

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

**Інститут енергозбереження та енергоменеджменту
Кафедра електропостачання**

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ А.В. Попов

« ____ » _____ 2021 р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

Спеціальності: 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Спеціалізації: Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології

**на тему: «Розроблення проекту енергетичної оптимізації компресорного
обладнання машинобудівного підприємства»**

Виконав:

студент III курсу, групи ОНзп-81

Олешко Вадим Олександрович

Керівник:

к.т.н., доц. Чернявський А.В.

Консультанти:

Теплова частина

к.т.н., Буяк Н.А.

(назва розділу)

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Охорона праці

д.т.н., проф.Третьякова Л.Д.

(назва розділу)

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Нормоконтроль

ас.Прокопенко І.Д.

(назва розділу)

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент гол. інж. КП"Київтеплоенерго" РТМ Печерськ Світельський К.В.

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

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

Студент _____

Київ – 2021 року

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

Кафедра електропостачання

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма: Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ А.В. Попов

« ____ » _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту
Олешку Вадиму Олександровичу

1. Тема проекту «Розроблення проекту енергетичної оптимізації компресорного обладнання машинобудівного підприємства», керівник проекту *к.т.н., доц. Чернявський А.В.*, затверджені наказом по університету від «26» травня 2021 р. №1351-с

2. Термін здачі студентом закінченого проекту «11» червня 2021 р.

3. Вихідні дані до проекту: результати проведеного енергетичного аудиту машинобудівного підприємства.

4. Перелік розділів, які мають бути розроблені

а) енергетична ефективність постачання та використання електричної енергії: - Енергетичний аудит електропостачальної системи машинобудівного підприємства

б) енергетичний аудит системи теплопостачання: - Енергетичний аудит теплопостачання машинобудівного підприємства.

в) охорона праці та пожежної безпеки: - Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях під час модернізації компресорних установок.

					НТУУ001.8104.015 ПЗ	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу

1. Аналіз теплоспоживання об'єкту
2. Однолінійна схема електропостачання об'єкту
3. Опис заходів з енергоефективності в системі теплопостачання
4. Опис заходів з енергоефективності в системі електропостачання

6. Консультанти:

Розділ (частина)	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Теплова частина	к.т.н., Буяк. Н.А.		
Охорона праці та пожежна безпека	д.т.н., проф. Третьякова Л.Д.		
Нормоконтроль	ас. Прокопенко І.Д.		

7. Дата видачі завдання «17» травня 2021 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН-ГРАФІК

виконання дипломного проекту

студентом Олешком Вадимом Олександровичем

(прізвище, ініціали)

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту	Позначки керівника про виконання завдань
	Загальний опис об'єкту	20.05.-26.05.21	
	Виконання електричної частини	20.05.-26.05.21	
	Виконання теплової частини	27.05.-31.05.21	
	Вибір заходів щодо впровадження ВДЕ	27.05.-31.05.21	
	Виконання питань охорони праці та пожежної безпеки на об'єктах	01.06.-05.06.21	
	Підготовка графічного матеріалу	05.06.-07.06.21	
	Захист дипломного проекту	18.06.21	

Студент

В.О. Олешко

Керівник проекту

А.В. Чернявський

					НТУУ 001.8104.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломного проєкту складається з п'яти розділів та містить 64 сторінок основного тексту. В основному тексті роботи наведено 12 ілюстрацій, 33 таблиць та 25 бібліографічних найменувань за переліком посилань.

Метою проєкту є енергетична оптимізація компресорного обладнання машинобудівного підприємства. З цією метою було запропоновано замінити приводні двигуни компресорів в цеху №1 на енергоефективніші. Також представлено інші заходи: термомодернізація стін, даху, підлоги, заміна ламп та випрямлячів на енергорезультативніші. Результатом фінансових розрахунків є висновок, що дані заходи можна впроваджувати, тому що простий термін окупності всіх заходів менше 10 років і становить 7,8 років.

Ключові слова: ЕЛЕКТРИЧНА ЕНЕРГІЯ, ТЕПЛОВА ЕНЕРГІЯ, ЕНЕРГОРЕЗУЛЬТАТИВНІСТЬ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, ВИТРАТИ, ВТРАТИ, ЕКОНОМІЯ, СПОЖИВАННЯ, СТІНИ, ВІКНА, ДАХ, ОГОРОДЖУВАЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ, ФІНАНСОВИЙ РОЗРАХУНОК, ЗАХІД З ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ, ЕНЕРГЕТИЧНИЙ БАЛАНС.

					НТУУ001.8104.015 ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ABSTRACT

The explanatory note to the diploma project consists of five sections and contains 64 pages of the main text. The main text of the work contains 12 illustrations, 33 tables and 25 bibliographic names according to the list of references.

The aim of the project is energy optimization of compressor equipment of a machine-building enterprise. To this end, it was proposed to replace the compressor drive motors in shop №1 with more energy efficient ones. Other measures are also presented: thermal modernization of walls, roofs, floors, replacement of lamps and rectifiers with more energy efficient ones. The result of financial calculations is the conclusion that these measures can be implemented because the simple payback period of all measures is less than 10 years and is 7.8 years.

Keywords: ELECTRICAL ENERGY, THERMAL ENERGY, ENERHOREZULTATYVNIST, ENERGY, COSTS, LOSSES, SAVING, CONSUMPTION, WALLS, WINDOWS, ROOF, BUILDING ENVELOPE, FINANCIAL CALCULATION WEST ENERGY EFFICIENCY AND ENERGY BALANCE.

					HTYU001.8104.015 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1 ЗАГАЛЬНИЙ ОПИС ОБ'ЄКТУ.....	10
1.1 Короткий опис об'єкту	10
1.2. Аналіз динаміки виробничої діяльності за останні три роки	11
1.3 Аналіз динаміки споживання ПЕР за останні три роки	12
1.4 Оцінка тарифної політики щодо покупних ПЕР	15
1.5 Характеристика попередньої діяльності об'єкту у сфері енергоефективності	16
Висновки до розділу 1.	16
2 АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ	17
2.1. Схема електропостачання об'єкта та її аналіз.....	17
2.2. Визначення, коротка характеристика та оцінка енерго-ефективності споживачів електричної енергії.....	18
2.3. Повірочний розрахунок навантажень об'єкту	21
2.4 Повірочний розрахунок системивнутрішнього електричного освітлення(приміщення).....	22
2.5 Оцінка завантаженості ТП	23
2.6. Оцінка рівня компенсації реактивної потужності об'єкту.....	24
2.7 Розрахунок основних складових для складання балансу споживання електричної енергії об'єкту у аналітичній формі	24
2.8 Оцінка стану та ефективності систем обліку та моніторингу споживання електричної енергії на об'єкті.....	25
2.9. Розроблення типових заходів з енергоефективності для суттєвих споживачів електричної енергії.....	25
Висновки до розділу 2.	28
3 ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЛІ ТА ЗАХОДІВ З ЇЇ ПІДВИЩЕННЯ.....	29
3.1. Системи теплопостачання об'єкта та їх аналіз	29
3.2. Коротка характеристика та оцінка енергоефективності суттєвих споживачів палива та теплової енергії.	29
3.3. Повірочний розрахунок теплових навантажень об'єкту (цеху)	29
3.4. Оцінка стану теплової ізоляції огорожувальних конструкцій будівлі об'єкту.....	38
3.5. Оцінка стану теплової ізоляції розподільних тепломереж об'єкту.....	39

					НТУУ001.8104.015 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.6. Розрахунок основних складових для складання балансу споживання теплової енергії об'єкту у аналітичній формі	39
3.7. Оцінка ефективності роботи джерела теплової енергії (власна котельня).....	40
3.8. Оцінка стану та ефективності систем обліку та моніторингу споживання теплової енергії на об'єкті	41
3.9. Розроблення типових заходів з енергоефективності для суттєвих споживачів теплової енергії.....	41
Висновки до розділу 3.	46
4 СИСТЕМА ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ ОБ'ЄКТУ	47
4.1. Оцінка відповідності стану існуючої на об'єкті системи енергетичного менеджменту вимогам ДСТУ ISO 50001:2020	47
4.2. Визначення базового рівня споживання електроенергії та показника(ів) енергоефективності на рівні всього об'єкту	47
4.3. Представлення «Енергетичної політики» підприємства	47
4.4. Планування впровадження заходів з енергоефективності.....	48
Висновки до розділу 4	49
5 ОЦІНКА МОЖЛИВОСТЕЙ ЗАСТОСУВАННЯ ВТОРИННИХ ТА ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ.....	50
5.1 Обґрунтування застосування відновлюваних джерел енергії на об'єкті.	50
Висновки до розділу 5	53
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ПІД ЧАС МОДЕРНІЗАЦІЇ КОМПРЕСОРНИХ УСТАНОВОК.....	54
6.1 Загальна характеристика об'єкта.....	54
6.2 Перелік робіт та склад бригади.....	55
6.3 Аналіз умов праці на робочих місцях електротехнічних працівників.....	55
6.4 Визначення небезпек для працівників на робочих місцях.....	56
6.5 Вибір технічних засобів і заходів безпеки робіт в енергоустановках.....	57
6.6 Заходи пожежної безпеки.....	58
6.7 Розрахунок технічного заходу з безпеки експлуатації.....	58
Висновки до розділу 6	59
ВИСНОВКИ	60
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ПОСИЛАНЬ.....	61
ДОДАТКИ.....	64
Додаток А.....	64

					НТУУ001.8104.015 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧНЬ, ТЕРМІНІВ

ГВП – гаряче водопостачання;

ДБН – державні будівельні норми;

ДСТУ – державний стандарт України;

ЗІЗ – засоби індивідуального захисту;

ПЕР – паливно-енергетичні ресурси;

СЕНМ – система енергетичного менеджменту;

СЕС – сонячні електростанції;

ТМ – трансформатор масляний;

ТО – простий термін окупності.

IRR – внутрішня норма рентабельності;

NPV – чистий дисконтований дохід;

					НТУУ001.8104.015 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

ВСТУП

В розвинених країнах вже давно є обов'язковим підвищення енергетичної результативності промислового виробництва та будівель. Цей захід призводить до зменшення витрат енергоресурсів, як наслідок – економія коштів та скорочення викидів вуглекислого газу. В Україні це питання тільки набирає обертів через зростання ціни на енергоресурси.

З цією метою пропонується проведення енергетичного аудиту об'єкту, аналіз потоків енергії та формування переліку енергоефективних заходів. Адміністрація об'єкту виходячи з результатів фінансового розрахунку та бюджету впроваджує певні заходи.

Отже, обмеженість природних ресурсів вимагає їх економії та поступового заміщення відновлюваними.

Дипломний проект складається з загального опису цеху, аналізу ефективності використання електричної енергії, визначення рівня енергетичної ефективності цеху та заходів з її підвищення, оцінки можливостей застосування вторинних та відновлюваних джерел та охорони праці та пожежну безпеку при встановленні сонячних електростанцій..

					НТУУ001.8104.015 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ЗАГАЛЬНИЙ ОПИС ОБ'ЄКТУ

1.1 Короткий опис об'єкту

Об'єктом дослідження - виробничий цех №1 машинобудівного заводу в Черкаській області, збудованого ще за часів Радянського союзу. Він займається виробництвом близько 500 найменувань сільсько-господарської продукції в обсязі більше 100 тисяч одиниць на рік.

Теплопостачання відбувається з власної котельні, холодне водопостачання здійснюється централізовано.

Наявні індукційні лічильники електроенергії та газу.

В даний момент серед будівель підприємства теплова ізоляція на фасадах є лише на будівлі адміністративного корпусу №2. Опалювані побутові та допоміжні виробничі приміщення які знаходяться в виробничих корпусах №1 і №3 межують з неопалюваними частинами даних будівель, температура в яких аналогічна зовнішній. З метою економії палива для виробництва тепла та підвищення комфорту перебування людей пропонується провести теплоізоляцію стін побутових та допоміжних виробничих приміщень виробничих корпусів №1 та №3.

Збір інформації та розрахунок проводився керуючись [1]

					НТУУ 001.8104.015ПЗ						
Вим	Арк..	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Олешко В.О.			Загальний опис об'єкту			Літ	Аркуш	Аркушів	
Перевір.		Чернявський А.В.								10	25
Реценз.								ІЕЕ, гр. ОН-зп81			
Н. Контр.		Прокопенко І.Д.									
Затвер.											



Рисунок 1.1 - Зовнішній вигляд першого корпусу

1.2. Аналіз динаміки виробничої діяльності за останні три роки

Основні дані щодо виробничої діяльності цеху №1 за 2018 – 2020 роки наведено у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Вироблена продукція за 2018 – 2020 роки

	Вид продукції	Кількість продукції за роками, шт		
		2018	2019	2020
1	Обладнання завантажувальне	198	199	202
2	Плуги	182	198	137
3	Розпушувачі та культиватори	104	95	109
4	Борони дискові	91	91	67
5	Розподільвачі мінеральних та органічних добрив	4	4	3
6	Машини сільськогосподарські / котки	338	336	340
7	Гичкорізки та машини бурякозбиральні	46	73	96

Продовження таблиці 1.1

8	Причепи та напівпричепи сільськогосподарські, самозавантажувальні та саморозвантажувальні	83	66	111
9	Устаткування для подачі води та кормів для тварин	40	47	43
10	Машини й устаткування для виймання ґрунту	10	10	7
11	Обладнання для екстрагування чи виробництва тваринних або нелетючих рослинних жирів чи олій	14	8	13

1.3 Аналіз динаміки споживання ПЕР за останні три роки

Цех №1 використовує електричну енергію в таких виробничих процесах, як: заготівельні, слюсарно-зварювальні, слюсарні, зварювальні, свердлильні.

