МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ім. ПОТЕБНІ Ю.М.

_____Електричної інженерії та кіберфізичних систем_____
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота

_____перший (бакалаврський) рівень_____
(рівень вищої освіти)

на тему Аналіз ефективності системи електроспоживання термічної ділянки ПрАТ «Запоріжтрансформатор»_____

Виконав: студент __3___ курсу, групи__6.1411-с
спеціальності _____141 Електроенергетика,_____
електротехніка та електромеханіка_____
(код і назва спеціальності)
спеціалізації _____
(код і назва спеціалізації)
освітньої програми _Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка_____
(назва освітньої програми)
_____Скорко Д. М._____
(ініціали та прізвище)

Керівник ___д.т.н., доц. Коваленко В.Л.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)
Рецензент___Артемчук В.В._____
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя
2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Потебні Ю.М._____
Кафедра____електричної інженерії та кіберфізичних систем_____
Рівень вищої освіти____перший (бакалаврський) рівень_____
Спеціальність __141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка_
(код та назва)
Спеціалізація _____
(код та назва)
Освітня програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
д.т.н., доц._____В.Л. Коваленко
«_11__»_____06_____2024__року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

_____Скорку Дмитру Михайловичу_____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи Аналіз ефективності системи електроспоживання термічної ділянки ПрАТ «Запоріжтрансформатор»_____
керівник роботи ___Коваленко Віктор Леонідович, д.т.н., доцент_____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ЗНУ від «_26_»_грудня__2023__року №_2215 - с_____
2 Строк подання студентом роботи _____11 червня 2024 р._____
3 Вихідні дані до роботи: найбільшими споживачами електричної енергії є термічні печі, апарати зварювання, електродвигунне навантаження верстатів, освітлення та вентиляція.
4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1) Аналіз можливостей підвищення ефективності системи енергоспоживання 2) Розрахунок заходів з енергозбереження на підприємстві 3) Техніко-економічне обґрунтування впровадження енергозберігаючих заходів.
5 Перелік графічного матеріалу _1) Аналіз електроспоживання 2) Схема однолінійна 3) Споживання енергетичних ресурсів 4) Схема точок замірів контролю газової печі 5) Утилізація відходів виробництва 6) Техніко-економічні показники підвищення ефективності електроспоживання.

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Коваленко В. Л. д.т.н. доцент		
Розділ 2	Коваленко В. Л. д.т.н. доцент		
Розділ 3	Коваленко В. Л. д.т.н. доцент		

7 Дата видачі завдання 01.02.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз можливостей підвищення ефективності системи енергоспоживання	01.03.2024	
2	Розрахунок заходів з енергозбереження на підприємстві	01.04.2024	
3	Техніко-економічне обґрунтування впровадження енергозберігаючих заходів	10.05.2024	

Студент _____ _____ Д. М. Скорко
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи _____ _____ В.Л. Коваленко
(підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ _____ С.В. Башлій
(підпис) (ініціали та прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить: 81 сторінка, 15 рисунків, 19 таблиць, 10 джерел літератури.

В роботі проведено аналіз існуючої системи енергопостачання. Визначено втрати теплової та електричної енергії в даних системах.

На основі аналізу енергоспоживання запропоновано можливі способи зниження втрат у зазначених системах та можливості підвищення їх енергоефективності. Проведено вибір необхідного обладнання для впровадження енергозберігаючих заходів.

В економічному розділі виконано розрахунки основних економічних показників і визначено економічну доцільність впровадження енергозберігаючих технологій.

ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ, ТЕПЛОВА ЕНЕРГІЯ, ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ, УТИЛІЗАЦІЯ ВТОРИННИХ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ, ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ

ЗМІСТ

Вступ …….7

1 Аналіз можливостей підвищення ефективності системи енергоспоживання ……...10

1.1 Характеристика виробництва…….....10

1.2 Аналіз енергоспоживання……14

1.3 Система теплопостачання…….....18

1.4 Аналіз енергоспоживання термічної ділянки…….22

1.5 Заходи з енергозбереження, що пропонуються……..31

1.6 Аналіз можливості відключення зайвих вентиляторних установок цехів основного виробництва……...33

