1600 кг/м<sup>3</sup>, залізобетонної плити товщиною 0,1 м, утеплена шаром мінеральної вати 0,2 м густиною 80 кг/м<sup>3</sup> та вкритий шаром гідроізоляції руберойд товщиною 0,035 м густиною 600 кг/м<sup>3</sup>.

					НТУУ 001.9112.054 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підлога складається з залізобетонної плити товщиною 0,3 м, шару бетонної стяжки 0,02 м.

Для визначення тепловтрат в виробничому цеху розрахуємо тепловтрати через зовнішні огорожуючі конструкції та витрати теплоти вентиляцією.

Розрахунок термічного опору проводимо за фактичними геометричними розмірами, які були визначені за наданими даними від підприємства. Теплофізичні коефіцієнти взяті з довідкової літератури.

### ***Непрозорі огорожувальні конструкції***

Загальна площа зовнішніх стін без вирахування площі вікон та воріт складає  $F_c = 1950 \text{ м}^2$ .

Склад стіни:

- цегляна кладка з керамічної порожнистої цегли густиною  $1400 \text{ кг/м}^3$  на цементно – піщаному розчині  $\lambda = 0,47 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ , товщина  $\delta = 0,4 \text{ м}$ ;
- цементно – піщана штукатурка  $\lambda = 0,87 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ , товщина  $\delta = 0,04 \text{ м}$ .

Розрахуємо термічний опір стін та порівняємо з нормативним значенням в І температурній зоні:

$$R = \frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_6}. \quad (3.7)$$

Підставляємо значення у формулу (3.7):

$$R_{\text{ст}} = \frac{1}{23} + \frac{0,4}{0,47} + \frac{0,04}{0,87} + \frac{1}{8,7} = 1,055 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}.$$

Для І зони, значення мінімального термічного опору для стін [9]

$$R_{\text{wmin}} = 2,2 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}; R_{\text{ст}} < R_{\text{wmin}}.$$

З отриманих результатів робимо висновок, що значення термічного опору не відповідає нормативному значенню, тому в майбутньому потрібно виконати утеплення фасадів.

Коефіцієнт теплопередачі стіни знаходиться за формулою [10]:

$$k_{\text{ст}} = \frac{1}{R_{\text{ст}}}. \quad (3.8)$$

					НТУУ 001.9112.054 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У нашому випадку, коефіцієнт теплопередачі буде складати:

$$k_{ст} = \frac{1}{1,055} = 0,95 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$$

### **Світлопрозорі огорожувальні конструкції**

В цехах встановлено дерев'яні вікна 1,2 метрів шириною та 1,8 метрів довжиною з подвійним склінням. Загальна площа вікон для одного цеху складає  $F_B = 151,2 \text{ м}^2$ . Знайдемо термічний опір для дерев'яних вікон:

$$R_{в.д.} = 0,36 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}},$$

Коефіцієнт теплопередачі дерев'яного вікна знайдемо за формулою (3.8):

$$k_{в.д.} = \frac{1}{0,36} = 2,77 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$$

Для І зони, значення мінімального термічного опору для вікон:

$$R_B = 0,45 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}; R_{в.д.} < R_{wmin}.$$

З отриманих результатів можна зробити висновок, що значення термічного опору встановлених вікон не відповідають нормативним стандартам. Рекомендується виконати заміну вікон на більш сучасні металопластикові для економії витрат на опалення виробничого приміщення.

### **Дверні конструкції**

Ворота в виробничому цеху металеві, через них спостерігаються значні тепловтрати. Загальна площа воріт складає  $17,5 \text{ м}^2$ .

Термічний опір металевих воріт складає:

$$R_{в.м.} = 0,38 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}},$$

Коефіцієнт теплопередачі металевих воріт знайдемо за формулою (3.8):

$$k_{в.м.} = \frac{1}{0,38} = 2,63 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$$

Для І зони, значення мінімального термічного опору для воріт:

$$R_B = 0,6 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}; R_{в.м.} < R_{wmin}.$$

Робимо висновок, що значення термічного опору дверей не відповідає

					НТУУ 001.9112.054 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

нормованому. Рекомендується утеплення мінеральною ватою та встановлення ПВХ завісу.

### Дах

Дах складається з наступних шарів:

- залізобетонні плити з  $\lambda = 2,04 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ , товщина  $\delta = 0,1$  м;
- мінеральна вата густиною  $80 \text{ кг/м}^3$  з  $\lambda = 0,042 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ , товщина  $\delta = 0,2$  м;
- руберойд густиною  $600 \text{ кг/м}^3$  з  $\lambda = 0,1 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ , товщина  $\delta = 0,035$  м;
- листи азбестоцементні густиною  $1600 \text{ кг/м}^3$  з  $\lambda = 0,23 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ , товщина  $\delta = 0,01$  м.

Розрахуємо термічний опір даху за формулою (3.7):

$$R_{\text{дах}} = \frac{1}{23} + \frac{0,1}{2,04} + \frac{0,2}{0,042} + \frac{0,035}{0,17} + \frac{0,01}{0,23} + \frac{1}{8,7} = 5,21 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}$$

Коефіцієнт теплопередачі даху знаходимо за формулою (3.8):

$$k_{\text{дах}} = \frac{1}{5,21} = 0,19 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$$

Для І зони, значення мінімального термічного опору для даху:

$$R_{\text{дах}} = 2,2 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}; R_{\text{дах}} > R_{wmin}$$

З отриманих даних робимо висновок, що дах відповідає нормативному значенню, з цього випливає що дах має задовільну теплоізоляцію.

### Підлога

Підлога складається з наступних шарів:

- Залізобетонні плити з  $\lambda = 2,04 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ , товщина  $\delta = 0,3$  м;
- Бетонна стяжка з  $\lambda = 0,93 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ , товщина  $\delta = 0,02$  м.

Якщо в конструкції підлоги, що розташована на ґрунті, є шари, теплопровідність яких менша за  $1,2 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ , вони вважаються утепленими.

Опір теплопередачі утепленої підлоги,  $R_{у.л.}$ , обчислюємо за умовними

					НТУУ 001.9112.054 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зонами- смугами завширшки 2 м, паралельними до зовнішніх стін:

$$R_{y.п.} = R_{н.п.} + \sum \frac{\delta}{\lambda}, \quad (3.9)$$

де  $\delta$  – товщина шару утеплювача, м;

$\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності утеплювального шару, Вт/(м<sup>2</sup>·° С);

$R_{н.п.}$  – опір теплопередачі неутепленої підлоги, (м<sup>2</sup>·К)/Вт;

Стандартні опори теплопередачі неутепленої підлоги (за зонами) приймаємо:

$$\begin{aligned} R_c^I &= 2,15 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}; & R_c^{III} &= 8,6 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}; \\ R_c^{II} &= 4,3 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}; & R_c^{IV} &= 14,3 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}; \end{aligned}$$

Підставимо значення в формулу 3.9, так як утеплений шар підлоги вважається шар з теплопровідністю менше 1,2 Вт/(м·К), при розрахунку будемо враховувати тільки бетонну стяжку з теплопровідністю 0,93 Вт/(м·К).

$$R_{y.п.}^I = 2,15 + \frac{0,02}{0,93} = 2,172 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}};$$

$$R_{y.п.}^{II} = 4,3 + \frac{0,02}{0,93} = 4,322 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}};$$

$$R_{y.п.}^{III} = 8,6 + \frac{0,02}{0,93} = 8,622 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}};$$

$$R_{y.п.}^{IV} = 14,3 + \frac{0,02}{0,93} = 14,322 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}.$$

**Визначимо втрати теплоти для кожного виду огорожувальних конструкцій**

Втрати теплоти через зовнішні стіни визначаємо за формулою:

$$Q_{ст} = \sum K_{ст} F_{ст} (t_{вн} - t_{зовн}) \left( 1 + \sum \beta \right) n_{ст}. \quad (3.9)$$

Значення  $\beta$  для північної стіни становитиме 10 %, для східної та західної – по 5 %, для південної 0 %.

Приймаємо, що розрахунок внутрішнього повітря  $t_{вн} = 18$  °С, розрахунок температури зовнішнього повітря  $t_з = -22$  °С,

					НТУУ 001.9112.054 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

Площі стін мають наступні значення:

- площа стін Пн фасадів складає 285,9 м<sup>2</sup>;
- площа стін Пд фасадів складає 303,4 м<sup>2</sup>;
- площа стін Сх та Зах фасадів складає по 596 м<sup>2</sup>.

Підставимо значення у формулу (3.9):

$$Q_{\text{ст}} = 0,95 \cdot (285,9 \cdot 1,1 + 303,4 + (596 + 596) \cdot 1,05) \cdot (18 + 22) \cdot 1 \\ = 71,04 \text{ кВт.}$$

Визначимо втрати теплоти через вікна за формулою:

$$Q_{\text{в.д.}} = \sum K_{\text{в.д.}} F_{\text{в.д.}} (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}) \left(1 + \sum \beta\right) n_{\text{в.д.}} \quad (3.10)$$

Загальна площа вікон, що виходять на Північ та Південь – по 21,6 м<sup>2</sup>, на Захід та Схід – по 54 м<sup>2</sup>.

Підставимо значення у формулу (3.10):

$$Q_{\text{в.д.}} = (2,77 \cdot (21,6 \cdot 1,1 + 21,6 + (54 + 54) \cdot 1,05) \cdot (18 + 22) \cdot 1 \\ = 17,59 \text{ кВт.}$$

Визначимо втрати теплоти через ворота за формулою:

$$Q_{\text{в.м.}} = \sum K_{\text{в.м.}} F_{\text{в.м.}} (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}) \left(1 + \sum \beta\right) n_{\text{в.м.}} \quad (3.11)$$

В цеху встановлено тільки 1 ворота з північної сторони, площа яких – 17,5 м<sup>2</sup>.

Підставимо значення у формулу (3.11):

$$Q_{\text{в.м.}} = (2,63 \cdot 17,5 \cdot 1,1 \cdot (18 + 22) \cdot 1 = 2,025 \text{ кВт}$$

Визначимо втрати теплоти через дах цеху за формулою:

$$Q_{\text{дах}} = \sum K_{\text{дах}} F_{\text{дах}} (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}) \left(1 + \sum \beta\right) n_{\text{дах}} \quad (3.12)$$

Загальна площа даху складає 5000 м<sup>2</sup>.