Споживання електричної енергії цеху №1 наведено в таблиці 1.2, Таблиця 1.2 - Дані щодо споживання електричної енергії цеху №1 за 2018 – 2020 роки

Місяць	Споживання електричної енергії кВт·год/міс		
	2018	2019	2020
Січень	152419	148302	165610
Лютий	225448	212614	218813
Березень	226344	221313	231240
Квітень	172601	172787	173406
Травень	174909	158186	162680
Червень	173529	169541	168839
Липень	183283	161169	159390
Серпень	195184	189011	169355
Вересень	218925	177294	188958
Жовтень	203082	204651	189010
Листопад	215759	248965	223602
Грудень	202524	256959	242105
Разом	2344007	2320792	2293008

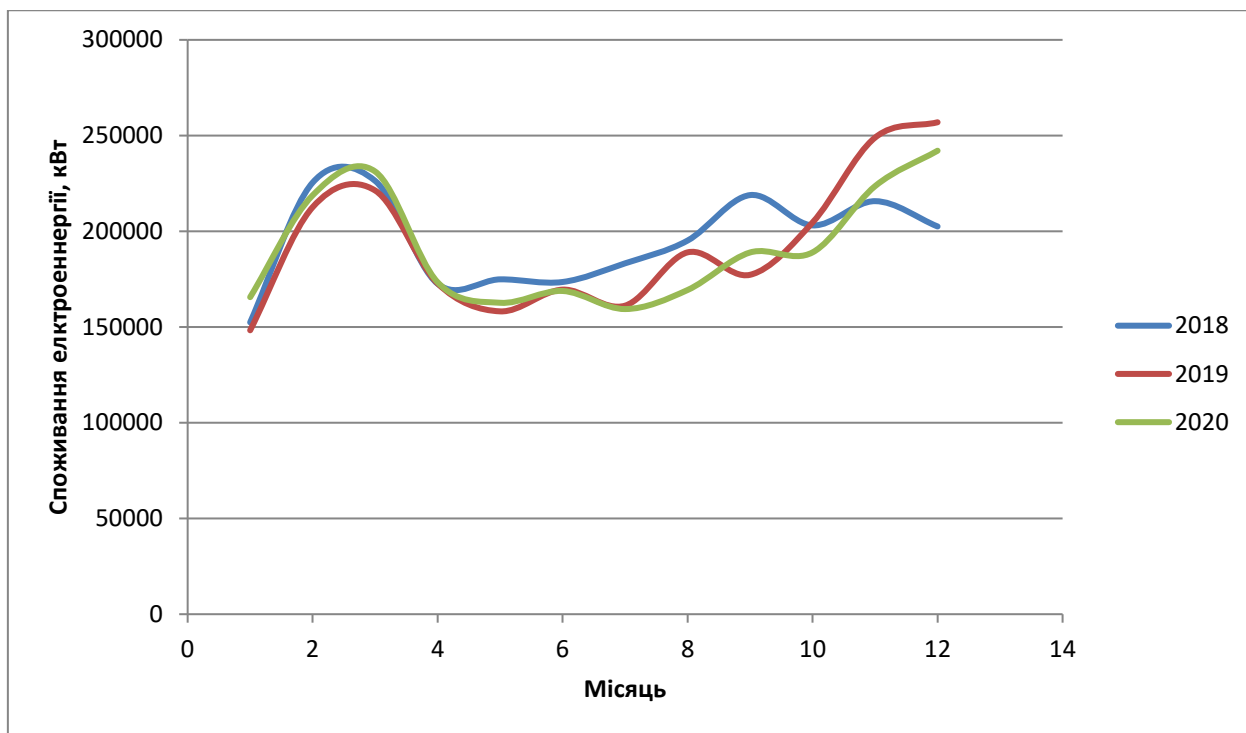


Рисунок 1.1 – Динаміка зміни споживання електричної енергії за 2018-2020 роки.

При порівнянні графіків можна помітити, що споживання спадає. Це пов'язано зі зменшенням об'ємів виробництва.

Споживання стисненого повітря

Стиснене повітря дуже активно використовується в більшості технологічних операцій. Дані про споживання стисненого повітря наведені в таблиці 1.3. та рисунку 1.2.

Таблиця 1.3 – Дані щодо динаміки помісячного споживання стисненого повітря цеху №1 за 2018 – 2020 роки

Місяць	Обсяг споживання за роками, тис. м ³ /міс		
	2018	2019	2020
Січень	142	160	151
Лютий	214	238	222
Березень	221	243	231
Квітень	202	184	176
Травень	157	154	147
Червень	163	154	171
Липень	160	155	156
Серпень	149	155	159
Вересень	211	167	193

Продовження таблиці 1.3

Жовтень	212	234	188
Листопад	187	175	195
Грудень	199	180	183
Разом	2217	2199	2172

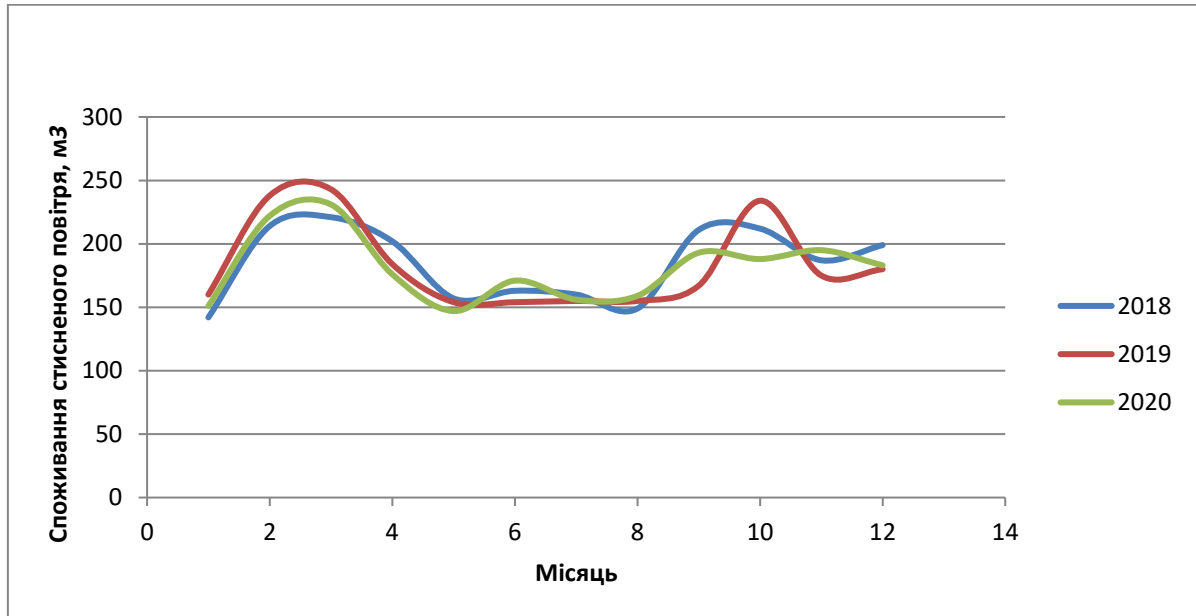


Рисунок 1.2 – Споживання стисненого повітря цеху №1 за 2018 – 2020 роки

Споживання теплової енергії

Теплова енергія постачається з власної котельні. Споживання тепла та ГВП наведено в таблиці 1.4 та на риунку1.3.

Таблиця1.4 – Дані щодо динаміки помісячного споживання стисненого повітря цеху №1 за 2018 – 2020 роки

Місяць	Обсягспоживання за роками, тис. м³/міс		
	2018	2019	2020
Січень	83,803	87,601	89,554
Лютий	71,908	86,309	78,592
Березень	63,474	70,245	66,992
Квітень	40,604	41,824	42,476
Травень	8,100	8,643	8,510
Червень	6,480	6,677	6,874
Липень	6,480	7,253	7,257
Серпень	6,480	7,216	6,823
Вересень	8,100	8,646	8,351

Продовження таблиці 1.4

Жовтень	38,426	42,403	44,030
Листопад	58,392	59,683	65,192
Грудень	76,543	82,281	84,436
Разом	468,788	508,780	509,089

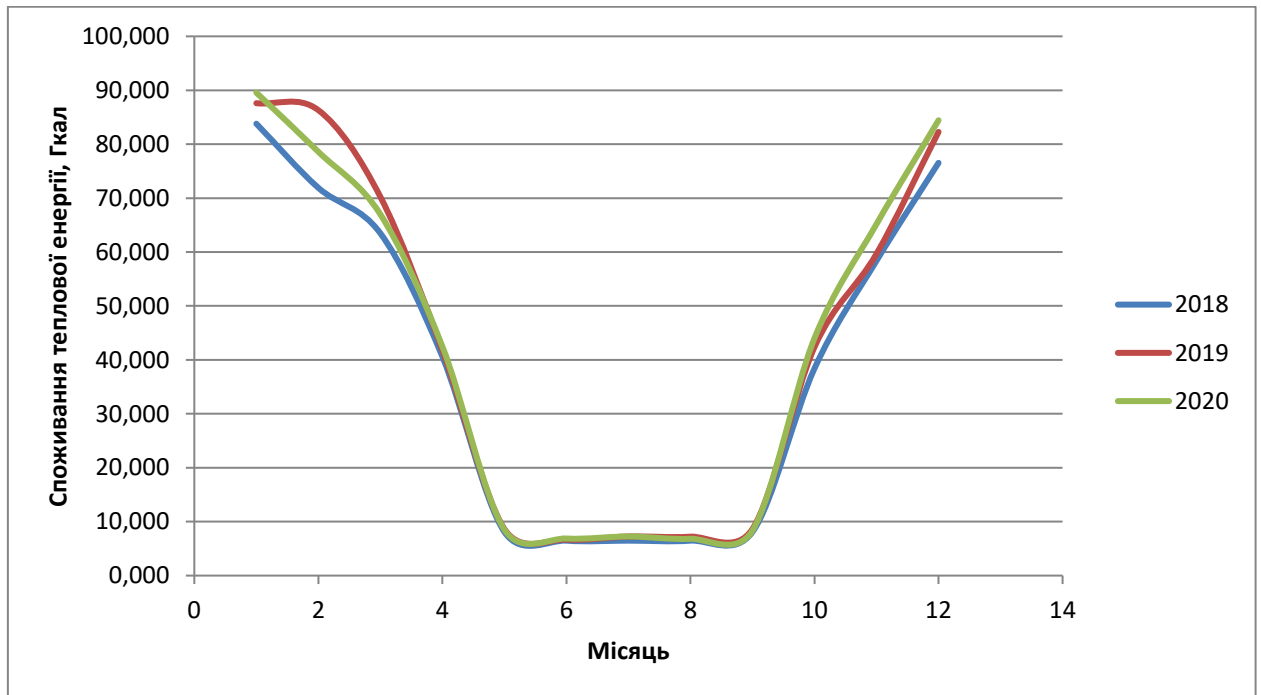


Рисунок 1.3 – Споживання теплової енергії цеху №1 за 2018 – 2020 роки

1.4 Оцінка тарифної політики щодо покупних ПЕР

В наведеній нижче таблиці 1.5 показані зміни тарифів на енергоресурси за 2018-2020 роки.

Таблиця 1.5– Тарифи на енергоресурси за останні 3 роки

Вид енергоресурсу	Теплопостачання з власної котельні	Стиснене повітря з власної компресорної	Електроенергія
Розмірність	грн./Гкал	грн./м ³	грн./кВт*год
2018	825,1	297	2,2
2019	839,2	310	2,43
2020	1029,7	321	2,58

Основні витрати на придбання енергетичних ресурсів необхідних цеху №1 припадають на електричну енергію. Загальна частка витрат на

електричну енергію становить 82.89 % від загальних витрат на придбання енергетичних ресурсів в 2020 р.

1.5 Характеристика попередньої діяльності об'єкту у сфері енергоефективності

Згідно інформації отриманої від начальника першого цеху, в період з 2018 по 2020 роки були впроваджені такі заходи:

- Часткова заміна ламп на світлодіодні.
- Встановлення частотних перетворювачів.
- Проведена заміна технологічного обладнання на менш енергоємне:
- Замінено старі зварювальні апарати на зварювальні апарати інверторного типу.
- Впроваджені лазерна та плазмова різка з ЧПУ.
- Модернізовано оброблювальний центр та станки з ЧПУ.

Висновки до розділу 1.

Цех №1 – важлива частина підприємства. Тут виробляється майже половина всієї продукції. Присутня велика кількість електроспоживаючого обладнання (переважно верстатів).

Теплозабезпечення відбувається за рахунок власної котельні, електроживлення централізоване. Джерело стисненого повітря – власна компресорна.

Найбільше споживається електричної енергії.

					НТУУ001.8104.015 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ

2.1. Схема електропостачання об'єкта та її аналіз

Схема внутрішнього електропостачання показана на рисунку 2.1.