1.7 Аналіз можливості децентралізації системи теплопостачання термічної ділянки……...35

2 Розрахунок заходів з енергозбереження на підприємстві……43

2.1 Розрахунок теплового навантаження……..43

2.2 Утилізація теплової енергії відхідних газів термічного устаткування термічної ділянки……...46

2.3 Порівняльний аналіз технологій використання відходів виробництва……...55

2.4 Конструкція і принцип роботи енергетичних установок УДСО…..66

2.5 Розрахунок енергозберігаючого ефекту від використання в якості палива відходів виробництва……...67

3 Техніко-економічне обґрунтування впровадження енергозберігаючих заходів…….68

3.1 Економічна доцільність утилізації теплової енергії відхідних газів термічного обладнання……....69

3.2 Економічна ефективність використання в якості палива відходів виробництва……...70

3.3 Економічна ефективність відключення вентиляторних установок..71

3.4 Економічна доцільність впровадження запропонованих заходів в умовах ПрАТ «ЗТР»……..73

Висновки …….80

Перелік посилань ……81

ВСТУП

Машинобудування є найважливішою галуззю промисловості. Рівень розвитку машинобудування у вирішальній мірі визначає стан усіх інших галузей промисловості, визначає продуктивність праці у виробництві сукупного продукту й, в остаточному підсумку – рівень життя людей.

Сучасне машинобудування складається з великої кількості галузей та виробництв. До машинобудування відноситься електротехнічна промисловість.

На даному етапі електротехнічна промисловість України переживає складний період. Висока вартість енергоносіїв, а також неефективне їх використання веде до великих втрат на підприємстві, а саме: підвищується собівартість виробляємої продукції – це веде до того, що вона стає не настільки конкурентоспроможною, як продукція закордонних підприємств, у наслідок чого, підприємство змушено компенсувати високу вартість своєї продукції і її неконкурентоспроможність, скороченням обсягів виробництва, зменшенням заробітної плати, звільненням робітників з підприємства. Усе це негативно позначається на стані економіки країни вцілому [1].

Виходячи із цього можна припустити, що вихід із ситуації, що склалася, необхідно шукати на самім підприємстві. Підприємство не може вплинути на політику ціноутворення на енергоносії, але воно в силах змінити себе й пристосувати своє виробництво до умов сьогоднішньої економіки.

Цього можна досягти за рахунок заміни обладнання, що вичерпало свій енергетичний потенціал, розробки нових виробничих технологій, підвищення ефективності систем енергопостачання на підприємстві.

Основні напрямки енергозберігаючої політики в машинобудуванні пов'язані з удосконаленням діючих технологій і устаткування, оптимізацією режимів роботи й коефіцієнта завантаження основного технологічного устаткування.

До основних видів енергії, що споживається даною галузей, відносяться електрична енергія, теплова і хімічна енергія твердого, рідкого і газоподібного палива, теплова енергія пари і гарячої води, механічна енергія.

Різноманітні види ресурсів використовуються в якості рушійної сили, в технологічних процесах, для опалення, освітлення, вентиляції, господарсько-побутових потреб тощо.

Одним з основних видів продукції, що випускаються електротехнічною промисловістю в Україні, є різні модифікації трансформаторів.

При виготовленні даного виду продукції у великих обсягах використовується пара. Виробництво пари є енергоємним процесом. Це пов'язано з великими втратами енергії при його виробництві.

Багато котелень в нашій країні були побудовані ще в післявоєнний час. Котли, для даних котелень, підбиралася відповідно до розрахункового навантаження. З перебігом часу об'єм продукції, що випускається, зменшився, що призвело до незавантаженості котлів великої потужності. Неповне завантаження котлів призводить до зменшення їх ККД та збільшення втрати енергії та палива.

Оптимізації роботи котельні можна досягти за рахунок відокремлення частини споживачів від центрального теплоджерела та поєднання роботи центральної котельні і автономних котлоагрегатів. Відокремлення об'єктів від центральної котельні суттєво знижує навантаження котельні та надає змогу залишити в роботі ту кількість котлоагрегатів, що будуть працювати з максимальною паропродуктивністю.