Підставимо значення у формулу (3.12):

$$Q_{\text{дах}} = (0,19 \cdot 5000 \cdot (18 + 22) \cdot 1 = 38 \text{ кВт.}$$

Визначимо втрати теплоти через підлогу цеху за формулою:

$$Q_{\text{п}} = \sum K_{\text{п}} F_{\text{п}} (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}) \left(1 + \sum \beta\right) n_{\text{п.}} \quad (3.13)$$

					НТУУ 001.9112.054 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Загальна площа підлоги складає 5000 м<sup>2</sup>

Зведемо значення тепловтрат підлоги в таблицю 3.9.

Таблиця 3.9 – Втрати теплоти через підлогу по зонам

Зона шириною 2 м	Коефіцієнт теплопередачі	Площа, м <sup>2</sup>	Зовнішня температура, °С	Внутрішня температура, °С	Втрати теплоти, кВт
1	0,46	584	-22	18	10,755
2	0,23	552	-22	18	5,108
3	0,116	520	-22	18	2,412
4	0,00007	3344	-22	18	0,009

Визначимо загальні втрати тепла через огорожувальні конструкції за наступною формулою:

$$Q_{\text{огор.}} = Q_{\text{ст.}} + Q_{\text{в.д.}} + Q_{\text{в.м.}} + Q_{\text{дах.}} + Q_{\text{п.}} \quad (3.14)$$

Підставивши значення у формулу (3.14) маємо:

$$Q_{\text{огор.}} = 71,04 + 17,59 + 2,025 + 38 + 10,755 + 5,108 + 2,412 + 0,009 \\ = 146,939 \text{ кВт.}$$

Зведемо отримані дані з розрахунків теплового навантаження виробничого цеху підприємства з виробництва меблів до таблиці 3.10.

Таблиця 3.10 – Теплове навантаження виробничого цеху підприємства з виробництва меблів

№	1.Найменування	2.Умовні позначення	3.Одиниці виміру	4.Значення
<b>Вихідні дані</b>				
1	Коефіцієнт теплопередачі стін	$K_{\text{ст}}$	(Вт/м <sup>2</sup> К)	0,95
2	Коефіцієнт теплопередачі вікон в дерев'яних рамах	$K_{\text{в.д.}}$	(Вт/м <sup>2</sup> К)	2,77
3	Коефіцієнт теплопередачі металевих воріт	$K_{\text{в.м.}}$	(Вт/м <sup>2</sup> К)	2,63
4	Коефіцієнт теплопередачі стелі	$K_{\text{дах}}$	(Вт/м <sup>2</sup> К)	0,19
5	Коефіцієнт теплопередачі підлоги 1 зона 2 зона 3 зона 4 зона	$K_{\text{п}}$	(Вт/м <sup>2</sup> К)	0,46 0,23 0,116 0,00007
6	Площа стін	$F_{\text{ст}}$	м <sup>2</sup>	1781,3
7	Площа вікон	$F_{\text{в.д.}}$	м <sup>2</sup>	151,2
8	Площа дверей	$F_{\text{в.м.}}$	м <sup>2</sup>	17,5
9	Площа стелі	$F_{\text{дах}}$	м <sup>2</sup>	5000
10	Площа підлоги	$F_{\text{п}}$	м <sup>2</sup>	5000
11	Загальна площа будівлі	$F_{\text{буд}}$	м <sup>2</sup>	5000

					НТУУ 001.9112.054 ПЗ	Арк. 60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Продовження таблиці 3.10

12	Опалювальний об'єм будівлі	$V_{опал}$	м <sup>3</sup>	32500
13	Висота будівлі	$H_{буд}$	м	6,5
14	Кількість людей	$P$		80
15	Коефіцієнт, який враховує додатковий тепловий потік опалювальних приладів	$b_1$		1,13
16	Розрахункова температура опалювальних приміщень	$t_{вн}$	°С	18
17	Розрахункова температура зовнішнього повітря	$t_{зовн}$	°С	-22
18	Температура теплоносія в подавальному трубопроводі	$t_1$	°С	95
19	Температура теплоносія в зворотному трубопроводі	$t_2$	°С	65
20	Тепловтрати через стіни	$Q_{ст}$	кВт	71,04
21	Тепловтрати через вікна	$Q_{в.д.}$	кВт	17,59
22	Тепловтрати через ворота	$Q_{в.м.}$	кВт	2,025
23	Тепловтрати через стелю	$Q_{дах}$	кВт	38
24	Тепловтрати через підлогу	$Q_n$	кВт	18,284
25	Сумарні тепловтрати через огорожувальні конструкції	$Q_{ок}$	кВт	146,94

Зі слів головного інженера підприємства в проєкті системи опалення виробничих цехів теплове навантаження на вентиляцію складає 22 кВт.

### 3.7 Оцінка стану та ефективності систем обліку та моніторингу споживання теплової енергії на об'єкті

На даному підприємстві система обліку та моніторингу обсягу спожитих відходів відбувається наступним чином – в кожному цеху, де встановлено УДВ наявні спеціальні контейнери, в які відбувається складання деревних відходів у вигляді стружки, тирси та інших відходів. В неопалювальний сезон підприємству вистачає власних відходів для ГВП, проте в опалювальний сезон споживання палива відповідно підвищене, через що підприємство вже не може забезпечувати себе власними деревними відходами ще й для опалення. Наслідком цього є потреба закупівлі брикетів та гранул деревної тирси у опалювальний період.

### 3.8 Розроблення типових заходів з енергоефективності для суттєвих споживачів теплової енергії

Покупні брикети з тирси хвойних дерев коштують 800 грн за 100 кг.

Будемо вважати, що ставка дисконту для розрахунків термінів окупності нижчезазначених заходів з енергоефективності становить 7,5 %.

#### Захід №1. Модернізація фасадів виробничого цеху № 1

Наразі на підприємстві серед усіх будівельних споруд, тепла ізоляція на фасадах присутня тільки на адміністративній будівлі. З метою економії паливних ресурсів та забезпечення більш комфортних умов для праці в виробничих цехових приміщеннях пропонується провести теплоізоляцію стін головного виробничого цеху №1.

Для дотримання нормативних значень опору теплопередачі пропонується провести утеплення стін мінеральною ватою товщиною 100 мм. [11]

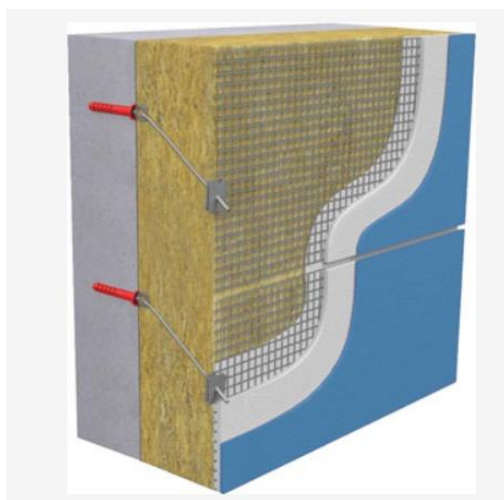


Рисунок 3.3 – Розріз конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатурками

Для утеплення будемо використовувати мінеральну вату Rockwool Frontrock max густиною  $150 \text{ кг/м}^3$  вартістю 605 грн/м<sup>2</sup>. Виробник обраної мінеральної вати – світовий лідер у виробництві тепло-звукоізоляційних рішень з кам'яної вати для всіх типів будівель і споруд, перше торгове представництво Rockwool було відкрито в Києві у 1997 році. Негорюча теплоізоляція ROCKWOOL зберігає цінну енергію, економить кошти на опаленні та

					НТУУ 001.9112.054 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

кондиціонування будівель, скорочуючи при цьому викиди парникових газів в атмосферу, і служить не менше 100 років.

Інструкція від виробника про монтаж мінвати, завдяки якій можна розрахувати основні матеріали, необхідна для проведення цього заходу з енергоефективності:

- До стіни кріпляться дюбелі через шарнірні кріплення в кількості не менше 4,5 на 1 м<sup>2</sup> утеплювача;
- На рухому частину кріплення наколюється мат утеплювача Фронтрок. Макс;
- Мати притискає оцинкована сітка із сталевого дроту, яка фіксується шпильками;
- Зовнішні кути закриваються куточком, звареним з тієї ж сітки;
- На металеву сітку наноситься ґрунтовка, а потім вирівнюючий шар штукатурки;
- Наноситься фінішний шар декоративної штукатурки або лягає плитка, декоративний або штучний камінь.

Орієнтовна вартість проведення заходу з модернізації 100 м<sup>2</sup> фасаду представлена в таблиці 3.11.

Таблиця 3.11 – Орієнтовна вартість проведення заходу з модернізації фасадів для будівель підприємства.

Найменування статті витрат	Од. вим.	Кількість на 100 м <sup>2</sup>	Вартість одиниці, грн	Вартість на 100 м <sup>2</sup> , грн	Загальна вартість, грн
Глибокопроникаюча ґрунтівка	шт	2	450	900	11400,3
Розпінний дюбель 10x120 мм	шт	450	2	900	16031,7
Клей для приклеювання плит вати	шт	40	280	11200	163880
Сітка армована 160 г/м <sup>2</sup> (55м <sup>2</sup> )	шт	2,2	2400	5280	80336,6
Мінеральна вата	м <sup>2</sup>	110*	605	66550	1185455
Фарба ґрунтуюча	шт.	3	980	2940	39544,9
Штукатурка декоративна силікон-силікатна «камінцева» 1,5мм	шт.	10	1340	13400	238694
Додаткові матеріали(плівка, наждачний папір, піна, малярська стрічка)	шт.	1	300	300	3562,6

					НТУУ 001.9112.054 ПЗ		Арк.
							63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			



Таблиця 3.12 – Програма Ексель від Асоціації енергоаудиторів для розрахунку фінансових показників

Назва показника	Значення показника
Загальна вартість проекту (тис. грн.)	2165,165
Річна економія палива (Гкал/рік)	33,95
Річна економія витрат (тис. грн.)	150,888
Простий період окупності інвестицій, роки	14,10
Дисконтований період окупності, роки	27,9
NPV, тис.грн	77,49

### Захід №2. Заміна вікон у виробничому цеху № 1

Пропонується здійснити заміну старих дерев'яних вікон у виробничому цеху №1 на нові металопластикові вікна з двокамерним склопакетом з енергоефективним напиленням, з термічним опором не менше  $R_B = 0,45 \frac{m^2K}{Вт}$ , що дозволить зменшити складову втрат теплоти шляхом теплопередачі та інфільтрацією повітря через нещільності.