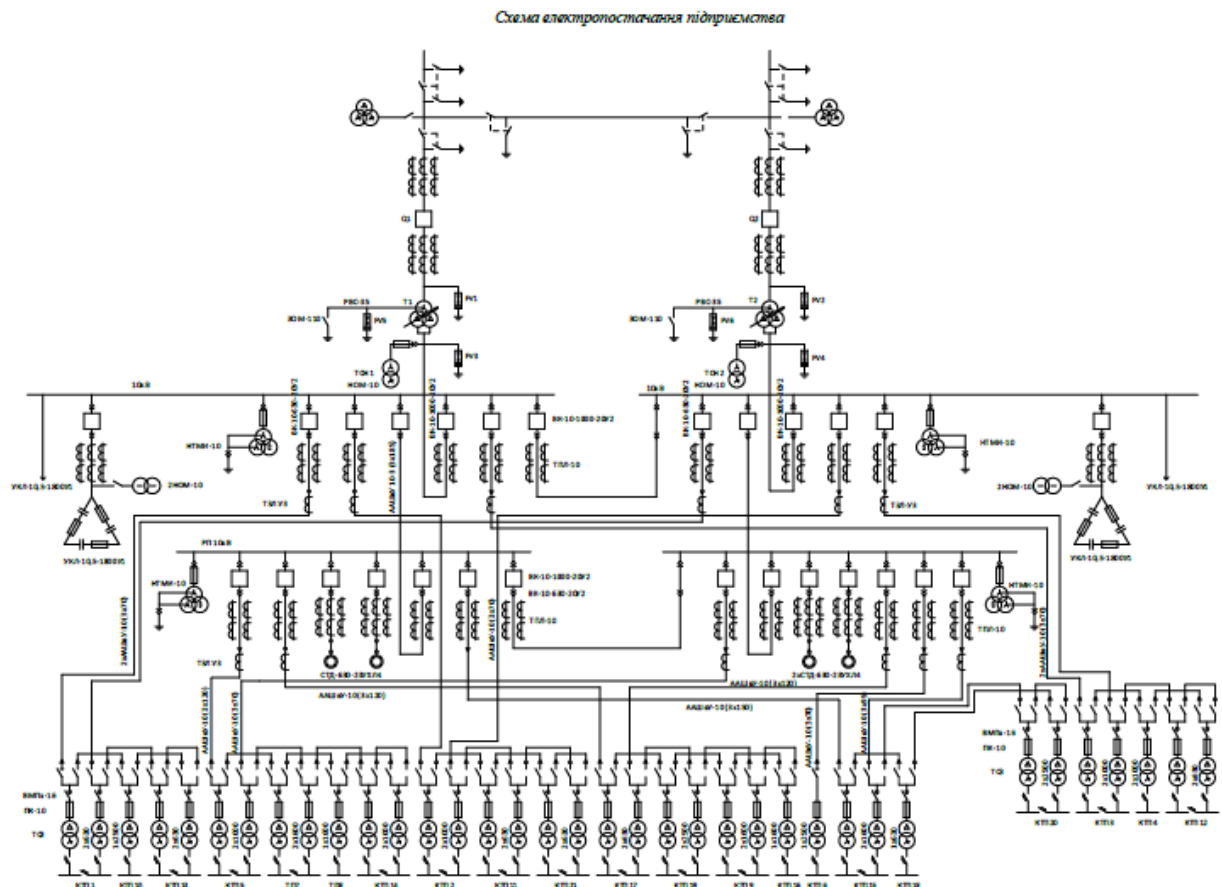


Рисунок 2.1 —Діюча однолінійна електрична схема внутрішнього електропостачання

Цех №1 живиться від декількох трансформаторів з метою їх оптимального завантаження. Компенсація реактивної потужності на підприємстві здійснюється статичними компенсуючими пристроями (КП) по мережі 0.4 кВ. Загальна потужність 2800 кВар з них в автоматичному режимі працюють КП потужністю 1760 кВар.

					НТУУ 001.8104.015ПЗ			
Вим	Арк..	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Олешко В.О.				Аналіз ефективності використання електричної енергії на об'єкті	Літ	Аркуш	Аркушів
Перевір.	Чернявський А.В.						17	25
Реценз.						ІЕЕ, гр. ОН-зп81		
Н. Контр.	Прокопенко І.Д.							
Затвер.								

2.2. Визначення, коротка характеристика та оцінка енерго-ефективності споживачів електричної енергії.

Обладнання, яке використовується в цеху №1 відносно нове і має високі характеристики енергоефективності. Його перелік наведено нище, в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 – Електричні споживачі цеху №1

№	Назва	Кіл-сть, шт.	Потужність, кВт	Час роботи за рік, год
Технологічнеобладнання				
1	КомпресорCSM 37	3	188,4	300
2	Компресор ПК 1.75	5	165	400
3	Компресор ПК 5.25	3	186,8	200
4	Пресдвохкривошипнийзакритийпростоїдіз усиллям 500тс к05.105	1	55	300
5	Пресдвохкривошипнийзакритийпростоїдіз усиллям 315 тс к05.107	1	50	600
6	Пресдвохкривошипнийзакритийпростоїдіз усиллям 315 к3534А	1	50	100
7	Пресоднокривошипнийпростоїді КГ2534.01	2	25	200
8	Прес 1-криво.накло К2330Б	1	10	200
9	Прес 2х кривошипний К-3732	1	20	200
10	Прес 2х кривошипний КО134	1	29	200
11	Пресгідравлічнийодностоечний П-6326	1	13	400
12	Пресгвинтовий Ф1738	1	83	100
13	Пресгвинтовий Ф1732	1	20	100
14	Пресгвинтовий Ф1234	1	22	100
15	Пресмеханічнийспеціальний СМП-160	1	13	50
16	Прес ИФП-160	1	15	200
17	Пресмеханічнийспеціальний УМ-160	4	19	500
18	Прескривошипний КБ245	1	7	1000
19	Ножиці Н3121	1	18,5	1000
20	Ножицілістові Н-3121	1	18,5	500
21	Свердлильно-фрезернийверстат PRO-110	1	1,8	500
22	Точильно-шлифофальнийверстат ЗБ634	2	5,3	500
23	Листозгинальна машина ИА-2216	1	5	600
24	Преслистозгинальнийкривошипний ИВІ330	1	11,8	600
25	Пневматичнийкувальний молот МА4132	1	15	500
26	Автомат для дугового зварювання ТС-17С	1	25	200

Продовження таблиці 2.1

27	Машина контактного зварювання МТР-1701 УХЛ 4	1	35	300
28	Зварювальний п/автомат ПДГ 506	2	28	2000
29	Машина контактного зварювання МТР-1701	1	35	100
30	Зварювальний п/автомат ПДГ508	5	46	2000
31	Зварювальний п/автомат ПДГ515	2	46	1000
32	Зварювальний п/автомат ПДГ313сВДГЗОЗУ	3	30	2000
33	Зварювальний апарат 250 ММА	4	6	1000
34	Випрямляч зварювальний КИГ – 60 1 УЗ	1	46	2000
35	Випрямляч зварювальний КИУ – 50 1	1	40	2000
36	Випрямляч зварювальний КИГ – 60 1 УЗ	1	46	2000
37	Плазмова різка "Криштал" ПР37	1	120	2000
38	Плазмова різка диска	1	120	1000
39	Лазерний комплекс Арамис	1	20	5000
40	Заточувальні і точильні, шліфувальні верстати ЗБ632	2	3	200
41	Заточувальні і точильні, шліфувальні верстати ЗБ642	2	7,5	200
42	Зубофрезерний верстати 5К32А	1	7	1000
43	Шліцефрезерная верстат 5350А	1	6,2	500
44	Зубофрезерний верстати 5К328А	1	16,8	1000
45	Різьбонарізний верстат 5Д07	2	2,4	500
46	вертикально фрезерний верстат 692Р-1	2	2,2	800
47	вертикально фрезерний верстат 6Д81Г	1	7	2000
48	вертикально фрезерний верстат ВМ127	2	14	1000
49	Компресор ПП 1,75	1	11	300
50	Компресор ЕПКУ 0,5/6	1	7,5	1000
51	Токарно револьверний верстат 1П365	4	22	500
52	Токарно револьверний верстат 1Г340П	2	22	500
53	Токарно револьверний верстат 1Е365БП	2	22	500
54	Токарно карусельний с-к 1512	1	22	2000
55	Радіально свердильний верстат 2а554	1	36	200
56	токарно-багаторізцевий верстат 1713	1	12	2000
57	Свердильно вертикальний верстат 2Н125	2	7,5	2000
58	Свердильно вертикальний верстат 2Н135	12	41	2000
59	Свердильно вертикальний верстат 2М112	3	7,5	1000

Освітлювальнеобладнання				
1	ДРЛ-400	18	0,4	1495,5
2	ДРЛ-700	420	0,7	1495,5
3	МГЛ-400	86	0,4	1495,5
4	LED	16	0,012	1495,5
5	ЛЛ	84	0,025	1495,5

Цех виробляє продукціюорієнтуючись запити ринку. Це означає що від структури замовлення залежить час роботи обладнання, яке задіяне при виробництві конкретного товару.

На рисунку 2.2 зображено структуру споживання електричної енергіїцехом №1



Рисунок 2.2– Структура споживання електричної енергії

2.3. Повірочний розрахунок навантажень об'єкту

Розрахуємо середню активну та реактивну потужності кожного обладнання за методикою[2]:

$$P_{c1} = p_1 \cdot n_1 \cdot k_e = 38,4 \cdot 1 \cdot 0,7 = 26,88 \text{ кВт}, \quad (2.1)$$

де n – кількість обладнання, p – навантаження обладнання, k_e – коефіцієнт використання обладнання.

$$Q_{c1} = P_1 \cdot \tan \phi_1 = 26,88 \cdot 0,75 = 20,16 \text{ квар}, \quad (2.2)$$

де $\tan \phi$ – коефіцієнт реактивного навантаження.

Знаходимо сумарну середню активну та реактивну потужність:

$$P_{c\Sigma} = \sum P_{ci} = 665,492 \text{ кВт}, \quad (2.3)$$

$$Q_{c\Sigma} = \sum Q_{ci} = 875,189 \text{ квар}, \quad (2.4)$$

Серед усіх споживачів цеху №1 знаходимо електроприймачі з максимальною та мінімальною потужностями і розраховуємо ефективне число споживачів:

$$\frac{P_{\text{німакс}}}{P_{\text{німін}}} = \frac{120}{1,8} = 66,67 < 3, \text{ тоді} \quad (2.5)$$

$$n_e = \frac{2 \cdot \sum P_{\Sigma i}}{P_{\text{німакс}}} = \frac{2 \cdot 2525,3}{120} = 42 \quad (2.6)$$

Визначаємо груповий коефіцієнт використання:

$$K_e = \frac{\sum P_{ci}}{\sum P_{\Sigma i}} = \frac{665,492}{2525,3} = 0,682 \quad (2.7)$$

Визначаємо $K_p = 0,682$

Знайдемо розрахункові активне, реактивне на шинах низької напруги трансформатора

$$P_p = \sum P_{ni} \cdot K_p = 665,492 \cdot 0,682 = 453,71 \text{ кВт}, \quad (2.7)$$

Оскільки ефективне число електроприймачів $n_e > 10$, то

					НТУУ001.8104.015 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_p = \sum Q_{ni} = 875.18 \text{ квар}, \quad (2.7)$$

Розраховуємо навантаження на ЩО.

$$P_o = \sum p_{л1} n_{л1} = 337.892 \text{ кВт} \quad (2.8)$$

$$Q_o = \sum p_{л1} n_{л1} \operatorname{tg} \phi_{л1} = 210.849 \text{ кВт} \quad (2.9)$$

$$P_{ни} = P_p + P_o = 453.71 + 337.892 = 791.6 \text{ кВт}, \quad (2.10)$$

$$Q_{ни} = Q_p + Q_o = 875.18 + 210.849 = 1086.04 \text{ кВт}, \quad (2.11)$$

Повну потужність визначаємо за формулою:

$$S_{ни} = \sqrt{P_{ни}^2 + Q_{ни}^2} = \sqrt{791.6^2 + 1086.04^2} = 1343,916 \text{ кВА} \quad (2.12)$$

Розраховуємо втрати в трансформаторі ТР1:

$$\Delta P_{тр.} = 0,03 \cdot S_p; \quad (2.13)$$

$$\Delta P_{тр} = 0.03 \cdot 1343,916 = 33,5981 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_{тр.} = 0,1 \cdot S_p; \quad (2.14)$$

$$\Delta Q_{тр} = 0.1 \cdot 1343,916 = 134,392 \text{ квар}$$

Знаходимо навантаження приведене до шин ВН:

$$P_{вн} = P_{ни} + \Delta P_{тр.}; \quad (2.15)$$

$$P_{вн} = P_{ни} + \Delta P_{тр} = 791.6 + 33,598 = 825,2 \text{ кВт}$$

$$Q_{вн} = Q_{ни} + \Delta Q_{тр.}; \quad (2.16)$$

$$Q_{вн} = Q_{ни} + \Delta Q_{тр} = 1086.04 + 134,392 = 1220,43 \text{ кВт}$$

$$S_{вн} = \sqrt{P_{вн}^2 + Q_{вн}^2}; \quad (2.17)$$

$$S_{вн} = \sqrt{825,2^2 + 1220,43^2} = 1473,229 \text{ кВА}$$

Зведемо отримані значення в таблицю 2.3.

2.4 Повірочний розрахунок системи внутрішнього електричного освітлення (приміщення)

Перевіримо виконання норм з освітленості у цеху №1. За табл. 1 ДБН В.2.5.-28-2006 розряд зорових робіт III б, при загальній системі освітлення має забезпечуватись 250 лк.

Приміщення має такі параметри: довжина – 30 м, ширина – 20 м, висота – 4,8 м, висота підвісу 1,6 м, висота робочої поверхні 0,8 м. Коефіцієнти відбиття становлять 50,30,10.