До переваг часткової децентралізації теплопостачання можна віднести:

– стабілізація питомої витрати теплової енергії;

– виробництво теплоти у автономних джерел приводиться в залежність від обсягу виробництва основної продукції;

– витрата енергії і палива у децентралізованих об'єктів здійснюється тільки в період роботи технологічного обладнання.

Децентралізація теплопостачання з установкою автономних теплогенераторів малої потужності, також додатково усуває суттєві втрати теплової енергії по довжині трубопроводу та економить енергоресурси, за рахунок скорочення витрат води, усунення витоків пари і втрат енергії, скорочення потужності котельні та витрати палива.

Сьогодні гостро стоїть проблема раціонального використання енергії. Це пов'язано з прагненням зменшити паливну складову в собівартості продукції підприємства, що випускається. Істотної економії палива можна досягти за рахунок утилізації та використання вторинний енергетичних ресурсів (ВЕР).

До ВЕР на котельнях відносяться димові гази від спалювання палива.

Димові гази з високою температурою потрапляють у атмосферу. Дане положення призводить до значних втрат теплової енергії і, як наслідок, до перевитрати природного газу. Тепло димових газів, що виходять з котла, може бути частково використано, якщо на їхньому шляху буде встановлено теплоутилізатор, наприклад, економайзер.

Нагрівання води в економайзері економить паливо і підвищує ККД котельної установки в середньому на 10%. Гаряча вода з економайзера може бути спрямована не тільки в котел, а й для різних господарських потреб, що в свою чергу забезпечить скорочення споживання теплової енергії.

Вище викладене, визначає актуальність теми дипломного проекту.

1 АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ

1.1 Характеристика виробництва ПрАТ «ЗТР»

З 1947 року почалася історія одного з кращих у світі підприємств по виробництву трансформаторного і реакторного устаткування – Запорізького трансформаторного заводу (ПрАТ « ЗТР»).

Сьогодні ЗТР по праву вважається лідером науково-технічної думки СНД. Більш 80% усіх трансформаторів країн СНД виготовлені на «Запоріжтрансформаторі». Усі тринадцять атомних станцій і 75% теплових і гідроелектростанцій країн СНД використовують у своїх технологіях трансформатори виробництва ЗТР.

Виробничі потужності ЗТР дозволяють виготовляти повний спектр трансформаторного устаткування:

– генераторні підвищувальні трансформатори – трифазні від 63 МВА до 1250 МВА й однофазні до 667 МВА; номінальною напругою до 1150 кВ;

– двох- і трьохобмоточні автотрансформатори: трифазні від 63 МВА до 500 МВА й однофазні до 657 МВА, найбільша номінальна напруга 1150 кВ, можливі будь-які комбінації напруги;

– двох- і трьохобмоточні трансформатори для підстанцій: двохобмоточні трансформатори без обмеження потужності й комбінації напруг: трьохобмоточні трансформатори потужністю від 6,3 МВА до 500 МВА;

– трансформатори власних потреб для електростанцій;

– трансформатори й реактори для ліній електропередач постійного струму на напругу постійного струму до ± 750 кВ і змінного струму до 750 кВ;

– спеціальні трансформатори: пічні, перетворювальні та інші;

– масляні розподільні трансформатори, включаючи герметичні, сухі розподільні трансформатори;

– закриті токопроводи для електростанцій і підстанцій;

– шунтувальні реактори;

– заземлюючі реактори;

– керовані підмагнічуванням шунтувальні реактори: однофазні до 120 МВАр, 750кВ і трифазні до 200 МВАр.

Керовані підмагнічуванням шунтувальні реактори – найбільш економічний спосіб компенсації реактивної потужності в лініях електропередачі, який не має аналогів у світі;

– системи моніторингу й керуванні автономної діагностики трансформаторів і реакторів.