1) Опір теплопередачі існуючих вікон  $R_{iсн}$ , [ $m^2K/Вт$ ] визначено у розділі 3.3:

- існуючі дерев'яні вікна:  $R_{iсн.д} = 0,36$

2) Опір теплопередачі нових світлопрозорих конструкцій (вікон/балконних блоків) повинен перевищувати мінімальні вимоги:

$$R_{ск} \geq R_{q \min}$$

Для можливості отримання чисельного значення нормативного опору теплопередачі попередньо потрібно визначити коефіцієнт скління фасадів.

Коефіцієнт скління фасаду – відношення площі світлопрозорих огорожувальних конструкцій до загальної площі фасадної частини будинку.

$$m_{скл} = \frac{F_{ск}}{F_{ск} + F_{зс} + F_{дв}}, \quad (3.16)$$

де  $F_{ск}$  – загальна площа вікон та балконних блоків у будівлі,  $m^2$  ;

Підставимо значення в формулу (3.16):

$$m_{скл} = \frac{151,2}{151,2 + 1781,3 + 17,5} = 0,078$$

Визначимо нормативний опір теплопередачі для нових вікон/балконних

					НТУУ 001.9112.054 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

блоків за діючими вимогами для будівлі у I температурній зоні:

$$R_{нов} = R_{q\ min} = 0,45\ m^2K/Wt.$$

3) Втрати теплоти через вікна:

- існуючих будівель (з розділу 3.3) розрахуємо для 8 однакових за розмірами цехів:

$$Q_{ск.існ} = 17,59\ кВт.$$

- після заміни вікон:

$$Q_{ск.нов.} = \left( \frac{1}{0,45} \cdot (21,6 \cdot 1,1 + 21,6 + (54 + 54) \cdot 1,05) \cdot (18 + 22) \right) \cdot 1 \\ = 14,112\ кВт.$$

4) Річна економія енергії за рахунок зменшення теплопередачі [Гкал/рік]:

$$\Delta Q_1 = \Delta Q \frac{t_{вн} - t_{с.о.}}{t_{вн} - t_{р.о.}} n_0 24 \frac{10^{-6}}{1,163}. \quad (3.17)$$

Підставимо значення в формулу (3.17):

$$\Delta Q_1 = 3478 \cdot \frac{18 + 0,1}{18 + 22} \cdot 176 \cdot 24 \cdot \frac{10^{-6}}{1,163} = 5,716 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}.$$

5) Річне скорочення споживання теплової енергії за рахунок зменшення інфільтрації (неорганізований природній повітрообмін):

$$\Delta Q_2 = \Delta n_{об} V \rho c_{пов} (t_{вн} - t_{с.о.}) n_0 24 \frac{10^{-6}}{3600 \cdot 1,163}, \quad (3.18)$$

де  $\Delta n_{об}$  – зменшення кратності інфільтрації після заміни вікон:

- до заміни  $n = 0,7$ ,

- після заміни  $n = 0,6$  (за ДСТУ Б.ЕН 15251);

$V$  – опалювальний об'єм приміщень;

$\rho = 1,293$  кг/м<sup>3</sup> густина повітря;

$c = 1005$  Дж/(кг·К) – теплоємність повітря.

$$\Delta Q_2 = (0,7 - 0,6) \cdot 21125 \cdot 1,293 \cdot 1005 \cdot (18 + 0,1) \cdot 176 \cdot 24 \frac{10^{-6}}{3600 \cdot 1,163} \\ = 27,97\ Гкал.$$

					НТУУ 001.9112.054 ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

б) Скорочення споживання теплової енергії за рахунок заміни дерев'яних вікон:

$$\Delta Q_{\text{рік}}^B = \Delta Q_1 + \Delta Q_2. \quad (3.19)$$

Підставляємо значення в формулу (3.19):

$$\Delta Q_{\text{рік}}^B = 5,716 + 27,97 = 33,686 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}.$$

7) Річна економія грошових витрат:

Зекономлена кількість паливних ресурсів зі скорочення споживання теплової енергії:  $\frac{33,686 \text{ Гкал/рік}}{1,8 \text{ Гкал/тону}} = 18,714 \frac{\text{тонна}}{\text{рік}}.$

У грошовому еквіваленті:  $18,714 \frac{\text{тонна}}{\text{рік}} \cdot 8000 \frac{\text{грн}}{\text{тону}} = 149,715 \text{ тис. грн.}$

8) Простий термін окупності заходу з заміни вікон:

$$I = PSk, \quad (3.20)$$

де  $P$  – вартість заходу на  $1 \text{ м}^2$ ,

$S$  – площа поверхонь, яка підлягає заміні,

$k$  – коефіцієнт очікуваного збільшення енергоефективності, прийmemo 1,3.

Підставимо значення в формулу 3.20.

$$I = 4000 \cdot 151,2 \cdot 1,3 = 786,240 \text{ тис. грн,}$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{786,24}{149,715} = 5,25 \text{ р.}$$

### Захід №3. Утеплення воріт виробничого цеху № 1

У цехових приміщеннях встановлені металеві ворота 5 метрів шириною та 3,5 метрів висотою. Протягом дня через транспортування деревних виробів, завезення деревних матеріалів, тощо, ці ворота залишаються у відкритому стані тривалий час протягом дня. Влітку це не викликає прямих проблем, проте взимку через ці обставини відбуваються значні втрати тепла.

Розрахунок заходу будемо проводити для головного виробничого цеху № 1. Пропонується встановити ПВХ завісу та додатково утеплити ворота мінеральною ватою на основі базальтового волокна.

					НТУУ 001.9112.054 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

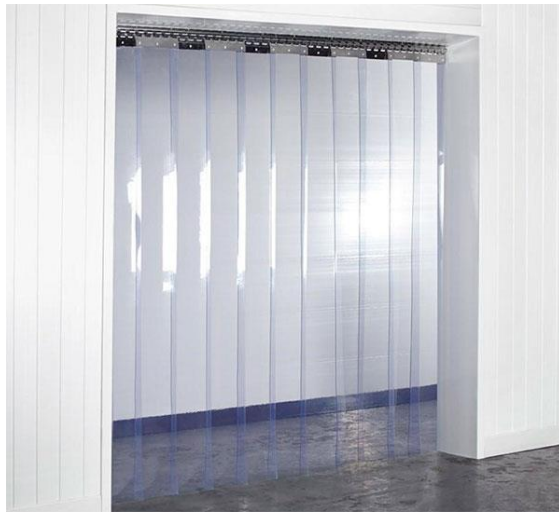


Рисунок 3.4 – Фото ПВХ штор

Обрана мінеральна вата для утеплення воріт – Izovat, густина – 125, товщина – 30 мм, ціна – 400 грн/м<sup>2</sup>.

1) Визначимо опір теплопередачі воріт після утеплення:

$$R_{\text{ут}} = \frac{1}{23} + \frac{0,03}{0,038} + \frac{0,01}{0,0344} + \frac{0,002}{50} + \frac{1}{8} = 1,25 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}$$

Порівняльний аналіз опору теплопередачі воріт після ізоляції з нормативним значенням:

$$R_{\text{ут}} \geq R_{\text{wmin}}$$

$$1,25 \geq 0,6$$

2) Зменшення теплових втрат через ворота за рахунок утеплення.

$$\Delta Q_{\text{в.м.}} = \left( \frac{1}{0,38} - \frac{1}{1,25} \right) \cdot 17,5 \cdot 1,1 \cdot (18 + 22) \cdot 1 = 1,41 \text{ кВт}$$

3) Річна економія теплової енергії за рахунок утеплення воріт:

$$\Delta Q_{\text{рік}}^{\text{ут.в.м.}} = \Delta Q_{\text{в.м.}} \cdot \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{с.о.}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о.}}} \cdot n_0 \cdot 24 \cdot \frac{10^{-6}}{1,163} \quad (3.21)$$

Підставимо значення в формулу 3.21:

$$\Delta Q_{\text{рік}}^{\text{ут.в.м.}} = 1410 \cdot \frac{18 + 0,1}{18 + 22} \cdot 176 \cdot 24 \cdot \frac{10^{-6}}{1,163} = 2,32 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}$$

4) Річна економія грошових витрат:

Зекономлена кількість паливних ресурсів зі скорочення споживання

теплової енергії:  $\frac{2,32 \text{ Гкал/рік}}{1,8 \text{ Гкал/тонну}} = 1,289 \frac{\text{тонна}}{\text{рік}}$ .

					НТУУ 001.9112.054 ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



3. Після проведення розрахунків з отримання можливої економії та термінів окупності, які наведені у таблиці 3.16, можна зробити висновок що всі заходи є доцільні для впровадження з економічної точки зору.

					<i>НТУУ 001.9112.054 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		70

## 4 СИСТЕМА ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ ОБ'ЄКТУ

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

На підприємстві з виробництва меблів, що розглядається відсутні наступні ознаки [12]:

- Енергетична політика: підприємство не має написану і офіційно затверджену енергетичну політику, яка визначає загальні цілі та зобов'язання підприємства щодо управління енергетикою.
- Моніторинг та вимірювання: відсутність системи моніторингу та вимірювання енергоспоживання на різних рівнях підприємства.
- Встановлення цілей енергоефективності: підприємство не встановлює прямих цілей та чітких планів дій для зменшення споживання енергії.
- Система керування енергетикою: відсутність впроваджених стандартів та нормативних документів на кшталт ДСТУ ISO 50001 для ефективного управління енергетикою та постійного поліпшення процесів.
- Звітність та оцінка: відсутнє регулярне складання звітів про енергетичну ефективність та моніторинг досягнення цілей.

З описаних вище ознак, що характеризують роботу підприємства, можна зробити висновок, що на підприємстві відсутня система енергетичного менеджменту як така. Внаслідок цього об'єкт, що розглядається втрачає можливість зниження та оптимізації використання енергоспоживання і перевитрати матеріальних ресурсів в галузі енергоспоживання.