					НТУУ001.8104.015 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Характеристика системи загального освітлення: ДРЛ 400 світловий потік 24200лм(18 шт.)

Розрахуємо індекс приміщення:

$$i = \frac{a \cdot b}{(h - h_n) \cdot (a + b)} = \frac{30 \cdot 20}{(4,8 - 0,8 - 1,6) \cdot (30 + 20)} = 5 \quad (2.18)$$

Отримуємо значення коефіцієнта використання світлового потоку $\eta = 0,51$.

Приймаємо $kz = 1,3$, коефіцієнт нерівномірності $z = 1,1$

Розрахуємо освітленість:

$$E_{\Phi} = \frac{F_{\lambda} \cdot N \cdot \eta}{S \cdot k_3 \cdot z} = \frac{24200 \cdot 18 \cdot 0,51}{600 \cdot 1,3 \cdot 1,1} = 258,92_{\text{лм}} \quad (2.19)$$

Перевіримо на відповідність нормативу:

$$\delta = \frac{|E_{\Phi} - E_n|}{E_n} \cdot 100\% = \frac{|258,92 - 250|}{250} \cdot 100\% = 3,57\% < 5\% \quad (2.20)$$

Отже норми з освітленості виконуються.

2.5 Оцінка завантаженості ТП

Згідно з розрахунками сумарного електричного навантаження в п. 2.3, маємо таке значення повної потужності:

$$S_{pe} = 1473,229 \text{ кВА}$$

Розрахункова потужність трансформатора:

$$S_{T.p} = \frac{S_{зм}}{\beta}; \quad (2.21)$$

де β - коефіцієнт завантаження трансформатора.

$$S_{pe} = \frac{1473,229}{0,65} = 1964,3 \text{ кВА} \quad (2.21)$$

З початкових даних відомо, що встановлено трансформатор TORc 6300/6,5.

Оскільки, $S_{ном} > S_{T.p}$, $6300 > 1964,3$ тому цей трансформатор номінальної потужності підходить для даних об'єктів.

					НТУУ001.8104.015 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.6. Оцінка рівня компенсації реактивної потужності об'єкту

Компенсація реактивної потужності на заводі здійснюється статичними компенсуючими пристроями (КП) по низькій напрузі трансформатора. Загальна потужність 2800 кВар з них в автоматичному режимі працюють КП потужністю 1760 кВар.

Згідно розрахунку: $P_{\text{вн}} = 825,2 \text{ кВт}$, $Q_{\text{вн}} = 1220,43 \text{ кВт}$

Рекомендований $\text{tg}\phi_p = 0.25$

Розрахункова потужність конденсаторних батарей, необхідних для компенсації реактивної потужності цеху №1 знаходиться за формулою:

$$Q = Q_{\text{вн}} - P_{\text{вн}} \text{tg}\phi_p = 1220,43 - 825,2 \cdot 0,25 = 1014 \text{квар} \quad (2.22)$$

Фактична потужність конденсаторних батарей покриває розраховане навантаження.

2.7 Розрахунок основних складових для складання балансу споживання електричної енергії об'єкту у аналітичній формі

Розрахунок проводиться за формулами (2.1) та (2.16):

Річне споживання визначається за формулою:

$$A_B = P_c \cdot T_c = 1424.1 \cdot 318.2 = 453116 \text{ кВт} \quad (2,16)$$

Розрахунок річного споживання цеху наведено в таблиці 2.4.

					НТУУ001.8104.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Таблиця 2.4—Річне споживання електричної енергії

	Середня потужність, кВт	Середній час роботи	Річне споживання, кВт год
Компресорні установки	1424,1	318,2	453116
Випрямлячі	158,65	1400	222110
Плазмове різка	99	2000	198000
Верстати	167,412	1192,4	199622
Освітлення	337,892	1200	405470
Інше обладнання	86,4	532,7	46001,1

2.8 Оцінка стану та ефективності систем обліку та моніторингу споживання електричної енергії на об'єкті

На підприємстві проводиться технічний облік та наявна система АСКУЕ. Проведення систематичного аналізу споживання енергоресурсів не відбувається.

2.9. Розроблення типових заходів з енергоефективності для суттєвих споживачів електричної енергії

Ставка дисконту становить 7.5% згідно [4]

Оптимізація, системи освітлення

З метою зменшення витрат на освітлення пропонується замінити всі ДРЛ та МГЛ на LEDEUROLAMP200WE40 5500K 220V та LED EURO LAMP 400 WE40 5500K 220V[6].

Економія від впровадження заходу знаходить за формулою:

$$\Delta W = (P_{ДРЛ400} \cdot n_{ДРЛ400} + P_{ДРЛ700} \cdot n_{ДРЛ700} + P_{МГЛ400} \cdot n_{МГЛ400} - P_{LED} \cdot (n_{ДРЛ400} + n_{ДРЛ700} + n_{МГЛ400}))T =$$

$$= (400 \cdot 18 + 700 \cdot 420 + 400 \cdot 86 - 400 \cdot 420 - 200 \cdot (18 + 86)) = 146800 \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad (2.1)$$

$$E = T_{ел} \cdot \Delta W = 2,58 \cdot 146800 = 378744 \text{ грн/рік} \quad (2.2)$$

$$C = \sum C_{л} \cdot n = 3800 \cdot (18 + 86) + 6000 \cdot 420 = 3167200 \text{ грн} \quad (2.3)$$

В таблиці 2.5 приведені результати фінансового розрахунку.

					НТУУ001.8104.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Таблиця 2.5 – Фінансові показники реалізації заходу

Назва показника	Значення показника
Загальна вартість проекту (тис. грн.)	3167,2
Річна економія енергії (тис. кВт*год)	146,8
Річна економія витрат (тис. грн.)	378,744
Простий період окупності інвестицій, роки	8,36
Дисконтований період окупності, роки	13,65
NPV, тис.грн	693,90
IRR, %	10,26

Заміна двигунів компресорних установок

В цеху №1 знаходяться 11 компресорних установок..

Пропонується замінити приводи компресорів на нові більш енергоефективні [7]. Економія від впровадження заходу знаходить за формулою:

$$\Delta W = (P_1 - P_{1н}) \cdot n_1 \cdot T_1 + (P_2 - P_{2н}) \cdot n_2 \cdot T_2 + (P_3 - P_{3н}) \cdot n_3 \cdot T_3 =$$

$$= (188,4 - 160) \cdot 3 \cdot 300 + (165 - 160) \cdot 5 \cdot 400 + (186,8 - 160) \cdot 3 \cdot 200 = 51640 \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad (2.4)$$

$$E = T_{ел} \cdot \Delta W = 2,58 \cdot 51640 = 133231,2 \text{ грн} / \text{рік} \quad (2.5)$$

$$C = \sum C_n \cdot n = 187831,2 \cdot 11 = 2066143,2 \text{ грн} \quad (2.6)$$

В таблиці 2.6 приведені результати фінансового розрахунку.

Таблиця 2.6 – Фінансові показники реалізації заходу

Назва показника	Значення показника
Загальна вартість проекту (тис. грн.)	2066,1432
Річна економія енергії (тис. кВт*год)	51,64
Річна економія витрат (тис. грн.)	133,2132
Простий період окупності інвестицій, роки	15,51
Дисконтований період окупності, роки	не окупиться
NPV, тис.грн	-708,10
IRR, %	-

Усунення витоків в системі стисненого повітря

В цеху №1 прокладені повітропроводи, які сполучають компресори та системи що використовують стиснене повітря.

Пропонується перевірити повітропроводи на наявність витоків. Економія від даного заходу становитиме близько 10% [8].

$$\Delta W = W \cdot k = 428260 \cdot 0.1 = 42826 \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad (2.7)$$

$$E = T_{\text{ел}} \cdot \Delta W = 2,58 \cdot 42826 = 110491 \text{ грн} / \text{рік} \quad (2.8)$$

Ціна ремонтних робіт становить 500000 грн. В таблиці 2.7 приведені результати фінансового розрахунку.

Таблиця 2.7 – Фінансові показники реалізації заходу

Назва показника	Значення показника
Загальна вартість проекту (тис. грн.)	500
Річна економія енергії (тис. кВт*год)	42,826
Річна економія витрат (тис. грн.)	110,49108
Простий період окупності інвестицій, роки	4,53
Дисконтований період окупності, роки	5,74
NPV, тис.грн	626,40
IRR, %	21,66

Встановлення ЧРП.

Для регулювання продуктивності компресорів пропонується встановити ЧРП. Пропонується встановити 11 ЧРП[19]. Економія від даного заходу становитиме близько 20% [8].

$$\Delta W = W \cdot k = 428260 \cdot 0.2 = 856520 \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad (2.7)$$

$$E = T_{\text{ел}} \cdot \Delta W = 2,58 \cdot 856520 = 110491 \text{ грн} / \text{рік} \quad (2.8)$$

$$C = \sum C_{\text{л}} \cdot n = 110000 \cdot 11 = 1210000 \text{ грн} \quad (2.9)$$

В таблиці 2.8 приведені результати фінансового розрахунку.

Таблиця 2.8 – Фінансові показники реалізації заходу

Назва показника	Значення показника
Загальна вартість проекту (тис. грн.)	1210
Річна економія енергії (тис. кВт*год)	85,652
Річна економія витрат (тис. грн.)	220,98216
Простий період окупності інвестицій, роки	5,48
Дисконтований період окупності, роки	7,32
NPV, тис.грн	1042,80
IRR, %	17,54

Висновки до розділу 2.

В даному розділі було розглянуто систему електропостачання цеху №1 машинобудівного підприємства. Він живиться за схемою зображеною на рисунку 3.1. Було розраховано електричне навантаження та створено баланс.

Було запропоновано наступні заходи з енергоефективності:

- оптимізація системи освітлення;
- заміна двигунів компресорних установок;
- встановлення ЧРП;
- усунення витоків повітря.

З ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЛІ ТА ЗАХОДІВ З ЇЇ ПІДВИЩЕННЯ

3.1. Системи теплопостачання об'єкта та їх аналіз

Теплопостачання цеху відбувається з котельні підприємства. Стан котельні задовільний, коефіцієнт корисної дії котла вищий порівняно з середнім по Україні.

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

В цеху №1 немає споживачів палива та технологічних процесів які споживають теплову енергію.

3.3. Повірочний розрахунок теплових навантажень об'єкту (цеху)

Огороджувальні конструкції

Цех машинобудівного заводу знаходиться в Черкаській області - І температурна зона [3].

Стіни зроблено з червоної цегли товщиною 0,48 м. Стіни зсередини проштукатурено цементно-піщаним розчином 0,005 м.

Дах плоский із керамзитбетону товщиною 0,22 м.

Підлога виконана із залізобетону товщиною 0,22 м.

Непрозорі огороджувальні конструкції

Загальна площа зовнішніх стін складає $F_c = 4183,5 \text{ м}^2$.

Склад стіни:

червона цегла $\lambda = 0,7 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ товщина $\delta = 0,51 \text{ м}$;

розчин цементно-піщаний $\lambda = 0,93 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ товщина $\delta = 0,005 \text{ м}$;

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

					НТУУ 001.8104.015ПЗ		
Вим	Арк..	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Олешко В.О.			Енергетичний аудит системи теплопостачання житлового будинку	Літ	Аркуш
Перевір.		Буяк Н.А.					
Реценз.						29	25
Н. Контр.		Прокопенко І.Д.				ІЕЕ, гр. ОН-зп81	
Затвер.							

$$R = \frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_B}. \quad (3.1)$$

Підставимо значення у формулу (3.1):

$$R_{cm} = \frac{1}{23} + \frac{0,51}{0,7} + \frac{0,005}{0,93} + \frac{1}{8,7} = 0,678 \frac{m^2 K}{Bm}$$

Для І зони, значення мінімального термічного опору для стін за [3]:

$$R_{wmin} = 2,2 \frac{m^2 K}{Bm}; R_{cm} < R_{wmin}$$

Як бачимо, значення термічного опору не відповідає нормативному значенню, тому в майбутньому потрібно виконати утеплення фасадів.

Коефіцієнт теплопередачі стіни знаходиться за формулою:

$$k_{ct} = \frac{1}{R_{ct}}. \quad (3.2)$$

Підставимо значення у формулу (3.2):

$$k_{cm} = \frac{1}{0,678} = 1,474 \frac{Bm}{m^2 K}$$

Світлопрозорі огорожувальні конструкції

До світлопрозорих огорожувальних конструкцій цеху відносяться металопластикові вікна з подвійним склінням. Їх зовнішній вигляд зображено на рисунку 1.1. Термічний опір для пластикових вікон становить:

$$R_{\phi.пл.} = 0,42 \frac{m^2 K}{Bm}$$

Коефіцієнт теплопередачі пластикового вікна знайдемо за формулою (3.2):

$$k_{\phi.пл.} = \frac{1}{0,42} = 2,38 \frac{Bm}{m^2 K}$$

Для І зони значення мінімального термічного опору для вікон за [3]:

$$R_{\phi} = 0,5 \frac{m^2 K}{Bm}; R_{\phi} < R_{wmin}$$

Дані вікна мають трохи менший опір ніж потрібно.

					НТУУ001.8104.015 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дверні конструкції

Двері пластикові. Термічний опір дверей складає:

$$R_{\text{д.м.}} = 0,55 \frac{\text{м}^2 \text{К}}{\text{Вт}}$$

Коефіцієнт теплопередачі дверей знайдемо за формулою (3.2):

$$k_{\text{д.м.}} = \frac{1}{0,55} = 1,82 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{К}}$$

Для І зони значення мінімального термічного опору для дверей за [3]:

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

Термічний опір дверей трохи менший ніж нормативний.