Виробнича й випробувальна база заводу дозволяє забезпечити виготовлення виробів по прогресивним технологічним процесам і на сучаснім технологічнім устаткуванні з необхідним контролем якості. Виконувати випробування виробів у повному обсязі, передбаченому національними й міжнародними стандартами й спеціальними вимогами замовників. Підприємство ПРАТ «ЗТР» поставляє продукцію у різні країни світу. Структура виробничих заказів заводу за 2010 рік зображена на рисунку 1.1. Географія поставок:

– успішні поставки у 83 країни світу;

– поставки для різних кліматичних, сейсмічних та географічних умов;

– 35% електроенергії Аргентини «протікає» через трансформатори виробництва ПРАТ «ЗТР»;

– 45% електроенергії Єгипту «протікає» через трансформатори виробництва ПРАТ «ЗТР».

На даний час завод має у своєму складі 14 корпусів, які у свою чергу складаються з декількох підрозділів. Структура підприємства ПРАТ «ЗТР» наведена у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Структура підприємства ПРАТ «ЗТР»

№ п/п	Повне найменування підрозділів підприємства	Загальна площа,тис.м^2
1	2	3
1	Збиральний корпус №1: Трансформаторний цех №1 Цех термовакуумної обробки	39,640
2	Збиральний корпус №2: Трансформаторний цех №2 Цех високовольтних випробувань	37,231
3	Зварювальний корпус	48,048
4	Корпус магнітодротів: Цех магнітопровідний Механічний цех Електроремонтний цех Цех нестандартного технічного обладнання Цех капітального ремонту устаткування	36,722
5	Апаратний корпус №1: Апаратний цех Гальванічний цех Інструментальний цех	27,264
6	Ливарний корпус	4,308
7	Ізоляційний корпус	4,063
8	Цех комплектування виробів	4,063
9	Ковальний корпус	1,366
10	Деревообробний корпус	9,947
11	Автотрансформаторний корпус	3,888
12	Котельня №1	1,378
13	Складське гос-во	
14	Вуглекислотна станція	

У останні роки на заводі виконане технічне переоснащення деяких цехів і агрегатів основного виробництва. Були проведені заходи енергозбереження для даних технологічних процесів, з урахуванням заходів щодо захисту навколишнього середовища.

На ділянках виробництва були проведені енергозберігаючі заходи.

Паливом і енергоносіями завод, забезпечується з боку:

– електроенергією - від ВАТ « ЗОЕ»;

– водою технічною - від КП «Водоканал»;

– тепловою енергією і парою, киснем, газоподібним аргоном, природним, доменним газами, азотом і стиснутим повітрям - власного виробництва.

У останні роки на заводі виконане технічне переоснащення деяких цехів і агрегатів основного виробництва з урахуванням заходів щодо захисту навколишнього середовища.

Нижче перераховані енергетичні об'єкти й устаткування. Котельня №1 обладнана котлами ТС-20 4 штуки, сумарна продуктивність по парі 100 т/год. Введена в експлуатацію приблизно у 1962 році, стан задовільний.

Котельня №3 обладнана 8 котлами, продуктивністю 20 т/год, стан добрий. Введена в експлуатацію у 1991 року. Компресорна станція обладнана компресорами, сумарною продуктивністю 290 м³/год. Введена в експлуатацію у 1961 році, стан задовільний. Ацетиленова станція обладнана компресорами, продуктивністю 10 м³/год. Введена в експлуатацію у 1965 році, стан задовільний. Киснева станція обладнана кисневими, повітряними компресорами, продуктивність складає 150 м³/год. Введена в експлуатацію у 1984 році, стан задовільний. Вуглекислотна станція обладнана компресорами, сумарною продуктивністю 120 кг/год. Введена в експлуатацію у 1988 році, стан задовільний. Насосне господарство обладнане насосами в кількості 61 штук, стан задовільний.

На даний час завод має у своєму складі 14 корпусів, які у свою чергу складаються з декількох підрозділів. У функціонуванні підприємства приймає

участь деревообробний цех, призначений для переробки деревини, виготовлення необхідних для виробництва деталей або тари, та утилізації відходів деревообробного виробництва.

1.2 Аналіз енергоспоживання

У таблицях 1.2, 1.3, 1.4 приведені дані про структуру енергоспоживання заводу.