					<i>НТУУ 001.9112.054 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Рабенко Є.О.</i>			<b>СИСТЕМА ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ ОБ'ЄКТУ</b>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Чернявський А.В.</i>					<i>71</i>	
<i>Реценз.</i>						<b>ІЕЕ, ОН-91</b>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>								

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

Для проведення регресійного аналізу підприємства, було прийняте рішення розглянути наступні фактори:

- Споживання електроенергії, кВт·год;
- Кількість виготовленої продукції, м<sup>2</sup>.

Базова лінія споживання розраховувалась на основі даних в табл. 1.2, наданих підприємством по виготовленню продукції з різних матеріалів за 2022 рік.

Користуючись програмним забезпеченням Excel від Асоціації енергоаудиторів для обчислення регресії за об'єктом за весь рік, маємо наступні обчислення:

Вывод итогов								
Регрессионная статистика								
Множественный R	0,921007							
R-квадрат	0,848254							
Нормированный R-квадрат	0,791349							
Стандартная ошибка	112066,7							
Наблюдения	12							
Дисперсионный анализ								
	df	SS	MS	F	значимость F			
Регрессия	3	5,62E+11	1,87E+11	14,90653	0,001223			
Остаток	8	1E+11	1,26E+10					
Итого	11	6,62E+11						
Коэффициенты регрессии								
	Коэффициент	Стандартная ошибка	t-статистика	Значимость	Верхняя 95%	Нижняя 95%	Средняя 95,0%	
У-пересечение	162705,3	152117,1	1,069606	0,316004	-188077	513488	-188077	513488
ДСПразом	-8,8905	17,91477	-0,49627	0,633053	-50,202	32,42103	-50,202	32,42103
ДВП	-18,7896	23,92684	-0,78529	0,454907	-73,965	36,38578	-73,965	36,38578
МДФ	87,2176	44,31103	1,968304	0,084565	-14,9638	189,399	-14,9638	189,399

Рисунок 4.1 – Розрахунок регресії в програмному забезпеченні Excel

Складемо регресійне рівняння:

$$y = 162705,3 - 8,89 \cdot x_1 - 18,79 \cdot x_2 + 87,218 \cdot x_3,$$

де  $x_1$  – продукція з усіх видів ДСП, що виготовляється,  $x_2$  – продукція, що виготовляється з ДВП,  $x_3$  – продукція, що виготовляється з МДФ.

Для розрахунку регресії враховувались дані по випуску продукції за

									Арк.
									72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	НТУУ 001.9112.054 ПЗ				

матеріалами протягом 12 місяців за 2022 рік та кількість витраченої електроенергії протягом 12 місяців за 2022 рік.

### 4.3 Представлення «Енергетичної політики» підприємства

Пропонується розглянути наступні рекомендації щодо створення та представлення "Енергетичної політики" підприємства з виробництва меблів з метою досягнення сталої енергоефективності та зменшення впливу на довкілля:

1. Визначення цілей [13]: Підприємство повинно чітко визначити цілі енергетичної політики, які відображають зобов'язання досягати енергоефективності та екологічної відповідальності. Ці цілі повинні бути конкретними, вимірюваними, досяжними та часово обмеженими.

2. Аналіз та аудит енергоспоживання: Рекомендується провести детальний аналіз енергоспоживання на підприємстві, включаючи огляд всіх виробничих процесів, обладнання та будівель. Це допоможе ідентифікувати потенційні джерела енергії та виявити можливості для їх оптимізації та енергоефективності.

3. Впровадження енергозберігаючих технологій: Рекомендується дослідити та впровадити передові енергозберігаючі технології у виробництві меблів. Це може включати впровадження автоматизованих систем контролю та моніторингу енергоспоживання, використання утеплення та ізоляції для зменшення втрат енергії.

4. Залучення персоналу: Рекомендується навчати та залучати персонал до впровадження енергоефективних практик. Організація навчальних заходів, де співробітники отримують інформацію про енергозбереження та свідомо включатимуться у реалізацію енергетичної політики є одним із шляхів реалізації даної рекомендації. Також можна розглянути введення системи винагород працівників за ідеї щодо зменшення споживання енергії та підвищення енергоефективності у вигляді премій.

5. Моніторинг та оцінка: Рекомендується регулярно проводити моніторинг та оцінювати досягнення цілей енергетичної політики. Встановлення системи збору даних та складання звітів, дозволить відстежувати споживання енергії,

					НТУУ 001.9112.054 ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

реалізовані заходи та досягнення.

6. Співпраця з постачальниками: Рекомендується співпрацювати з енергетичними постачальниками для забезпечення доступу до енергії з використанням відновлювальних джерел та реалізації спільних проєктів з енергоефективності.

7. Постійне вдосконалення: Не варто забувати про постійне вдосконалення системи енергетичного менеджменту. рекомендується проводити регулярні огляди та аудити, щоб ідентифікувати нові можливості для збереження енергії та зменшення впливу на довкілля.

Впровадження цих рекомендацій допоможе підприємству досягти сталої енергоефективності, зменшити витрати на енергію та сприяти збереженню довкілля. Енергетична політика є важливим інструментом для підвищення конкурентоспроможності та створення позитивного іміджу підприємства у сфері виробництва меблів [14].

#### 4.4 Сітьовий графік етапів впровадження заходів

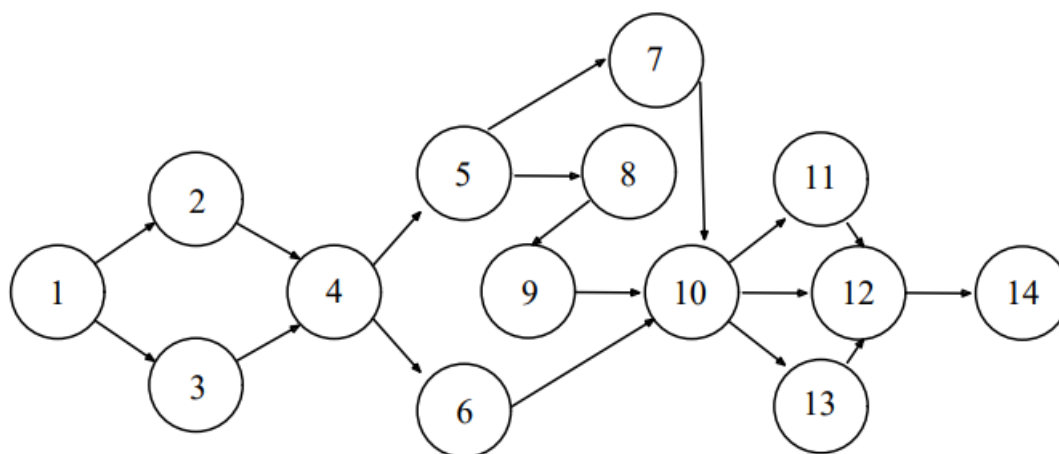


Рисунок 4.2 – Сітьовий графік впровадження заходів

Дані з сітьового графіку занесені в таблицю 4.1.

					НТУУ 001.9112.054 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

Таблиця 4.1 – Сітьовий графік впровадження заходів з підвищення енергоефективності.

№ Події	Зміст події
1	Створення підрозділу енергетичного менеджменту
2	Визначення відповідальних осіб за моніторинг та контроль кожного з запропонованих заходів
3	Створення необхідних умов для роботи персоналу у підрозділі енергетичного менеджменту
4	Етап пошуку фінансування
5	Проведення конференції або зустрічі з зовнішніми інвесторами для виділення коштів на реалізацію заходів
6	Створення тендеру на проведення заходу для залучення державних коштів
7	У разі погодження зовнішніх інвесторів на виділення необхідної суми – підписання необхідних договорів
8	У разі погодження інвесторів на виділення неповної суми – підпис необхідних договорів, пошук додаткових інвесторів
9	Залучення частини коштів, якої не вистачає для повного покриття проведення заходу із власного бюджету підприємства
10	Отримання необхідної суми коштів для проведення заходу
11	Складання детального плану робіт з конкретними датами
12	Пошук необхідного персоналу для проведення заходу
13	Планування бюджету на проведення заходу
14	Оцінка досягнення поставленої цілі та аналіз на предмет досягнення цілі за менших витрат коштів

У таблиці 4.2 наведено вже запропоновані та розраховані заходи з підвищення енергоефективності підприємства, які були розглянуті в пунктах 2.9 та 3.8.

Таблиця 4.2 – Заходи з підвищення енергоефективності

МЕЗ №	Захід з енергозбереження	Простий термін окупності, років	Класифікація за часом	Витрати на впровадження, тис. грн	Клас інвестицій	Річна економія витрат, тис. грн
1	Встановлення обмежувача холостого ходу	1,68	Коротко-строковий	330	Середній	235,161
2	Заміна двигунів розпилювальних верстатів	1,6	Коротко-строковий	620	Середній	192,643
3	Заміна двигунів свердлильних верстатів	2,27	Коротко-строковий	369	Середній	40,57

					НТУУ 001.9112.054 ПЗ		Арк.
							75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Продовження таблиці 4.2

4	Модернізація фасадів виробничого цеху № 1	14,1	Довго-строковий	2165,165	Високий	150,888
5	Заміна вікон у виробничому цеху № 1	5,25	Середньо-строковий	786,24	Високий	149,715
6	Утеплення воріт виробничого цеху № 1	5,516	Середньо-строковий	56,875	Низький	10,311

**Висновки до розділу 4**

1. З аналізу об'єкту дипломного проєктування було зроблено висновок, що система енергетичного менеджменту об'єкту відсутня.

2. Було проведено розрахунок з визначення базового рівня споживання підприємства та проведено регресійний аналіз по випуску продукції за 2022 рік.

3. На підприємство були надані рекомендації щодо впровадження системи енергетичного менеджменту. Ці рекомендації мають на меті досягнення сталої енергоефективності, зниження витрат на енергію та сприяння збереженню навколишнього середовища. Впровадження енергетичного менеджменту є важливим інструментом для підвищення конкурентоспроможності та створення позитивного іміджу підприємства в галузі виробництва меблів.

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

### 5.1 Дослідження енергетичного потенціалу сонячної енергії у місці встановлення СФЕУ

Об'єкт, який розглядається на можливість встановлення системи СФЕУ – головний виробничий цех №1. Як уже визначено у першому розділі, розташований об'єкт у м. Біла Церква Київської області.