Дах

Дах складається з наступних шарів:

- керамзитбетонні плити з $\lambda=0,45 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ товщиною $\delta=0,22 \text{ м}$;

Розрахуємо термічний опір даху за формулою (3.1):

$$R_{\text{дах}} = \frac{1}{23} + \frac{0,22}{0,45} + \frac{1}{8,7} = 0,647 \frac{\text{м}^2 \text{К}}{\text{Вт}}$$

Коефіцієнт теплопередачі даху знаходимо за формулою (3.2):

$$k_{\text{дах}} = \frac{1}{0,647} = 1,544 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{К}}$$

Для І зони, значення мінімального термічного опору для даху за [3]:

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

Робимо висновок, що значення термічного опору даху суттєво різниться з нормованим. Варто провести утеплення даху.

Підлога

Підлога виконана із залізобетонну $\lambda=2,04 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ та товщиною $\delta=0,22 \text{ м}$;

Розрахуємо термічний опір підлоги за формулою (3.1):

$$R_{\text{п}} = \frac{1}{6} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{1}{8,7} = 0,381 \frac{\text{м}^2 \text{К}}{\text{Вт}}$$

					НТУУ001.8104.015 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт теплопередачі підлоги визначається за формулою (3.2):

$$k_n = \frac{1}{0.381} = 2,621 \frac{Bm}{m^2 K}$$

Для II зони, значення мінімального термічного опору для підлоги за [3]:

$$R_n = 2,4 \frac{m^2 K}{Bm}; R_n < R_{w \min}$$

Термічний опір суттєво різниться з нормованим, необхідне утеплення підвального приміщення.

Визначення втрат теплоти для кожного виду огорожувальних конструкцій.

Втрати теплоти через зовнішні стіни визначаємо за формулою:

$$Q_{ст} = \sum K_{ст} \cdot F_{ст} \cdot (t_{вн} - t_{зовн}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n_{ст}. \quad (3.3)$$

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

Приймаємо, що розрахункова температура внутрішнього повітря $t_{вн} = 18^\circ C$, зовнішнього - $t_{з} = -21^\circ C$,

Площі стін мають наступні значення:

- площа стін ПН та ПД фасадів складає 326,4 м²;

- площа стін СХ та ЗХ фасадів складає 244,8 м²;

Підставимо значення у формулу (3.3):

$$Q_{cm} = 1,474 \cdot (326,4 \cdot (1,1 + 1) + 244,8 \cdot (1,05 + 1,05)) \cdot (18 - (-21)) \cdot 1 = 68,955 \text{ кВт} = 0,0593 \frac{Гкал}{год}$$

Визначимо втрати теплоти через вікна за формулою:

$$Q_{вік} = \sum K_{вік} \cdot F_{вік} \cdot (t_{вн} - t_{зовн}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n_{вік}. \quad (3.4)$$

Загальна площа вікон, що виходять на Пн, Пд – 57,6 м², на Зх, Сх – 43,2 м². Розраховуємо за формулою (3.4):

$$Q_{cm} = 2,38 \cdot (57,6 \cdot (1,1 + 1) + 43,2 \cdot (1,05 + 1,05)) \cdot (18 - (-21)) \cdot 1 = 19,648 \text{ кВт} = 0,0169 \frac{Гкал}{год}$$

Визначимо втрати теплоти через зовнішні двері за формулою:

$$Q_{дв} = \sum K_{дв} \cdot F_{дв} \cdot (t_{вн} - t_{зовн}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n_{дв}. \quad (3.5)$$

					НТУУ001.8104.015 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Загальна площа дверей, що виходять на Пн – 4,8 м², на Південь – 4 м².

Підставимо значення у формулу (3.5):

$$Q_{ст} = 1,182 \cdot (4,8 \cdot 1,1 + 4) \cdot (18 - (-21)) \cdot 1 = 0,427 \text{ кВт} = 0,000368 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}$$

Втрати теплоти через дах будинку визначаємо за формулою:

$$Q_{даху} = \sum K_{даху} \cdot F_{даху} \cdot (t_{вн} - t_{зовн}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n_{даху}. \quad (3.6)$$

Загальна площа даху складає 2400 м². Підставимо значення у формулу (3.6):

$$Q_{даху} = 1,544 \cdot 2400 \cdot (18 - (-21)) \cdot 1 = 144,518 \text{ кВт} = 0,124 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}$$

Втрати теплоти через підлогу визначаємо за формулою:

$$Q_{підвал} = K_{підвал} \cdot F_{підвал} \cdot (t_{вн} - t_{зовн}). \quad (3.7)$$

Загальна площа підлоги складає 2400 м². Підставимо значення у формулу (3.7):

$$Q_{підвал} = 2,621 \cdot 2400 \cdot (18 - (-21)) \cdot 1 = 245,325 \text{ кВт} = 0,211 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}$$

Отже, визначимо загальні втрати тепла через огорожувальні конструкції за формулою:

$$Q_{огор} = Q_{ст} + Q_{вік} + Q_{дв} + Q_{стелі} + Q_{підлоги}. \quad (3.8)$$

Підставивши значення у формулу (3.8) маємо:

$$Q_{огор} = 0,0593 + 0,0169 + 0,000368 + 0,124 + 0,211 = 0,412 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}$$

Розрахуємо витрати теплоти на вентиляцію будинку розрахуємо за формулою:

$$Q_{ВВ} = 0,337 \cdot h \cdot F_n \cdot (t_{В} - t_{Н}) \cdot n \quad (3.9)$$

Підставимо значення у формулу (3.9):

$$Q_{ВВ} = 0,337 \cdot 4,8 \cdot 2400 \cdot (18 - (-21)) \cdot 1 = 0,1514 \text{ МВт}$$

Теплові надходження

Для знаходження загального теплового навантаження будівлі треба прорахувати теплові надходження. Визначаються за формулою [4]:

					НТУУ001.8104.015 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{\text{НАД}} = Q_{\text{Л}} + Q_{\text{ЕЛ}} + Q_{\text{ОСВ}} + Q_{\text{ТО}} + Q_{\text{СЛ}} + Q_{\text{П}}, \quad (3.10)$$

де $Q_{\text{Л}}$ - від людей; $Q_{\text{ЕЛ}}$ - від електроустаткування і приладів; $Q_{\text{ОСВ}}$ - від освітлювальних приладів; $Q_{\text{ТО}}$ - від гарячих поверхонь теплообмінних апаратів та трубопроводів; $Q_{\text{СЛ}}$ - від сонячної радіації крізь скління; $Q_{\text{П}}$ - від сонячної радіації крізь плоскі покрівлі.

Надходження теплоти від людей визначається за формулою:

$$Q_{\text{Л}} = n \cdot q_{\text{я}}, \quad (3.11)$$

де $q_{\text{я}}$ – питома кількість явної теплоти, що виділяється однією людиною (таблиця 3.1), Вт/люд.;

n – кількість людей, які одночасно знаходяться в приміщенні.

Жінки виділяють 85% теплоти та вологи, а діти 75% теплоти та вологи, порівняно з чоловіками.

Надходження теплоти від людей за формулою (3.11) становить:

$$Q_{\text{Л}} = 87 \cdot (2 \cdot 0.85 + 87) = 7716,9 \text{ Вт}$$

Дані про теплове надходження від людей наведені в таблиці 3.1

Таблиця 3.1– Показники які виділяються дорослим чоловіком

Показники	Температура повітря в приміщенні, °C					
	10	15	20	25	30	35
В стані спокою						
Теплота:						
явна	140	116	87	58	41	12
прихована	23	29	29	35	52	81
повна	163	145	116	93	93	93
Волога	30	40	40	50	75	115
При легкій роботі						
Теплота:						
явна	151	122	99	64	41	6
прихована	29	35	52	81	104	139
повна	180	157	151	145	145	145
Волога	40	55	75	115	150	200

Тепло надходження від освітлювальних приладів визначаються за формулою [4]:

$$Q_{OCB} = N_{OCB} \cdot k_{OCB} \cdot k_{B.OCB}, \quad (3.12)$$

де N_{OCB} – сумарна потужність освітлювальних приладів, Вт;

k_{OCB} – коефіцієнт показує, яка частина електроенергії переходить в теплоту, що нагріває повітря в приміщенні;

$k_{B.OCB}$ – коефіцієнт використання світильників.

В будівлі освітлення відбувається за рахунок ДРЛ-400, ДРЛ-700, МГЛ-400, LED, ЛЛ. Тепловими надходженнями від ЛЛ та LED можна знехтувати.

$$Q_{OCB} = 400 \cdot 18 + 700 \cdot 420 + 400 \cdot 86) \cdot 0,3 \cdot 1 = 98880 \text{ Вт}$$

Тепло надходження від електричних приладів з високим рівнем віддачі теплоти визначаються за формулою [4]:

$$Q_{EL} = P_c \cdot \frac{T_{p.o.}}{T_p} \cdot k, \quad (3.13)$$

де P_c – середня потужність приладів, Вт;

k – коефіцієнт показує, яка частина електроенергії переходить в теплоту, що нагріває повітря в приміщенні;

$T_{p.o.}$ та T_o – тривалість роботи обладнання протягом опалювального періоду та тривалість опалювального періоду відповідно, год.

Тривалість опалювального періоду становить 175 днів для Чернівецької області [5].

Розраховуємо теплові надходження від кожного суттєвого електричного споживача за формулою (3.13), результат в таблиці 3.2:

$$Q_{пл.ел.} = 75,95 \cdot \frac{340}{24 \cdot 175} \cdot 0,8 \cdot 1000 = 4918,7 \text{ Вт}$$

					НТУУ001.8104.015 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.2 – теплові надходження електричного обладнання

Найменування	Середня потужність, кВт	Тривалість роботи за опалювальний період, год	Частка теплового надходження відносно споживання	Середні теплові надходження, Вт
Компресорні установки	75,95	340	0,8	4918,7
Преси	71,44	314	0,3	1602,3
Ножиці	5,92	750	0,05	52,9
Зварювальні апарати	9	534	0,15	171,6
Випрямлячі	158,65	1400	0,15	7932,5
Плазмова різка	99	2000	0,2	9428,6
Заточувальні верстати	27,6	2667	0,45	7886,7
Фрезерувальні верстати	3,392	200	0,35	56,5
Компресори	78,12	842	0,8	12529,0
Токарні верстати	2,688	650	0,35	145,6
Сердильні верстати	35,2	600	0,1	502,9
Інші верстати	98,532	1845	0,15	6492,6
Σ				51719,7

Теплові надходження від сонячної радіації крізь вікна протягом опалювального періоду визначаються за формулою:

$$Q_c = \xi_v \cdot \varepsilon_v (F_{Пн} \cdot I_{Пн} + F_c \cdot I_c + F_{Пд} \cdot I_{Пд} + F_z \cdot I_z), / T_{опал} \quad (3.14)$$

де ξ_v , – коефіцієнт, що враховують затінення вікон непрозорими елементами заповнення;

$I_{Пн}$, $I_{Сх}$, $I_{Пд}$, $I_{Зх}$ – середня величина сонячної радіації за опалювальний період (таблиця 3.3), що потрапляє на вертикальні поверхні, при дійсних умовах хмарності;

Таблиця 3.3 – Теплові надходження

Сумарна сонячна радіація за опалювальний період, кВт год/м ²	Поверхня				
	Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	горизонт
	68,9	82,2	126,1	201,4	243,3
	Пд	ПдЗх	З	ПнЗх	
	244,72	206,34	133,3	81,9	

I_{Γ} – середня величина сонячної радіації за опалювальний період на горизонтальну поверхню при дійсних умовах хмарності;

$\varepsilon_{В,-}$ – коефіцієнти відносного проникнення сонячної для світлопропускаючих заповнень вікон, що приймаються за паспортними даними відповідних світлопрозорих конструкцій; $F_{Пн}$, $F_{С}$, $F_{Пд}$, $F_{З}$ – площа світлових прорізів фасадів будинку, м²;

Знаходимо теплові надходження від сонячної радіації за формулою (3.14):

$$Q_C = 0.75 \cdot 0.65 \cdot (57,6 \cdot 68,9 + 57,6 \cdot 126,1 + 43,2 \cdot 244,72 + 43,2 \cdot 133,3) / (24 \cdot 175) = 3,2 \text{ кВт} = 3200 \text{ Вт}$$

Тепло надходження від сонячної радіації крізь плоскі покрівлі визначають за формулою [4]:

$$Q_{\Pi} = F_{\Pi} \cdot q_{\Pi} \cdot \frac{1}{R_{\Pi}^{\text{ПОТ}}}, \quad (3.15)$$

де F_{Π} , - площа покрівлі, м²;

q_{Π} - середня величина сонячної радіації на 1 м² покрівлі, Вт/м² (таблиця 3.3);

$R_{\Pi}^{\text{ПОТ}}$ - безрозмірний коефіцієнт, чисельно рівний опору теплопередачі

Таблиця 3.3 – Кількість сонячної радіації q_{Π} , Вт /м²

Характеристика покриття	Градуси географічної широти	q_{Π}
Плоске (без горища)	35	23
	45	21
	55	17,5
	65	13
З горищем	Для усіх широт	5,8

Тепло надходження від сонячної радіації за формулою (3.15):

$$Q_{\Pi} = 2400 \cdot 21 \cdot \frac{1}{0,647} = 77898 \text{ Вт}$$

Підставивши значення у формулу (3.10) знайдемо сумарні теплові надходження в цеху:

$$Q_{\text{над}} = 7716,9 + 98880 + 4918,7 + 3200 + 77898 = 192613,6 \text{ Вт}$$

Розрахункова теплова потужність знаходиться за формулою:

$$Q = Q_{\Sigma} + Q_{\text{вв}} - Q_{\text{над}}, \quad (3.16)$$

де Q_{Σ} та $Q_{\text{вв}}$ – максимальні втрати теплоти за опалювальний період, МВт.