Таблиця 1.2 – Теплопостачання заводу ПРАТ «ЗТР»

Найменування показників	Роки				
	2016	2017	2018	2019	2020
Загальне виробництво теплоенергії власними джерелами, Гкал	130737	127851	125718	122612	123786
пари:					
– кількість, тон	110557	130253	137339	120463	103258
гарячої води:					
– кількість, Гкал	40113	34489	31821	28516	24821
Спожито теплоенергії всього, Гкал	130737	127310	125891	122709	123780
у тому числі:					
– виробниче споживання	106737	115310	115891	98709	84780
– комунально-побутове споживання	2350	2249	3447	6112	5008

Таблиця 1.3 – Баланс споживання теплової енергії підрозділами підприємства

Найменування показників	Роки				
	2016	2017	2018	2019	2020
1	2	3	4	5	6
Споживання всього на підприємстві, Гкал	130737	127310	125891	124709	123780
Втрати в магістральних мережах, Гкал	2630	2800	3050	3300	3560
Споживання основними цехами, Гкал:					
-трансформаторний цех №1	12159	12762	14460	30690	32940
-цех магнітодроту					
-апаратний цех	12102	12436	3969	2449	2620
-деревооброблюючий цех	8243	11471	7586	8078	8150
-ізоляційний цех	4852	5193	6178	7800	7745
-трансформаторний цех №2	4780	3189	3661	3408	3500
-цех термовакуумної	10216	10440	13429	24670	25881
обробки	28354	35072	31367	-	-
-ливарний цех	381	929	1012	1100	1240
-автотрансформаторний цех	956	935	1045	1080	1145
-електроремонтний цех	437	401	461	570	658
-теплосиловий цех	594	596	887	945	1105
-вуглекислотна станція	4242	4391	4461	4790	4872
-станція теплового центру	198	183	185	200	256
-цех високовольтних -	12	12	13	15	15
випробувань	8078	6817	6140	6200	6275
-зварювальний цех	1197	1385	1299	1267	1282
-складське гос-во	-	-	7661	9449	10582
-цех комплектування	131	98	95	124	132
господарський цех					

Таблиця 1.4 – Показники енергоспоживання заводу

Найменування показників	Одиниці вимірів	Роки		
		2020	2021	2022
Природний газ	тис. $м^3$ тис. грн.	18718 39775,75	17250 37691,25	16560 36183,6
Теплова енергія	Гкал. тис. грн.	125891 1636,6	124709 1621,3	123780 1609,14
Електроенергія	тис. кВт·год тис. грн.	26704 5531,4	30990 6632,66	33544 8604,16

На рисунку 1.1 зображена діаграма енергоспоживання заводу з 2020 – 2022 р.р.