Біла Церква — місто в Україні, значний економічний, культурний та освітній центр Київщини, розташований за 80 км на південь від Києва на річці Рось. Близькість до Києва, зручне транспортне сполучення, розвинута соціально-економічна інфраструктура в поєднанні з природними умовами надають місту значної інвестиційної та туристичної привабливості.

У геологічному відношенні територія міста розміщена на Українському кристалічному щиті (УКЩ). У зональному відношенні це перехідна зона від лісу до степу — лісостеп [15].

Таблиця 5.1 – Клімат м. Біла Церква за 2022 рік

Клімат Білої Церкви													[сховати]
Показник	Січ.	Лют.	Бер.	Квіт.	Трав.	Черв.	Лип.	Серп.	Вер.	Жовт.	Лист.	Груд.	Рік
Абсолютний максимум, °С	7,3						35,4	39,1					
Середній максимум, °С	-3	-1	4	13	20	23	24	24	21	12	4	0	14
Середня температура, °С	0,5	1,0	4,1	10,2	15,6	20,3	22,8	22,3	17,9	11,9	7,4	3,5	11,5
Середній мінімум, °С	-8	-7	-2	4	9	13	14	13	9	4	-1	-5	9
Абсолютний мінімум, °С	-21,2	-28,5					20,4	12,6					
Норма опадів, мм	48	46	39	49	53	73	88	69	47	35	51	52	650

					<i>НТУУ 001.9112.054 ПЗ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Рабенко Є.О.			ОЦІНКА МОЖЛИВОСТЕЙ ЗАСТОСУВАННЯ ВТОРИННИХ ТА ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Чернявський А.В.					77	
Реценз.						ІЕЕ, ОН-91		
Н. Контр.								
Затверд.								

Монтаж масиву на плоскому даху виробничого цеху може бути трохи дорожчим, ніж на звичайному. Однак, цю різницю в цінах згладжують інші фактори. На плоскій поверхні можна встановлювати панелі у будь-якому напрямку та нахилити їх під будь-яким кутом. Ви можете збільшити генерацію, повернувши панелі на південь та відрегулювавши їх під оптимальним кутом для максимального освітлення сонцем. Модулі встановлюються на спеціальній трикутній системі з кутом нахилу близько  $30^\circ$  та відстанню між рядами 1 - 1,5 м [16].

Згідно сайту [17] для порахованого куту нахилу в  $30^\circ$  для м. Біла Церква отримано наступний рівень сонячної інсоляції:

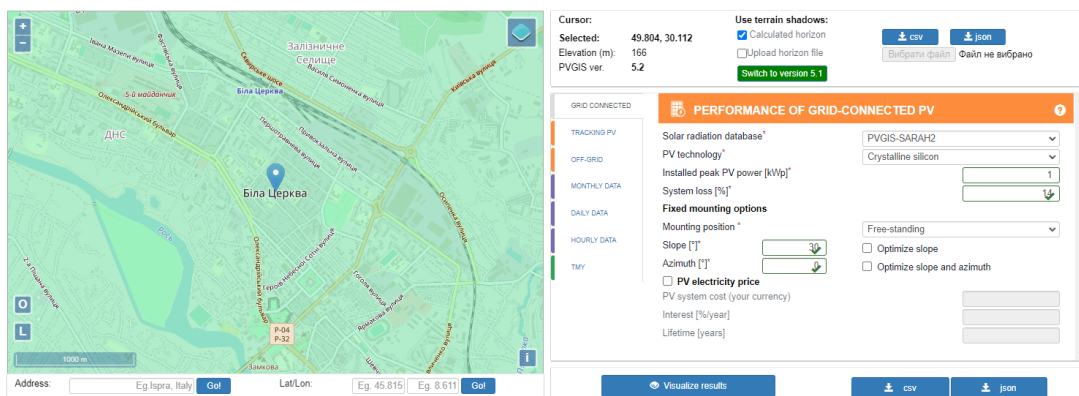


Рисунок 5.1 – Введення даних до програми сайту

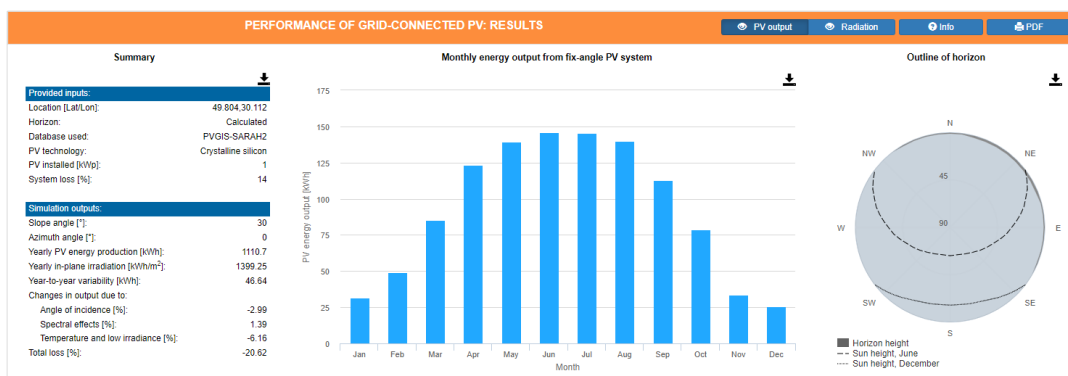


Рисунок 5.2 – Рівень сонячної інсоляції Білої Церкви

## 5.2 Методи оцінювання енергетичного потенціалу сонячної енергії

Сонячна енергія стабільно утверджує свої позиції у глобальній енергетиці, і величина її потенційних можливостей, що базуються на прямому використанні сонячного випромінювання, є надзвичайно великою. Використання лише





наступні шари: азбестоцементні листи густиною 1600 кг/м<sup>3</sup>, залізобетонна плита товщиною 0,1 м, шар мінеральної вати товщиною 0,2 м і густиною 80 кг/м<sup>3</sup>, а також шар гідроізоляції руберойд товщиною 0,035 м і густиною 600 кг/м<sup>3</sup>. Візуально дах знаходиться в гарному стані, видимих пошкоджень, чи протікань даху не помічено.

З урахуванням перерахованих шарів та їхніх характеристик, можна зробити висновок, що дана дахова конструкція має достатню міцність та стійкість, щоб витримувати встановлення системи СФЕУ. Азбестоцементні листи, залізобетонна плита, шар мінеральної вати і гідроізоляційний руберойд утворюють комплекс, який забезпечує достатню опору навантаженням та відповідну структурну стійкість.

Застосування системи СФЕУ виробничому цеху підприємства з виробництва меблів має численні вигоди, які можуть сприяти поліпшенню продуктивності, зниженню витрат та створенню екологічно чистого робочого середовища.

По-перше, система СФЕУ дозволяє використовувати сонячну енергію для забезпечення електричної потреби у цеху. Завдяки сонячним панелям, які перетворюють сонячне випромінювання на електричну енергію, підприємство може значно знизити залежність від зовнішніх джерел електроенергії та скоротити витрати на її закупівлю. Це дозволить знижувати витрати на енергоспоживання і збільшувати прибутковість підприємства.

По-друге, система СФЕУ є екологічно чистим рішенням. Використання сонячної енергії не супроводжується викидами шкідливих речовин у атмосферу, що зменшує негативний вплив на навколишнє середовище. Це особливо важливо в контексті сталого розвитку та відповідності екологічним нормам. Застосування системи СФЕУ сприяє зменшенню вуглецевого відбитку підприємства та його екологічній стійкості.

По-третє, система СФЕУ може забезпечити стабільне електропостачання навіть у випадку відключення централізованої мережі. Це забезпечує надійність та неперервність роботи виробничого цеху, уникнення затримок та втрат

					<i>НТУУ 001.9112.054 ПЗ</i>	Арк.
						81
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

виробничого процесу через відсутність електроенергії.

Загалом, впровадження системи СФЕУ на виробничому цеху меблевого підприємства може значно покращити його енергетичну ефективність, знизити витрати на електроенергію, забезпечити екологічну стійкість та надійність виробничого процесу. Це інноваційне рішення сприятиме збільшенню конкурентоспроможності підприємства, залученню інвестицій та забезпеченню сталого розвитку.



Рисунок 5.5 – Орієнтовне розташування сонячних панелей на плоскому даху

#### 5.4 Підбір та розрахунок впровадження СФЕУ

Було обрано монокристалічні сонячні панелі Canadian Solar CS7L-MS-595W, відповідно потужністю 595 Вт.

Таблиця 5.2 – Технічні характеристики обраних панелей

Розміри, мм	2172·1303·35
Потужність, Вт	595
Напруга холостого ходу, В	41,1
Струм короткого замикання, А	18,42
Напруга при максимальній потужності, В	34,7
Струм при максимальній потужності, А	17,15
Вага, кг	31

Площа панелі:  $S = 2,172 \cdot 1,303 = 2,83 \text{ м}^2$ .

Площа даху – 5000 м<sup>2</sup> (визначено в пункті 3.4).

Якщо враховувати, що між модулями повинна бути відстань 1 метр, максимальна кількість модулів, можлива для встановлення – 800 штук, загальна площа встановлених панелей – 2264,09 м<sup>2</sup>.

					НТУУ 001.9112.054 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82



Таблиця 5.3 – Капітальні витрати на впровадження заходу

Обладнання	Позначення	Кількість, шт	Ціна, грн
Сонячні панелі	Canadian Solar CS7L-MS-595W	800	6 320 000
Інвертор	Deye SUN-100K-G03	4	547 000,00
Двонаправлений лічильник	GAMA 300 з модемом MCL 5.10	4	80 000
Акумулятор	Pylontech US2000B Plus 50 AH	4	198400
Конектори, монтажні щити		4	50 000
PV-кабеля	Topsolar PV H1Z2Z2-K cable	170	7 480
Транспортні витрати			30 000
Проектно-монтажні роботи			100 000
Підключення			20 000
Кріплення		800	48 000
Сума			<b>7 400 880</b>

Складові, які були враховані при виконанні розрахунку, наведеного в табл.