Підставимо значення у формулу (3.16):

$$Q = 479,07 + 151,4 - 192,613 = 437,857 \text{ кВт}$$

3.4. Оцінка стану теплової ізоляції огорожувальних конструкцій будівлі об'єкту

Зовнішні стіни зроблено з червоної товщиною 0.48 м. Стан стін задовільний. В цеху встановлені металопластикові вікна з подвійним склінням заповнені повітрям. Дахи будівлель плоскі виконані з керамзитбетонних блоків. Приведений опір теплопередачі всіх огорожувальних конструкцій не відповідає вимогам [3].

3.5. Оцінка стану теплової ізоляції розподільних тепломереж об'єкту

Трубопроводи системи опалення та ГВП ізольовані, стан задовільний.

3.6. Розрахунок основних складових для складання балансу споживання теплової енергії об'єкту у аналітичній формі

Результати розрахунків зведено до таблиці 3.4 та діаграми зображеної на рисунку 3.1 та 3.2.

Таблиця 3.4 – Тепловий баланс

№ з/п	Статті балансу	Обсяги виробництва і споживання теплової енергії, Гкал/рік	Частка від надходження, %
	Всього	1171,53	100%
Надходження			
1	газові котли	475,809	40,61%
2	від людей	7,717	0,66%
3	від ел. приладів	98,88	8,44%
4	від освітлення	4,918	0,42%
5	від сонячної радіації	81,098	6,92%
Втрати та витрати			
1	стіни	111,7601	9,54%
2	вікна	31,84487	2,72%
3	двері	0,692068	0,06%
4	підлога	234,2303	19,99%
5	дах	397,6152	33,94%
6	труби	43,38989	3,70%
7	вентильованість	245,3845	20,95%
8	ГВП	106,61	9,10%

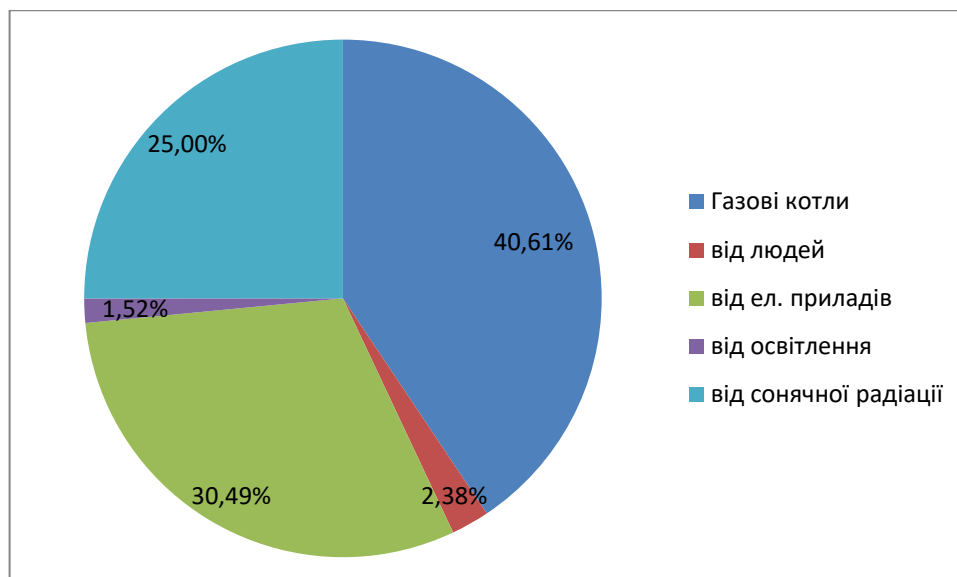


Рисунок 3.1 – Теплові надходження

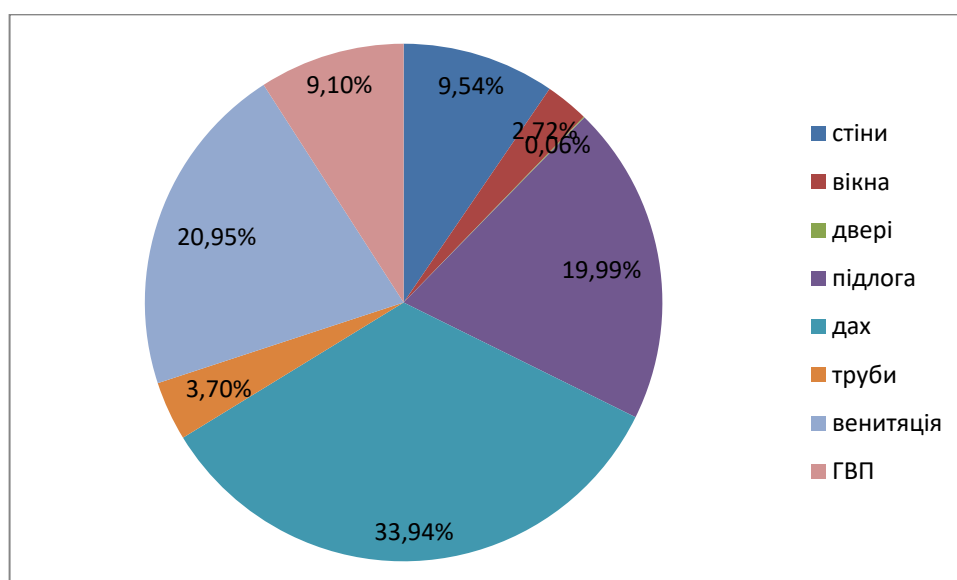


Рисунок 3.2 – Теплові втрати та витрати

3.7. Оцінка ефективності роботи джерела теплової енергії (власна котельня)

Для опалення та ГВП цеху використовуються газові котли КСВа-3,15 ГС "ВК-22" що знаходяться в котельні підприємства.

Перелік газоспоживаючих установок, які використовуються для опалення, вентиляції та гарячого водопостачання будівель станом на травень 2021 року приведені у таблиці 3.5.

Таблиця 3.5–Перелік споживачів газу, які використовуються для опалення цеху 1

Назва котла	Продуктивність, кВт	ККД, %	Кількість, шт	Температура вихідних газів, °С	Максимальна температура теплоносія, °С
Газовий котел КСВа-3,15 ГС "ВК-22"	100	90	3	190	95

Газові котли КСВа-3,15 ГС "ВК-22" використовуються для потреб опалення та ГВП. Загальний вигляд газового котла КСВа-3,15 ГС "ВК-22" зображено на рисунку 3.3. Технічний стан котлів – відмінний.



Рисунку 3.3 – Газовий котел КСВа-3,15 ГС "ВК-22"

3.8. Оцінка стану та ефективності систем обліку та моніторингу споживання теплової енергії на об'єкті

На даний час на всьому підприємстві установлені комерційні прилади обліку, які дозволяють контролювати споживання активної і реактивної енергії, споживання природного газу та води.

3.9. Розроблення типових заходів з енергоефективності для суттєвих споживачів теплової енергії

Природний газ використовується для опалення та підігріву води на ГВП. Тариф на природний газ становить 7,89 грн/м³

					НТУУ001.8104.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Модернізація фасадів будівель

Оскільки стіни цеху виконані лише з цегли, їх термічний опір низький та не відповідає вимогам [3]. Тому пропонується виконати утеплення мінеральною ватою.

Для дотримання нормативних значень опору теплопередачі пропонується провести утеплення стін системою скріпленої теплоізоляції [9].
Ціна – 630 грн. за 1 м².

Розріз багатошарового огородження представлено на рисунку 3.4.



Рисунок 3.4 – Вигляд теплоізоляції.

Економія витрат від впровадження заходу буде становити:

$$\Delta Q = Q_{cm} \cdot \left(1 - \frac{R_{cm1}}{R_{cm2}}\right) = 111,761 \cdot \left(1 - \frac{0,678}{3,63}\right) = 90,886 \text{ Гкал/ рік} \quad (3.17)$$

Це рівне 11360 м³ газу, що в грошовому еквіваленті становить 89637 грн.

Ціна робіт по всій площі фасаду (1142,4 м²) становить 719712 грн.

Результати фінансового розрахунку представлені в таблиці 3.6

Таблиця 3.6 – Фінансові показники реалізації заходу

Назва показника		Значення показника
Загальна вартість проекту (тис. грн.)		719,712
Річна економія енергії (Гкал)		90,886
Річна економія витрат (тис. грн.)		89,637
Простий період окупності інвестицій, роки		8,03
Дисконтований період окупності, роки		12,75
NPV, тис.грн		194,09
IRR, %		10,87

Утеплення даху

Чимало теплових втрат відбувається через дах. Тому утеплення даху зекономить чимало коштів. Пропонується утеплити дах мінеральною ватою 100 мм Izovat [10]. Ціна – 330 грн. за 1 м². Гіпсокартон [11]

Загальна площа даху складає 2400 м². Орієнтовна вартість заходу приведена в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 - Орієнтовна вартість утеплення даху

Складові витрат по проекту	Ціна на 1м ² , грн.	Загальна вартість, грн.
Розпірний дюбель (металевий) 10х180мм	23,16	55584
Мінеральна вата Izovat 145	330	792000
Монтаж утеплювача	200	480000
Гіпсокартон	65	156000
Разом	618,2	1483584

Економія від заходу становить:

$$\Delta Q = Q_{\text{дах}} \cdot \left(1 - \frac{R_{\text{дах1}}}{R_{\text{дах2}}}\right) = 245,325 \cdot \left(1 - \frac{0,647}{0,647 + \frac{0,1}{0,036}}\right) = 198,978 \text{ Гкал/ рік} \quad (3.17)$$

Це рівне 24872 м³ газу, що в грошовому еквіваленті становить 196243 грн.

Розрахунок економічних показників реалізації заходу приведено в таблиці 3.8

Таблиця 3.8 – Розрахунок економічних показників реалізації заходу

Назва показника	Значення показника
Загальна вартість проекту (тис. грн.)	1483,584
Річна економія енергії (Гкал)	198,978
Річна економія витрат (тис. грн.)	196,243
Простий період окупності інвестицій, роки	7,56
Дисконтований період окупності, роки	11,58
NPV, тис.грн	517,01
IRR, %	11,81

Утеплення підлоги

Утеплення пропонується використати гравій керамзитовий (400 кг/м³) 950 грн/м³ = 95грн/м² товщиною 100мм [12] та керамзитбетон на керамзитному піску (1000кг/м³) – ціна 1200 грн/м³ = 120грн/м² товщиною 100 мм [13]. Площа підлоги становить 2400 м², вартість робіт – 150 грн/м² отже капітальні витрати становлять 876000 грн.

$$\Delta Q = Q_n \cdot \left(1 - \frac{R_{n1}}{R_{n2}}\right) = 144,518 \cdot \left(1 - \frac{0,381}{0,381 + 0,714 + 0,244}\right) = 70,79 \text{ Гкал/ рік}$$

Це рівне 8849 м³ газу, що в грошовому еквіваленті становить 69817 грн.

Результати фінансового розрахунку представлені в таблиці.3.9

Таблиця 3.9 – Економічні показники реалізації заходу

Назва показника	Значення показника
Загальна вартість проекту (тис. грн.)	876
Річна економія енергії (Гкал)	70,79
Річна економія витрат (тис. грн.)	69,817
Простий період окупності інвестицій, роки	12,55
Дисконтований період окупності, роки	Не окупається
NPV, тис.грн	-164,25
IRR, %	4,92

Модернізація системи вентиляції

Для забезпечення нормованого повітрообміну та умов внутрішнього мікроклімату, які відповідає санітарно-гігієнічним нормам, було запропоновано встановити вентиляційні системи з рекуперацією теплоти Рекуператор Прана (Prana) 250[18]. Ціна становить – 19128 грн. Необхідний вентилявану продуктивність знаходимо за формулою:

$$v = V \cdot n = 9216 \cdot 1 = 9216 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

Знайдемо кількість рекуператорів при продуктивності 600м³/год:

$$N = \frac{v}{p} = \frac{9216}{600} = 16$$

					НТУУ001.8104.015 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta Q_{BB} = Q_{BB} \cdot \left(1 - \frac{t_{\text{en}} - \frac{t_{\text{en}} + t_{\text{зв}}}{2}}{t_{\text{en}} - t_{\text{en}}}\right) = 245,3845 \cdot \left(1 - \frac{18 - \frac{18 + (-21)}{2}}{18 - (-21)}\right) = 141,568 \text{ кал}$$

Це рівне 17696 м³ газу, що в грошовому еквіваленті становить 139621 грн. Вартість встановлення наведена в таблиці 3.10.

Таблиця 3.10 – Вартість встановлення системи Prana 250.

Найменування статті витрат	Ціна за одиницю, грн.	Загальні інвестиції по проекту, грн.
Вартість установки, грн./шт.	19128	306048
Монтаж, шт.	700	11200
Разом:		317248

Результати фінансового розрахунку представлені в таблиці 3.11

Таблиця 3.11 – Економічні показники реалізації заходу

Назва показника	Значення показника
Загальна вартість проекту (тис. грн.)	317,248
Річна економія енергії (Гкал)	141,568
Річна економія витрат (тис. грн.)	139,621
Простий період окупності інвестицій, роки	2,27
Дисконтований період окупності, роки	2,59
NPV, тис. грн	1106,12
IRR, %	43,98

В таблиці 3.12 наведено фінансові показники всіх заходів.

Таблиця 3.12 – Зведена таблиця результатів фінансових показників реалізації заходу

	Загальна вартість проекту (тис. грн.)	Річна економія витрат (тис. грн.)	Простий період окупності інвестицій, роки
Утеплення даху	1483,584	196,243	7,56
Утеплення стін	719,712	89,637	8,03
Утеплення підлоги	876	69,817	12,55
Модернізація системи вентиляції	317,248	133,273	2,38

Висновки до розділу 3.

Було проведено аналіз огорожувальних конструкцій цеху №1. Їх термічні опори не відповідають вимогам, тому було запропоновано провести утеплення даху фасадів та підлоги, модернізацію системи вентиляції (ТО – 8, 7.56, 12.55, 2.38 років відповідно)..

Розглянуто агрегати, що виробляють теплову енергію. ККД газових котлів задовільні.

Також було розглянуто тепловтрати та теплові надходження і створено баланс теплової енергії.

4 СИСТЕМА ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ ОБ'ЄКТУ

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

Система енергетичного менеджменту на підприємстві відсутня.

4.2. Визначення базового рівня споживання електроенергії та показника(ів) енергоефективності на рівні всього об'єкту

Для розрахунку базового рівня споживання ПЕР рекомендується розглянути наступні впливові фактори:

- Споживання електроенергії, кВт год.
- Споживання стисненого повітря.

Через відсутність інформації про щомісячне виробництво кожного виду продукції створення базового рівня можливе лише по рокам і має низьку точність. Розрахунок базового рівня споживання виконано в MS EXCEL (таблиці 4.1).

Таблиця 4.1 Розрахунок базової лінії для всієї продукції та для плугів

	Річне спож. Ел. ен. (x), кВт	Річне спож. стисн. пов. (y), м ³ /год	Загальна кількість продукції, (N)	Плуги, (n)
2018	2344007	2217	1110	182
2019	2320792	2199	1127	198
2020	2293008	2172	1128	137
	N(x)	N(y)	n(x)	n(y)
a=	-0,000342662	-0,371345029	0,000924984	1,09942
b=	1916,392595	1937,140351	-1972,953723	-2241,98
R ²	0,748064613	0,691282359	0,557631825	0,61986

4.3. Представлення «Енергетичної політики» підприємства

Енергетична політика – це офіційно затверджений документ, який декларує зобов'язання та задає напрям для реалізації та вдосконалення енергоефективності СЕНМ. Енергетична політика може бути розроблена або

					НТУУ 001.8104.015ПЗ			
Вим	Арк..	№ докум.	Підпис	Дата	Система енергетичного менеджменту			
Розроб.	Олешко В.О.							
Перевір.	Чернявський А.В.							
Реценз.								
Н. Контр.	Прокопенко І.Д.							
Затвер.					ІЕЕ, гр. ОН-зп81			
					Літ	Аркуш	Аркушів	
						47	25	

до, або після початкового енергетичного аналізу. Але дані, отримані під час проведення енергетичного аналізу, не мають суперечити енергетичній політиці. В загальному стандарт ISO 50001 встановлює наступні вимоги до енергетичної політики: – відповідати намірам організації; – бути основою для встановлення та перегляду цілей і завдань; – містити зобов'язання щодо наявності інформації й необхідних ресурсів для досягнення поставлених цілей і завдань; – містити зобов'язання щодо постійного підвищення рівня енергорезультативності; – містити зобов'язання відповідати законодавчим та іншим вимогам; – сприяти здійсненню закупівель енергетичнооефективної продукції та послуг і врахування, поліпшення енергетичної результативності при проектуванні. [14]

4.4. Планування впровадження заходів з енергоефективності

При плануванні своєї діяльності з впровадження, підтримки та удосконалення СЕНМ організація повинна розглянути свій контекст (умови) та потреби і очікування зацікавлених сторін з метою узгодження діяльності бізнес процесів організації і їх впливу на рівень енергорезультативності. Така оцінка допоможе виявити всі Ризики та Можливості, які можуть виникнути при впровадженні і функціонуванні СЕНМ. При їх визначенні необхідно враховувати межі дії СЕНМ та ті ризики і можливості, що пов'язані з ідентифікацією небезпек, оцінку ризиків і встановлення заходів з управління ними, а також ідентифікацію джерел енергії та інших параметрів, що впливають на ЕнВ. Як правило, ризики та можливості можна розділити на зовнішні та внутрішні і легко визначити провівши SWOT-аналіз. До зовнішніх (як ризиків так і можливостей) можуть відноситись зобов'язання дотримання законодавчих та інших вимог, які можуть надавати організації в разі їх виконання певних переваг. До внутрішніх (як ризиків так і можливостей) можуть відноситись якість оперативного обслуговування, оптимізація енергоспоживання, навчання та інші організаційні заходи, які можуть надавати організації в разі їх виконання певних переваг.[14]

					НТУУ001.8104.015 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки до розділу 4

Система енергетичного менеджменту об'єкту відсутня. Це обумовлено стадією становлення підприємства з ускладненням організаційного і технічного характеру.

Базовий рівень споживання підприємства не було визначено. Це пояснюється великою різноманітністю продукції та відсутністю даних по затратам енергоресурсів на виробництво кожного окремого найменування продукту.

Основою енергетичної політики підприємства має стати впровадження системи енергетичного менеджменту, спираючись на очевидні переваги, які вона .

					НТУУ001.8104.015 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

5.1 Обґрунтування застосування відновлюваних джерел енергії на об'єкті.

Мета даного заходу - створення на території підприємства сонячних електростанцій (СЕС) на дахах будівель для виробництва електроенергії на власні потреби.

Можливості щодо використання енергії сонця представлені на рисунку 5.1[15].

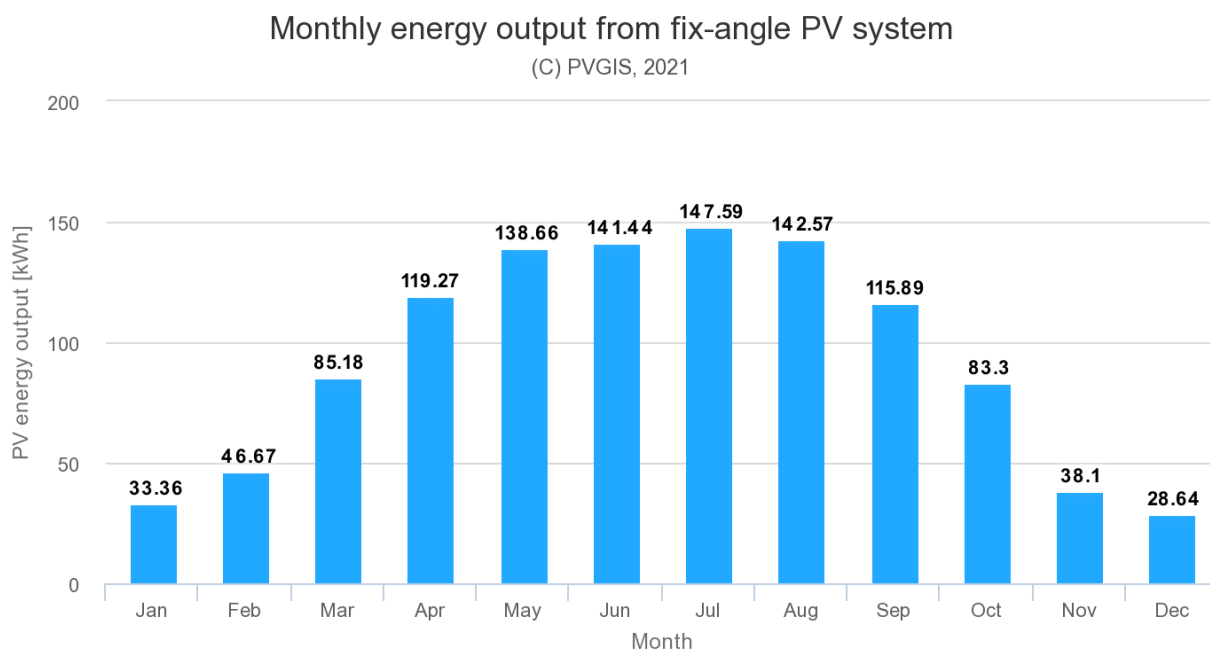


Рисунок 5.1 – Сонячна інсоляція в Черкаській області

Зовнішній вид сонячних панелей приведений на 5.2.

					НТУУ 001.8104.015ПЗ								
Вим	Арк..	№ докум.	Підпис	Дата									
Розроб.		Олешко В.О.			Оцінка можливості застосування вторинних та відновлюваних джерел енергії на об'єкті			Лім		Аркуш		Аркушів	
Перевір.		Чернявський А.В.								50		25	
Реценз.								ІЕЕ, гр. ОН-зп81					
Н. Контр.		Прокопенко І.Д.											
Затвер.													



Рисунок 5.2 – Сонячні фотоелектричні панелі

Переваги сонячних фото електростанцій:

- Висока надійність при тривалому (до 25 - 30 років) ресурсі роботи;
- Для будівництва підходять дахи та фасади будівель;
- Відсутня необхідність використання будь-яких видів палива;
- У складі електростанції зазвичай відсутні рухомі частини, які шумлять і зношуються;
- Немає необхідності в проведенні трудомісткого технічного обслуговування;
- Можливість продажу в мережу.

Враховуючи особливості конструкції даху та його площу, правил пожежної та інших видів безпеки, можна встановити на даху виробничого корпусу №1.

Технічні характеристики СЕС [16], сонячні модулі якої можна встановити на дах виробничого корпусу №1 приведені в таблиці 5.1

					НТУУ001.8104.015 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.1 – Технічні характеристики дахової СЕС

Найменування	Показник
Встановлена електрична потужність	343,333кВт
Номінальна потужність фотомодуля	280 Вт
Площа поверхні	2000 м ²
Площа модуля 1650 мм x 995 мм	1,63м ²
Гарантія на продукцію	до 15 років
Гарантія на вироблену потужність	25 років
Втрата потужності	до 30%
Кут нахилу модуля	15°
Тип підключення	Загальна мережа
Вид фотоелектричних систем	Установлені на дахах будівель
Вихідна потужність електростанції	1720 кВт·год/добу

Отже при вихідній потужності станції в 1720 кВт·год/добу, орієнтовне річне виробництво електроенергії становитиме 619,2 тис. кВт·год [17].

Середня питома вартість будівництва СЕС з усім переліком технологічного обладнання та необхідних робіт становить 1,12 € на 1 Вт встановленої потужності, отже загальна вартість проекту становитиме 384,533 тис. € (12,716 млн. грн. за курсом Нацбанку на 08.06.2021 р. 1 євро коштував 33,07 грн.). Тариф на електроенергію становить 2,58 грн/кВт·год.

Також, необхідно врахувати затрати на технічне обслуговування, яку приймемо в розмірі ,0,05 % від ціни виробленої енергії.

Таблиця 5.2 – Економічні показники реалізації заходів з використання виробленої електроенергії на власні потреби підприємства

Назва показника	Значення показника
Загальна вартість проекту (тис. грн.)	12716
Річна економія енергії (тис кВт*год)	619,2
Річна економія витрат (тис. грн.)	1597,5
Простий період окупності інвестицій, роки	7,96
Дисконтований період окупності, роки	13,7
NPV, тис.грн	2755
IRR, %	10,234

Детальний розрахунок представлений в додатку А.1.

Висновки до розділу 5

Було запропоновано встановлення СЕС. Простий період окупності становить 7,96 років. Проект довго окупається, але враховуючи прогнозне стрімке подорожчання на традиційні енергоресурси, захід проявить більшу фінансову ефективність в майбутньому..

Іншим фактором в підтримку проекту впровадження дахової СЕС являється підвищення рівня надійності підприємства шляхом впровадження нового джерела енергопостачання.

					НТУУ 001.8104.015ПЗ							
Вим	Арк..	№ докум.	Підпис	Дата	Охорона праці та пожежна безпека під час модернізації компресорів			Лім	Аркуш	Аркушів		
Розроб.		Олешко В.О.								54	10	
Перевір.		Третьякова Л.Д.						ІЕЕ, гр. ОН-зп81				
Реценз.												
Н. Контр.		Прокопенко І.Д.										
Затвер.												