5.4:

- Капітальні витрати – 7400.88 тис грн;
- Експлуатація – 0,1 % від капітальних витрат;
- Темп інфляції – 10 %;
- $R_{дисконт}$  – 6,5 %;
- Тариф на заощаджену електроенергію – 6,31 грн/кВт·год

Таблиця 5.4 – Результат розрахунку економічних показників реалізації заходу

СТРУКТУРА ВИТРАТ, по роках:			СУМАРНІ ПРИВЕДЕНІ			
Year	CAPEX	OPEX	SAVING	TOTEX	DTOTEX	CUSUM
0	7400880	0	0	-7400880	-7400880	-7400880
1	0	81410	642143	560733	526510,1972	-6874370
2	0	89551	706357	616806,7	543813,3492	-6330556
3	0	98506	776993	678487,4	561685,1494	-5768871
4	0	108356	854692	746336,1	580144,2858	-5188727
5	0	119192	940162	820969,7	599210,0604	-4589517
6	0	131111	1034178	903066,7	618902,4098	-3970615
7	0	144222	1137596	993373,4	639241,9256	-3331373
8	0	158644	1251355	1092711	660249,8763	-2671123
9	0	174509	1376491	1201982	681948,229	-1989175
10	0	191960	1514140	1322180	704359,6731	-1284815
11	0	211156	1665554	1454398	727507,6436	-557307
12	0	232271	1832109	1599838	751416,3455	194109,1

					НТУУ 001.9112.054 ПЗ		Арк.
							84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Продовження таблиці 5.4

13	0	255498	2015320	1759821	776110,7794	970219,9
14	0	281048	2216852	1935804	801616,7675	1771837
15	0	309153	2438537	2129384	827960,9805	2599798
16	0	340068	2682391	2342322	855170,9658	3454969
17	0	374075	2950630	2576555	883275,1759	4338244
18	0	411483	3245693	2834210	912302,9986	5250547
19	0	452631	3570262	3117631	942284,7873	6192832
20	0	497894	3927288	3429394	973251,893	7166083
терм. окуп.	років	місяць	днів	IP	IRR	NPV
	11	8	28	0,968275	13,59045329	7166083

**Висновок до розділу 5**

1. В даному розділі було розглянуто можливість використання вторинних та відновлювальних джерел енергії на підприємстві. Було запропоновано впровадження заходу з встановлення системи СФЕУ на даху головного виробничого цеху № 1.

2. Використовуючи дані про рівні сонячної інсоляції, взяті з веб-ресурсу PVGIS, а також інформацію про метеорологічні властивості даного регіону, вирішено встановити на даху об'єкта електрозабезпечення 800 сонячних монокристалічних панелей потужністю 595 Вт кожна.

3. Вирішено встановлювати сонячні панелі на спеціальній трикутній системі, яка дозволить також змінювати положення панелей. Зміна положення необхідна для переведення панелей у зимовий та літній режими. Кожен з цих режимів характеризується кутом нахилу панелей, літній – 30°, зимовий – 55 – 60°.

4. Термін окупності з проведення даного заходу склав 11 років 8 місяців, що також сприяє наданню переваги з проведення цього заходу підприємством.

					<i>НТУУ 001.9112.054 ПЗ</i>	Арк.
						85
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## 6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ПІД ЧАС ЗАМІНИ ДВИГУНІВ РОЗПИЛЮВАЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ

### 6.1 Загальна характеристика об'єкта

В даний момент на підприємстві у різних виробничих цехах використовуються розпилювальні верстати різних виробників. Проте у головному технологічному цеху №1 встановлено 2 найбільш потужні верстати фірми Holzma. Станом на 2023 рік це обладнання можна вважати застарілим, оскільки його технічні характеристики уже не відповідають номінальним. Кожен з розпилювальних верстатів приводиться в дію асинхронним двигуном і споживає 50 кВт. Тому для забезпечення нормативних вимог згідно [20] необхідно провести заміну електродвигунів у розпилювальних верстатах, які використовуються майже у всіх виробничих цехах. Цей захід був описаний був розрахований у пункті 2.9.



Рисунок 6.1 – Фото типового розпилювального верстату Holzma у новому стані

Показники загальної характеристики об'єкта наведені нижче у таблиці 6.1.

					<i>НТУУ 001.9112.054 ПЗ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Рабенко Є.О.			<b>ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА</b>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Третьякова Л.Д.					86	
Реценз.						<b>ІЕЕ, ОН-91</b>		
Н. Контр.								
Затверд.								





#### Продовження таблиці 6.4

Напруженість трудового процесу	Інтелектуальне навантаження Тривалість зосередження Монотонність Змінність Напруженість органів чуття	Середнє 80% робочого часу 70% активної праці 8 годин зір – висока
Теплове випромінювання	Довжина хвилі інфрачервоних променів	540 мкм
Внутрішнє освітлення	Тип ламп Рівень освітленості	Люмінесцентні 300 лк
Шум	Рівень шуму	86 дБ
Запиленість виробництва	гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі	0,05 мг/м <sup>3</sup>

#### 6.4 Визначення небезпек для працівників на робочих місцях

В даному підрозділі розглянемо ризики отримання травм чи нараження на небезпеку під час виконання робочих завдань.

Таблиця 6.5 – Перелік небезпечних і шкідливих виробничих чинників

Категорія небезпек	Найменування небезпеки	Оцінка рівня ризику	Ймовірність отримання шкоди здоров'ю	Група ризику
Фізичні	Нагріті поверхні	60°C Середній	Імовірний	II
	Шум	Високий	Значний	III
	Рухомі механізми і транспорт	Середній	Низький	III
	Ураження кінцівок внаслідок роботи з обладнанням	Високий	Імовірний	I
Інші	Важкість праці	Середній	Низький	II
	Незручні положення тіла	Низький	Низький	III
	Напруженість праці	Середній	Імовірний	II

#### 6.5 Вибір технічних засобів і заходів безпеки робіт в енергоустановках

Оскільки безпека персоналу є одним з найголовнішим чинником роботи будь якого підприємства, пропонується провести заходи, зазначені у табл. 6.6 [22].

Таблиця 6.6 – Заходи з підвищення безпеки працівників

Вид заходу	Найменування заходу	Опис, показники і характеристики
1	2	3
<b>Технічні заходи і засоби</b>		
Захист від ураження струмом	Розміщення кабелів живлення верстатів та станків поза зоною досяжності	Розміщення на стінах цеху на висоті 2,2 м стяжками
Способи орієнтації в ЕУ	Встановлення розпізнавальних знаків у виробничих приміщеннях	Таблички 15*40 см
Захисне заземлення	З'єднання із землею металевих неструмоведучих частин електроустановок та верстатів	З'єднання з землею через повнілхлорид з значенням опору R = 0,4 Ом.
<b>Організаційні заходи</b>		
Техніка безпеки	Регулярне проведення опитування на знання техніки безпеки працівників	Після отримання результатів тесту, проводити загальні збори по обговоренню результатів опитування
Визначення категорії робіт	Зі зняттям напруги	Видача нарядів-допусків строком в 5 днів
Розміщення плакатів безпеки	Вивішування базових технічних вимог до працівника для безпечної роботи	Плакати з електробезпеки розмірами 1 * 1,2 м
<b>Засоби індивідуального захисту</b>		
Перевірка наявності та видача ЗІЗ	Захисний одяг, каска, захисне взуття, засоби захисту рук, обличчя, органів дихання, слуху	Перевірка стану ЗІЗ та видача нових за необхідності

Таблиця 6.7 – Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ)

Вид	Марка	Призначення
Захисний одяг	Костюм робочий комбінезон	Використання в якості робочого одягу
Захисне взуття	Черевики робочі ПУП	
Засоби захисту рук	Рукавички робочі	Для захисту рук під час обробки деревних виробів
Засоби захисту голови	Каска захисна «Універсал. Тип Б»	Захист голови від механічних пошкоджень
Засоби захисту дихальних шляхів	Респіратор FFP1	Захист від пилу та часток дерева

Оскільки працівники цеху на початку робочої зміни здійснюють включення, а по закінченню – виключення електроенергії в цехових приміщеннях, необхідно також передбачити індивідуальні електрозахисні засоби.

						<i>НТУУ 001.9112.054 ПЗ</i>	Арк.
							90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

## 6.6 Розрахунок технічного заходу з безпеки експлуатації

Розрахунок будемо проводити для заходу «Перевірка наявності та видача ЗІЗ».

Головна мета розрахунку – визначити кількість та вартість проведення заходу для всіх осіб, які працюють у головному виробничому цеху №1.

За попередніми даними в цеху працює близько 80 осіб. Термін служби захисного одягу для роботи у виробничих цехах, зазначеного у табл.6.7 – до 5 років. Прийmemo, що проведення заходу відбувається під кінець терміну служби виданих ЗІЗ з попередньої видачі.

Дані по проведенню заходу з перевірки наявності на видачі ЗІЗ представлені у табл. 6.8.

Таблиця 6.8 – Розрахунок заходу з видачі ЗІЗ для персоналу виробничого цеху №1

Найменування	Марка	Ціна, грн	Кількість, шт.	Сума, тис. грн
Захисний одяг	Костюм робочий комбінезон	1700	80	136
Захисне взуття	Черевики робочі ПУП	700	80	56
Засоби захисту рук	Рукавички робочі	40	80	3,2
Засоби захисту голови	Каска захисна «Універсал. Тип Б»	85	80	6,8
Засоби захисту дихальних шляхів	Фільтри для респіратору FFP1	500	80	40
Сума				242

З проведеного вище заходу бачимо, що для реалізації необхідно 242 тис. грн. Оскільки цей захід передбачає підвищення рівня безпеки і комфорту персоналу, це може дати позитивний відгук через якість виробництва продуктів, що в свою чергу вплине на дохід підприємства. Навіть не маючи прямих складових для окупності, підприємство все ж може отримати певні покращення виробництва, а головне – підвищення рівня безпеки персоналу виробничого цеху.

					НТУУ 001.9112.054 ПЗ	Арк.
						91
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 6.7 Вибір заходів із запобігання та ліквідації наслідків пожеж і вибухів

Перед тим як визначити необхідні заходи з пожежної безпеки для підприємства, необхідно зазначити характерні причини виникнення пожеж в промислових будівлях (за статистичними даними) [21]:

- електротехнічні (порушення правил експлуатації машин і приладів) – 27,6%;
- необережне поводження з вогнем (сірниками, свічками, а також при розігріванні двигунів) – 22,3%;
- порушення технологічних процесів (зіпсування промислового обладнання, від статичної електрики) – 9%;
- порушення правил пожежної безпеки при проведенні газо-електрозварювальних робіт – 10,8%;
- зіпсування печей, неправильне улаштування їх, порушення правил пожежної безпеки при їх експлуатації – 5,4%;
- іскри від паровозів, котельних машин, устаткування – 2,1%;
- підпали – 3,1%;
- дитячі пустощі з вогнем – 2,2%;
- невстановлені та інші причини (розряди блискавки та інше) – 17,6%.

Відповідно до норм з пожежної безпеки на енергетичних об'єктах вибирають первинні засоби до тушіння пожеж (вогнегасник, пожежний інвентар), а також технічні та організаційні – у разі виникнення пожежі або вибуху. Результати вибору наводять у таблиці 6.9 [23].

Таблиця 6.9 – Перелік заходів і засобів з пожежної безпеки

Група заходів	Технічні характеристики	Критерії вибору
1	2	3
Технічні заходи		
Вуглекислотний вогнегасник ВВ-2	Пересувний, тривалість дії – 25с, довжина струмені – 5м	У приміщенні, розміщено в коридорах через 30 м.
Блискавкозахист	Сітчастий, на поверхні даху, з кроком 75 см.	II категорія, приміщення з категорією В вибухо – пожежної небезпеки

## Продовження таблиці 6.9

Організаційні		
План дій з попередження пожеж і вибухів	Вимоги до евакуаційних заходів, планах евакуації, забезпечення дотримання протипожежних вимог, виконання приписів і постанов органів державного пожежного нагляду	Відділ з охорони праці
Проходження тренінгів	Система заходів з пожежної безпеки для персоналу	Відділ з охорони праці
ЗІЗ		
Захисний одяг водонепроникний	ВК «КОМБІ», комбінезон	Багаторазового використання. Термін зберігання – 6 років.
Протигаз	М98 «Scott» з фільтром ХС від монооксиду вуглецю.	Температура зберігання – від 30 °С до 170 °С. Термін зберігання – 15 років

### Висновок до розділу 6

1. У даному розділі було проведено аналіз системи охорони праці на підприємстві з виробництва меблів, а саме у головному виробничому цеху № 1. За результатів аналізу умов праці було визначено шкідливі показники, для яких був розроблений відповідний режим роботи. Нижче наведено список досліджених шкідливих показників та режим роботи, що був запропонований для поліпшення умов праці:

- Нагріті поверхні: Оцінка ризику - Середній; Ймовірність отримання шкоди здоров'ю - Імовірний; Група ризику - II. Рекомендується використовувати ЗІЗ для запобігання отримання травм.
- Шум: Оцінка ризику - Високий; Ймовірність отримання шкоди здоров'ю - Значний; Група ризику - III. Рекомендується носити захисні навушники.
- Рухомі механізми і транспорт: Оцінка ризику - Середній; Ймовірність отримання шкоди здоров'ю - Низький; Група ризику - III. Рекомендується забезпечити безпечний доступ до рухомих механізмів та транспорту, навчити працівників безпечним методам роботи з ними, проводити обговорення на предмет техніки безпеки.

									Арк.
									93
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	НТУУ 001.9112.054 ПЗ				

- Ураження кінцівок внаслідок роботи з обладнанням: Оцінка ризику - Високий; Ймовірність отримання шкоди здоров'ю - Імовірний; Група ризику - I. Рекомендується вживати заходів для запобігання ураженням кінцівок, таких як використання ЗІЗ та навчання правилам безпеки.

- Важкість праці: Оцінка ризику - Середній; Ймовірність отримання шкоди здоров'ю - Низький; Група ризику - II. Рекомендується зменшити важкість праці шляхом впровадження ергономічних рішень, розподілу навантаження та надання регулярних перерв для відновлення сил.

- Незручні положення тіла: Оцінка ризику - Низький; Ймовірність отримання шкоди здоров'ю - Низький; Група ризику - III. Рекомендується використовувати ергономічні рішення для поліпшення робочих позицій та забезпечення комфорту працівників.

- Напруженість праці: Оцінка ризику - Середній; Ймовірність отримання шкоди здоров'ю - Імовірний; Група ризику - II. Рекомендується вживати заходів для зниження напруженості праці, таких як раціоналізація робочого процесу, ротація завдань та надання можливості відпочинку.

2. Після проведення аналізу можливих небезпек під час роботи у виробничому цеху, складено перелік заходів для запобігання більшості небезпек:

- Розмістити кабелі живлення верстатів та станків на стінах цеху за допомогою стяжок для захисту від ураження струмом внаслідок перетирання кабелів чи отримання травм внаслідок перечеплення за кабель.

- Встановити розпізнавальні знаки у виробничих приміщеннях задля уникнення травм недосвідчених осіб з роботою обладнання.

- Встановити додаткове заземлення електроустановок та верстатів.

- Проводити регулярні опитування для контролю якості знань техніки безпеки працівників.

- Визначати категорії робіт шляхом видачі нарядів-допусків.

- Розмістити плакати з техніки безпеки у виробничих приміщеннях.

- Перевірка наявності, стану ЗІЗ у співробітників та за необхідності

					<i>НТУУ 001.9112.054 ПЗ</i>	Арк.
						94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

видача нових.

3. Також було проведено розрахунок до заходу з оновлення ЗІЗ для працівників для підтримання норм охорони здоров'я під час роботи у виробничих установах.

					<i>НТУУ 001.9112.054 ПЗ</i>	Арк.
						95
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## ВИСНОВКИ

1. У даному дипломному проєкті було проведено дослідження та аналіз підприємства з виробництва меблів з метою підвищення рівня енергоефективності. В ході дипломного проєкту був проведений енергетичний аудит, під час якого аналізувались електричні та теплові надходження енергії та їх споживання.

2. Після аналізу електричної частини розрахунків були запропоновані наступні заходи з підвищення енергоефективності:

- Встановлення обмежувача холостого ходу на систему аспірації в першому виробничому цеху, економія електричної енергії склала 30,492 тис. кВт·год;
- Заміна двигунів розпилювальних верстатів, економія – 30,53 тис. кВт·год;
- Заміна двигунів свердлильних верстатів, економія – 6,429 тис. кВт·год.

3. Для теплової частини були розроблені наступні заходи з підвищення енергоефективності:

- Модернізація фасадів виробничого цеху №1, економія – 33,95 Гкал/рік;
- Заміна вікон у виробничому цеху № 1, економія – 33,686 Гкал/рік;
- Утеплення воріт виробничого цеху № 1, економія – 1,289 Гкал/рік.

3. У четвертому розділі проводився аналіз системи енергетичного менеджменту на підприємстві, в ході якого був зроблений висновок що така система відсутня. Надано рекомендації для підприємства для впровадження цієї системи, яка допоможе проводити детальний аналіз споживання електричної енергії. Складено сітьовий графік з етапами впровадження заходів з підвищення енергоефективності, який може допомогти підприємству зекономити ресурси і кошти під час впровадження заходів.

					<i>НТУУ 001.9112.054 ПЗ</i>	Арк.
						96
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

5. Розглянуто можливість встановлення та використання джерел відновлювальної енергії на об'єкт, а саме систему СФЕУ на даху виробничого цеху № 1. Термін окупності даного заходу складає 11 років 8 місяців, що є економічно вигідним.

6. Також розглянуто загрози та ризики життю і здоров'ю під час проведення заходу із заміни двигунів розпилювальних верстатів у розділі «Охорона праці та пожежна безпека під час заміни двигунів розпилювальних верстатів». Також проведено аналіз умов праці та відповідний до них режим роботи, з результатів якого складено перелік можливих заходів із підвищення безпеки працівників для проведення.

					<i>НТУУ 001.9112.054 ПЗ</i>	Арк.
						97
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [Підготовка бакалаврських кваліфікаційних робіт. Організація, вимоги до структури, змісту та оформлення.](#)
2. ДСТУ 4713:2007 Енергозбереження. Енергетичний аудит промислових підприємств. Порядок проведення та вимоги до організації робіт. Київ: ДП НДІБК, 2007. – 7 с.
3. М 0013184.0.33-04 Типова методика енергетичних обстежень промислових підприємств / В.Розен, О.Соловей, А.Чернявський, Ю.Шульга. Київ: Держкоенергозбереження України, 2004. – 70 с.
4. ДБН В.2.5-28-2018 Природне і штучне освітлення. Київ: ДП НДІБК, 2018. – 137 с.
5. ДСТУ 60034-30:2016 Машини електричні обертові. Частина 1. Номінальні і робочі характеристики. Київ: ДП НДІБК, 2017. – 6 с.
6. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [«ЯНИ-МОТОРС» Електродвигатели постоянного тока.](#)
7. ДНАОП 0.00-1.22-72 «Правила технічної експлуатації тепловикористовуючих установок і теплових мереж і правила техніки безпеки при експлуатації тепловикористовуючих установок і теплових мереж». Київ: ДП НДІБК, 2022. – 3 с.
8. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. Київ: ДП НДІБК, 2010 – 10 с.
9. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [Навчальний посібник для студ. спеціальності 144 «Теплоенергетика» та 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»](#)
10. ДБН В.2.6-31:2022 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. Вид. офіц. Київ: Державні норми України, 2022 – 37 с.

					<i>НТУУ 001.9112.054 ПЗ</i>	Арк.
						98
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. Г. Фаренюк, Є. Фаренюк, П. Павлюк, Є. Колесник : Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель: ДСТУ Б В.2.6-189:2013, Київ : Мінрегіон України, 2014. – 55 с.

12. ДСТУ ISO 50001:2020 Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанова щодо використання (ISO 50001:2018, IDT). Вид. офіц. Київ: ДП НДІБК, 2020 – 7 с.

13. Іншеков Є.М., Нікітін Є.Є., Тарновский М.В., Чернявський А.В. Посібник з муніципального енергетичного менеджменту. Київ : Поліграф плюс, 2014. 238 с.