6.2 Перелік робіт та склад бригади

Роботи виконуються в будь-яку пору року протягом 1 зміни.
Послідовність робіт наведена в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2—Послідовність виконання робіт

Вид робіт	Період виконання робіт і тривалість	Кількісний склад бригади	Група з електробезпеки
Вимкнення напруги	До завершення робіт	2 осіб	IV
Організація додаткового заземлення;	До завершення робіт	5 осіб	IV
Доставка обладнання на об'єкт	2 - 5 годин	6 осіб	-
Демонтаж старого двигуна	Одноразово, 1 зміна	8 осіб	IV
Монтаж двигуна	Одноразово, 1 зміна	8 осіб	IV
Пусконаладжувальні роботи обладнання	Одноразово, 1 зміна	5 осіб	IV
Відключення додаткового заземлення та ввід в експлуатацію	По завершенню робіт	5 осіб	IV

6.3 Аналіз умов праці на робочих місцях електротехнічних працівників

Під час виконання робіт для працівників визначаються показники умов праці, надані в таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Чинники умов праці та їх кількісні показники

Найменування чинника	Основні характеристики	Числове значення показника
Параметри мікроклімату	Температура повітря Вологість	18-24°C 50-60 %
Важкість праці	Переміщення вантажів Робоче положення Статичні та динамічні навантаження Категорія робіт	До 25 кг «стоячи», «стоячи зігнувшись» До 55Вт, II категорія

Продовження таблиці 6.3

Напруженість праці	Тривалість зосередженого спостереження Тривалість активних дій Змінність Напруженість органів чуття: зір Категорія	30 % робочого часу 60 % робочого часу 3 зміни, 8 годин 30 % робочого часу II категорія
Шум	Рівень шуму Індекс ізоляції повітряного шуму	До 70 дБ 50 дБ
Запиленість і загазованість на виробництві	гранично допустимі концентрації (ГДК) шкідливих речовин в повітрі	0,05мг/м ³
Напруга	Фактичне значення	380 В

6.4 Визначення небезпек для працівників на робочих місцях

Небезпечні і шкідливі виробничі чинники при виконанні робіт із заміни двигунів наведено в таблиці 6.4.

Таблиця 6.4– Перелік небезпечних і шкідливих виробничих чинників

Категорія небезпек	Найменування небезпеки	Оцінка рівня ризику	Рівень ймовірності нещасного випадку	Група ризику
<i>Фізичні</i>	Вібрація, яка впливає на працівника	Значний	Імовірний	III
	Шум	Значний	Імовірний	III
	Рухомі механізми і транспорт	Значний	Імовірний	III
	Напруженість електричного поля	Не значний	Малоймовірний	III
<i>Хімічні</i>	відсутні			
<i>Біологічні</i>	відсутні			

Інші	Важкість праці	Високий	Високо ймовірний	II
	Незручні робочі положення	Значний	Високо ймовірний	III
	Напруженість праці	Значний	Імовірний	II

6.5 Вибір технічних засобів і заходів безпеки робіт в енергоустановках

До технічних заходів безпеки відносяться

- вимкнення напруги;
- встановлення захисних заземлень;
- маркування кабелів.

До організаційних заходів безпеки відносяться

- призначення працівників, відповідальних за безпечне проведення робіт;
- видавання наряду або розпорядження;
- підготовка робочого місця та допуск до роботи;
- нагляд під час виконання роботи;
- оформлення перерв у роботі та її закінчення.

Перед виконання робіт працівників необхідно забезпечити засобами індивідуального захисту [23], наведеними нище (таблиця 6.5).

Таблиця 6.5 – Засоби індивідуального захисту

Вид	Період випробування	Призначення	Документи, де прописані вимоги до ЗІЗ
напів-комбінезон	12 місяців	робочий одяг, захищає від механічних впливів	ДСТУ 7239:2011
Рукавички діелектричні	5 робочих змін	Захист від механічних ушкоджень та електричних	ДСТУ EN 60903:2017

Діелектричне взуття	6 місяців	Захист електричних ушкоджень	ДСТУ EN 50321:2015
Засоби захисту голови	Каска «Універсал»	для захисту голови від механічних пошкоджень	ДСТУ EN 397:2017

Перевірку наявності напруги здійснюють мультиметром.

6.6 Заходи пожежної безпеки

Виробництва, пов'язані з переробкою твердих негорючих матеріалів в розігрітому або розплавленому стані відносяться до категорії «Г» машинобудівних підприємств з вибухо-пожежної небезпеки.[24]

Пожежна безпека виробництві включає в себе:

- мінімізації ризику виникнення пожеж;
- забезпечення наявності технічних засобів гасіння пожежі;
- контроль дотримання протипожежних вимог і норм законодавства,
- розробка і впровадження регламентів по гасінню пожеж, евакуації;
- навчання співробітників правилам пожежної безпеки та дій в надзвичайних ситуаціях.

Відповідно до норм з пожежної безпеки на енергетичних об'єктах цех має бути обладнаний вогнегасниками та автоматичною системою пожежого гасіння.

6.7 Розрахунок технічного заходу з безпеки експлуатації

Розрахуємо кількість вогнегасників цеху [25]. Для забезпечення пожежної безпеки рекомендується використовувати порошковий вогнегасник ВП-6 (рисунок 6.1). Виходячи з площі цеху 2400 м² необхідно 24 вогнегасники.



Рисунок 6.1 Зовнішній вигляд вогнегасника ВП-6

Висновки до розділу 6

У цьому розділі розглянуто охорону праці та пожежну безпеку під час заміни електродвигунів компресорних установок. Було розглянуто чинники умов праці та можливі небезпеки з метою впровадження заходів з охорони праці. Зазначено кількість працівників в групі та їх кваліфікацію. Визначені технічні та організаційні заходи безпеки під час робіт, Обрано тип вогнегасників та необхідну їх кількість.

					НТУУ001.8104.015 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		

ВИСНОВКИ

Результатом виконання дипломного проєкту є енергетичний аудит цеху машинобудівного заводу. До споживачів електричної енергії цеху відносяться різного роду верстати, електричні установки, освітлення та окрему увагу було приділено компресорним установкам. Великі розміри цеху потребують великої кількості теплоти на опалення.

1. Проведено розрахунок електричного навантаження цеху, складено баланс споживання електроенергії. Аналіз балансу показав потужних споживачів, на яких слід звернути увагу та створити для них заходи з енергоефективності. До цих споживачів відносяться система освітлення та компресори.

2. Проведено розрахунок теплового навантаження цеху, складено баланс втрат та витрат теплової енергії. Аналіз балансу показав огорожувальні конструкції, через які відбувається найбільше втрат та для яких потрібно створити заходи з енергоефективності. До цих огорожувальних конструкцій відносяться стіни дах та підлога.

3. Було перевірено наявність СЕНМ – її ознаки відсутні. Вхідних даних не достатньо для створення базової лінії. Розглянуто можливу енергетичну політику підприємства та порядок дій при впровадженні заходів з енергоефективності.

4. Запропоновано використання сонячних панелей для часткового покриття потреби на електроенергію.

5. З метою охрони праці та пожежної безпеки при заміні двигунів компресорних установок було переглянуто нормативні документи які регулюють це питання. Також передбачено можливі небезпеки, які можуть статися з робітниками що їх замінюють.

					НТУУ001.8104.015 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ПОСИЛАНЬ

- 1) ПРАКТИЧНИЙ ПОСІБНИК З ЕНЕРГЕТИЧНОГО АУДИТУ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ / А. Чернявський, А. Сафьянц, Н. Усенко, О. Соловей, О. Бориченко, П. Пертко, Ю. Шишко, А. Гоєнко// За загальною редакцією Н. Усенко та А. Чернявського. – К.: Проект «Консультування підприємств щодо енергоефективності» Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH за дорученням Федерального міністерства економічного співробітництва та розвитку Німеччини (BMZ), 2020. – 280 с
- 2) Давиденко В.А. Методичні вказівки до самостійної роботи з навчальної дисципліни «Системи електропостачання»: / Давиденко В.А., Давиденко Н.В. – Рівне: НУВГП, 2018. – 32 с.
- 3) ДБН В.2.6-31:2006 Теплова ізоляція будівель. Вид. офіц. Київ: Державні норми України, 2006. 37 с.
- 4) Облікова ставка Національного банку [електронний ресурс] .– Режим доступу: <https://bank.gov.ua/ua/monetary/stages/archive-rish> (дата звернення: 04.03.2021)
- 5) ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Будівельна кліматологія. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 2010. 130 с.
- 6) Електронний магазин Rozetka, діодні лампи [електронний ресурс] .– Режим доступу: <https://rozetka.com.ua/153436935/p153436935/characteristics/> (дата звернення: 04.06.2021)
- 7) Електронний магазин systemax, трифазні асинхронні двигуни [електронний ресурс] .– Режим доступу: <https://systemax.ua/ua/elektrosvigateli/trehfaznye-obshepromyshlennye-elektrosvigateli/air/> (дата звернення: 04.06.2021)
- 8) Прокопенко В.В. Енергетичний аудит з прикладами та ілюстраціями: навчальний посібник / Прокопенко В.В., Закладний О.М., Кульбачний П.В. – К. : Освіта України, 2008. – 438 с.

					НТУУ001.8104.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

- 9) Електронний магазин Газобетон, термомодернізація фасадів [електронний ресурс] .– Режим доступу:<https://gazobeton.org/uk/economy> (дата звернення: 04.06.2021)
- 10) Електронний магазин Ізоват, мінеральна вата [електронний ресурс] .– Режим доступу: https://apolis.in.ua/mineralnaja_vata_izovat/izovat_145 (дата звернення: 04.06.2021)
- 11) Електронний магазин Айбуд, гіпсокартон [електронний ресурс] .– Режим доступу:<https://ibud.ua/ua/r36-kiev/c191-gipsokarton>(дата звернення: 04.06.2021)
- 12) Електронний магазин Флагма, керамзит пісок [електронний ресурс] .– Режим доступу: <https://flagma.ua/uk/keramzitovy-pesok-so1393050-1.html> (дата звернення: 04.06.2021)
- 13) Електронний магазин Гудбуд, керамзитбетон [електронний ресурс] .– Режим доступу: <https://gud-bud.ibud.ua/ua/company-prais/keramzit-fraktsiya> (дата звернення: 04.06.2021)
- 14) Керівництво з впровадження системи енергетичного менеджменту відповідно до вимог міжнародного стандарту ISO 50001:2018 / О. Бориченко, Є. Іншеков, П. Пертко, О. Соловей, А. Чернявський.// Під редакцією Є. Іншекова та А. Чернявського. – UNIDO: ПроєктUNIDO-GEFUKR-IEE, 2021. – 130 с.
- 15) PVGIS, сонячна інсоляція [електронний ресурс] .– Режим доступу:https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/#PVP (дата звернення: 04.06.2021)
- 16) Atmosfera, каталог сонячних панелей [електронний ресурс] .– Режим доступу: <https://www.atmosfera.ua/uk/> (дата звернення: 04.06.2021)
- 17) Веремійчук Ю.А., Опришко В.П., Притискач І.В., Ярмолук О.С. Оптимізація функціонування інтегрованих систем енергозабезпечення споживачів. Київ, Видавничий дім «Кий», 2020. 186 с. ISBN 987-617-7177-12-7

					НТУУ001.8104.015 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 18) Пром, рекуператори [електронний ресурс] .– Режим доступу:
<https://prom.ua/ua/p511773704-rekuperator-prana-prana.html?&primelead=Ni44Mg> (дата звернення: 08.06.2021)
- 19) Частотне регулювання [електронний ресурс] .– Режим доступу:
<https://drives.ru/produkcija/preobrazovateli-chastoty-vlt/preobrazovateli-chastoty-bolshoy-moschnosti/>
- 20) ПУЕ-2019. Правила улаштування електроустановок. – К.: Міненерговугілля України, 2019. – 617 с.
- 21) НПАОП 40.1-1.01-97 Правил безпечної експлуатації електроустановок
- 22) Каталог двигунів [електронний ресурс] .– Режим доступу
<https://systemax.ua/ua/elektrodivigateli/trehfaznye-obshepromyshlennye-elektrodivigateli/air/air315s4--160-kvt-1500-ob-min-.html>
- 23) Третякова Л.Д. Засоби індивідуального захисту: виготовлення та застосування / Литвиненко Г.Є., Третякова Л.Д. – К.: Лібра, 2008. – 317 с.
- 24) НАПБ А.01.001-2004. Правила пожежної безпеки в Україні.
- 25) ДСТУ ISO 16732-1:2018 (ISO 16732-1:2012, IDT) Інжиніринг пожежної безпеки. Оцінювання пожежного ризику. Частина 1. Загальні положення). Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 2018. 120 с.

					НТУУ001.8104.015 ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

...

Додаток А

Таблиця А.1 Фінансовий розрахунок заходу з впровадження СЕС

Рік	Капітальні витрати	Експлуатація	Економія	CF	CF дисконтоване	CF куммулятивне
0	12716	0	0,0	-12716,0	-12716,0	-12716,0
1	0	0	1597,5	1597,5	1486,0	-11230,0
2	0	0	1597,5	1597,5	1382,4	-9847,6
3	0	0	1597,5	1597,5	1285,9	-8561,7
4	0	0	1597,5	1597,5	1196,2	-7365,5
5	0	0	1597,5	1597,5	1112,8	-6252,7
6	0	0	1597,5	1597,5	1035,1	-5217,6
7	0	0	1597,5	1597,5	962,9	-4254,7
8	0	0	1597,5	1597,5	895,7	-3359,0
9	0	0	1597,5	1597,5	833,2	-2525,7
10	0	0	1597,5	1597,5	775,1	-1750,6
11	0	0	1597,5	1597,5	721,0	-1029,6
12	0	0	1597,5	1597,5	670,7	-358,9
13	0	0	1597,5	1597,5	623,9	265,0
14	0	0	1597,5	1597,5	580,4	845,4
15	0	0	1597,5	1597,5	539,9	1385,3
16	0	0	1597,5	1597,5	502,2	1887,6
17	0	0	1597,5	1597,5	467,2	2354,8
18	0	0	1597,5	1597,5	434,6	2789,3
19	0	0	1597,5	1597,5	404,3	3193,6
20	0	0	1597,5	1597,5	376,0725	3569,7