14. Чернявський А. В., Іншеков Є. М., Соловей О. І., Бориченко О. В., Пертко П. П. Керівництво з впровадження системи енергетичного менеджменту відповідно до вимог міжнародного стандарту ISO 50001:2018 : навч. посіб. / за ред. Є. М. Іншекова, А. В. Чернявського. Київ : Проєкт UNIDO/GEF «Впровадження стандарту систем енергоменеджменту в промисловості України», 2021. 137 с. URL: [http://www.ukriee.org.ua/wp-content/uploads/2021/03/EnMS-Practical-Guide2021\\_Ukraine\\_ukr.pdf](http://www.ukriee.org.ua/wp-content/uploads/2021/03/EnMS-Practical-Guide2021_Ukraine_ukr.pdf)

15. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [Вікіпедія. Біла Церква: Географія.](#)

16. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [Встановлення сонячних панелей на даху.](#)

17. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [Фотоелектрична географічна інформаційна система.](#)

18. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [Карти сонячних ресурсів України.](#)

19. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [Паспортні дані інвертора Deye SUN-100K-G03.](#)

20. ДБН В.2.2-10:2022 Заклади охорони здоров'я. Вид. офіц. Київ: Державні норми України, 2022. – 171 с.

					<i>НТУУ 001.9112.054 ПЗ</i>	Арк.
						99
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

21. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [Пожежі: причини виникнення та шляхи розповсюдження., Оцінка пожежної безпеки та поняття вогнестійкості конструкцій. - Безпека життєдіяльності - Навчальні матеріали онлайн \(pidru4niki.com\)](#).

22. НАПБ Б.03.002-2007. Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2007 – 33 с.

23. Третьякова Л.Д. Засоби індивідуального захисту: виготовлення та застосування / Литвиненко Г.Є., Третьякова Л.Д. – К.: Лібра, 2008. – 317 с.

					<i>НТУУ 001.9112.054 ПЗ</i>	Арк.
						100
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# ДОДАТКИ

## ДОДАТОК А

КАРТА-СХЕМА ТЕМПЕРАТУРНИХ ЗОН УКРАЇНИ



## ДОДАТОК Б

### Опір теплопередачі існуючих вікон

Заповнення світлового отвору	$R$ , (м <sup>2</sup> К)/Вт
Одинарне застклення в дерев'яних плетіннях	0,17
Те ж саме в металевих	0,15
Подвійне застклення в дерев'яних сполучених плетіннях	0,34
Те ж саме в металевих	0,31
Подвійне застклення в дерев'яних відокремлених плетіннях	0,38
Те ж саме в металевих	0,34
Подвійне застклення вітрин в металевих відокремлених плетіннях	0,31
Потрійне застклення в дерев'яних плетіннях (сполучений та одинарний)	0,52
Те ж саме в металевих	0,48
Органічне скло одинарне	0,19
Те ж саме подвійне	0,36
Те ж саме потрійне	0,52
Двошарові склопакети в дерев'яних плетіннях	0,34
Те ж саме в металевих	0,31
Двошарові склопакети та одинарне застклення в відокремлених дерев'яних плетіннях	0,52
Те ж саме в металевих	0,48

## ДОДАТОК В

**Розрахункові значення коефіцієнтів тепловіддачі внутрішньої,  $\alpha_v$ , та зовнішньої,  $\alpha_z$ , поверхонь огорожувальних конструкцій**

№	Тип конструкції	Коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м <sup>2</sup> К)	
		$\alpha_v$	$\alpha_z$
1	Зовнішні стіни, суміщені покриття, перекриття над проїздами	8,7	23
2	Перекриття над холодними підвалами, що межують з холодним повітрям	8,7	17
3	Горищні покриття та перекриття, перекриття над неопалювальними підвалами зі світловими прорізами у стінах, а також зовнішні стіни з вентиляваним повітряним прошарком	8,7	12
4	Горищні перекриття та перекриття над неопалювальними підвалами та техпідпіллями, що не вентилюються зовнішнім повітрям	8,7	6
5	Вікна, двері балконні та входні, вітражі, зовнішні стіни з опорядженням світлопрозорими елементами	8,0	23
6	Зенітні ліхтарі	9,9	23

## ДОДАТОК Г

### Розрахункові температури зовнішнього повітря міст України

№	Місто	Температура середня місячна												Сер. за рік	Розрахункова температура	Період із середньою добовою температурою повітря					
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII			≤ 8°С		≤ 10°С		≥ 21°С	
		днів	Середня темп.	днів	Середня темп.	днів	Середня темп.	днів	Середня темп.	днів	Середня темп.	днів	Середня темп.			днів	Середня темп.	днів	Середня темп.	днів	Середня темп.
1	Київ	-4,7	-3,6	1,0	9,0	15,2	18,3	19,8	19,0	13,9	8,1	1,9	-2,5	8	-22	176	-0,1	195	0,7	-	-
2	Сімферополь	-0,3	0,4	3,7	10,1	15,1	19,2	21,8	21,3	16,7	11,0	6,1	2,1	10,6	-15	154	2,6	175	3,5	61	21,8
3	Ялта	4,1	4,2	6,0	10,6	15,7	19,8	23,6	23,2	19,0	13,6	9,5	6,1	13,0	-6	126	5,3	152	6,1	83	23,0
4	Вінниця	-5,1	-3,8	0,5	8,1	14,2	17,2	18,7	18,0	13,3	7,6	1,8	-2,9	7,3	-21	182	-0,2	202	0,6	-	-
5	Луцьк	-4,2	-3,0	1,1	8,1	13,9	16,9	18,4	17,7	13,2	7,9	2,4	-2,4	7,5	-20	180	0,3	201	1,1	-	-
6	Дніпро	-4,7	-3,8	1,1	9,6	16,0	19,6	21,6	20,7	15,4	8,6	2,2	-2,5	8,7	-24	172	-0,2	188	0,6	57	21,6
7	Кривий Ріг	-4,3	-3,3	1,6	9,6	15,8	19,4	21,5	20,7	15,5	8,9	2,7	-2,0	8,8	-17	171	0,2	188	1,0	55	21,5
8	Донецьк	-5,2	-4,4	0,7	9,4	15,4	19,0	21,2	19,8	14,9	8,0	1,8	-2,9	8,1	-22	176	-0,5	192	0,3	47	21,3
9	Житомир	-5,1	-4,0	0,4	7,9	14,0	17,1	18,5	17,7	13,0	7,4	1,7	-2,8	7,2	-22	184	-0,2	203	0,5	-	-
10	Ужгород	-2,4	-0,2	4,7	10,8	15,8	18,7	20,3	19,8	15,5	10,2	4,7	-0,5	9,8	-18	154	1,4	175	2,5	28	20,7
11	Запоріжжя	-3,5	-2,6	2,0	10,1	16,4	20,2	22,4	21,4	16,2	9,6	3,5	-1,1	9,6	-21	166	0,6	182	1,4	69	22
12	Ів.-Франківськ	-4,3	-2,6	1,7	8,1	13,6	16,7	18,3	17,7	13,4	8,0	2,5	-2,4	7,6	-20	179	0,4	200	1,2	-	-
13	Кропивницький	-4,9	-3,9	0,8	9,1	15,2	18,6	20,4	19,7	14,7	8,2	2,1	-2,6	8,1	-22	175	-0,3	192	0,5	32	20,8
14	Луганськ	-5,0	-4,2	1,1	10,1	16,1	19,9	22,0	20,7	15,1	8,2	2,2	-2,5	8,6	-25	172	-0,4	188	0,4	61	21,7
15	Львів	-4,0	-2,7	1,4	7,9	13,4	16,3	17,7	17,2	13,0	8,0	2,5	-2,2	7,4	-19	179	0,4	201	1,2	-	-
16	Миколаїв	-2,6	-1,6	2,8	10,2	16,4	20,3	22,7	22,0	16,8	10,4	4,2	-0,4	10,1	-20	161	1,1	178	2,0	75	22,3
17	Одеса	-1,3	-0,6	2,9	9,2	15,3	19,6	22,0	21,6	17,0	11,3	5,8	1,1	10,3	-18	158	2,0	178	3,0	65	21,9
18	Полтава	-5,6	-4,7	0,3	9,0	15,4	18,7	20,5	19,7	14,3	7,7	1,3	-3,4	7,8	-23	178	-0,8	195	0,0	31	10,8
19	Рівне	-4,6	-3,4	0,7	8,0	13,8	16,7	18,2	17,5	13,1	7,7	2,1	-2,6	7,3	-21	182	0,1	202	0,8	-	-
20	Суми	-6,6	-5,8	-0,8	8,1	14,6	17,9	19,5	18,4	13,0	6,7	0,4	-4,3	6,8	-25	187	-1,4	204	-0,6	-	-
21	Тернопіль	-5,0	-3,7	0,4	7,6	13,5	16,4	17,8	17,2	12,8	7,5	1,8	-3,1	6,9	-20	184	-0,2	205	0,6	-	-
22	Харків	-5,9	-5,1	0,0	9,0	15,5	18,9	20,7	19,7	14,1	7,5	1,0	-3,7	7,6	-23	179	-1,0	196	-0,2	37	20,9
23	Херсон	-2,5	-1,6	2,8	10,1	16,1	20,0	22,4	21,6	16,5	10,1	4,3	-0,2	10,0	-19	163	1,3	181	2,2	69	22,1
24	Хмельницький	-4,9	-3,6	0,6	7,9	13,9	16,8	18,4	17,7	13,1	7,6	1,9	-2,9	7,2	-21	183	-0,1	203	0,7	-	-
25	Черкаси	-5,0	-4,0	0,7	8,9	15,2	18,4	20,1	19,3	14,2	7,9	2,0	-2,7	7,9	-21	178	-0,3	195	0,5	18	20,6
26	Черніви	-4,1	-2,4	2,0	8,9	14,5	17,6	19,1	18,4	14,1	8,7	2,7	-2,1	8,1	-20	175	0,5	196	1,4	-	-
27	Чернігів	-5,9	-4,9	-0,1	8,0	14,4	17,6	19,2	18,1	12,9	6,9	1,0	-3,5	7,0	-23	187	-0,9	204	-0,2	-	-
28	Умань	-4,8	-3,7	0,9	8,7	14,6	17,8	19,4	18,6	13,6	7,7	2,0	-2,5	7,7	-20	179	-0,1	197	0,7	-	-
29	Феодосія	1,2	1,6	4,6	10,6	16,1	20,8	23,2	23,1	18,4	12,6	7,6	3,8	12,0	-15	142	3,6	163	4,3	83	23,3
30	Ковель	-3,9	-2,7	1,3	8,1	13,9	16,9	18,2	17,6	13,0	7,9	2,5	-1,9	7,6	-21	177	0,4	199	1,2	-	-

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

НТУУ 001.9112.054 ПЗ

Арк.

104