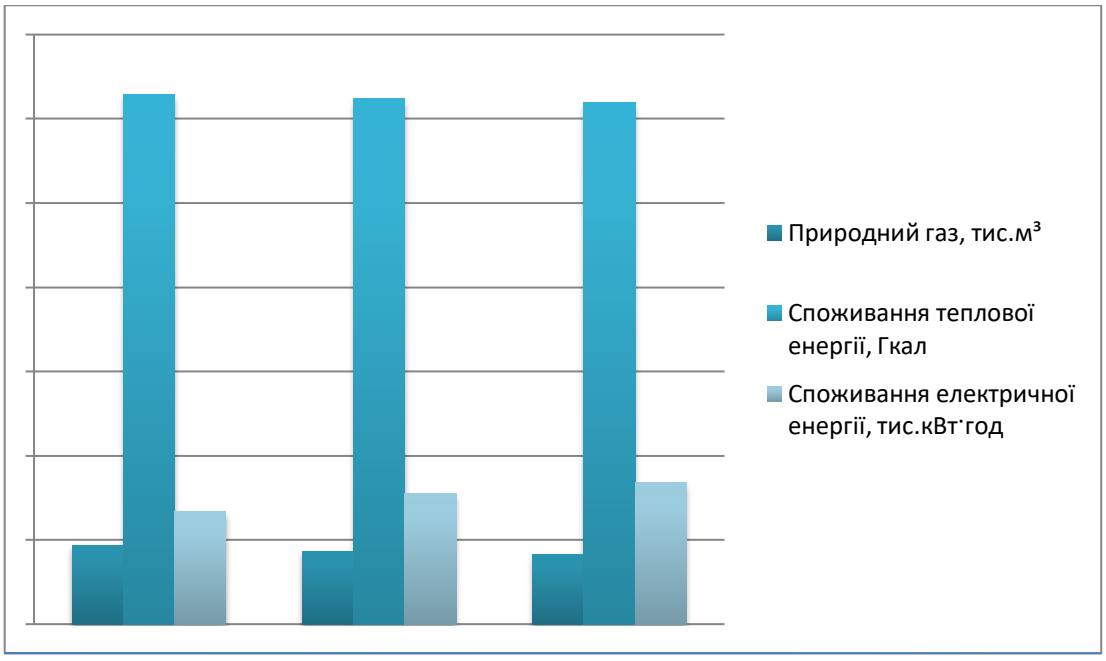


Рисунок 1.1 – Діаграма енергоспоживання заводу з 2010 - 2022 р.р.

Виходячи з аналізу даних енергоспоживання заводу, видно що основний відсоток споживання припадає на теплову та електричну енергії.

На 2022 рік ПРАТ «ЗТР» виробив продукції на суму 3550,3 млн. гривень. У таблиці 1.5 наведено витрати енергоресурсів на виробництво одного

трансформатора (на прикладі трансформатора ТДЦ – 125МВА, ціна якого складає 7390,962 тис. грн).

Таблиця 1.5 – Витрати енергоресурсів на виробництво одного трансформатора

№	Найменування показників	Кількість енергії витраченої на вироблення одного трансформатору	Тариф на енергоносії, грн	Витрати на один трансформатор, грн
1	Теплова енергія	257,6 Гкал	400	103040
2	Електрична енергія	69831,4 кВт·год	0,28	19552,8
3	Природній газ	32393 $м^3$	1228	39779

За даними таблиці 1.5 будуємо кругову діаграму, де у відсотковому співвідношенні зобразимо витрати енергоносіїв на виробництво одного трансформатора (рисунок 1.2).

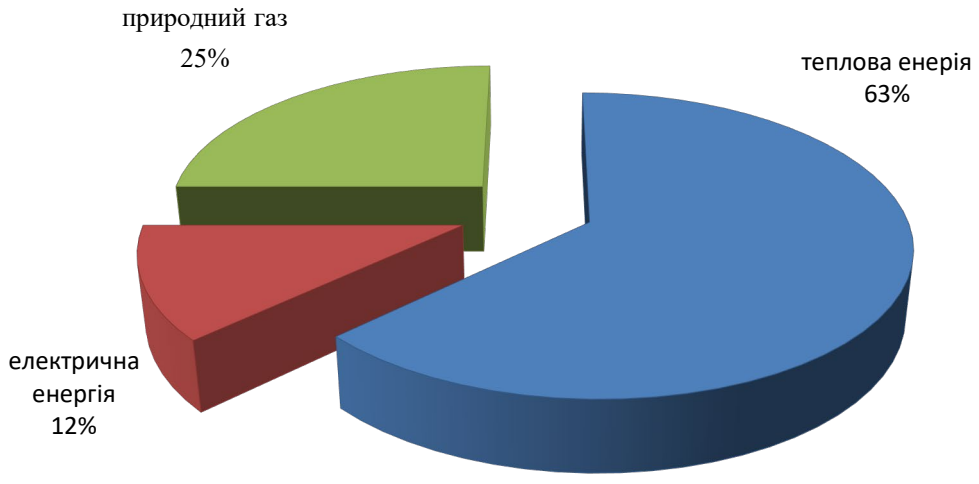


Рисунок 1.2 – Відсоткове співвідношення витрат енергоресурсів на виробництво одного трансформатора

З рисунку 1.2 видно, що на виробництво одиниці продукції ПРАТ «ЗТР», за фінансовими витратами найбільшу частку складає теплова енергія (63%).

Розглянемо систему теплопостачання та можливі заходи підвищення енергоефективності постачання теплової та електричної енергії, зокрема термічної ділянки підприємства, оскільки він виділяється з інших наявністю паропроводу для теплопостачання, хоча може бути забезпечений даним енергоресурсом за рахунок власних джерел теплоти, зварювального цеху та гальванічної ділянки апаратного корпусу, в яких можливе проведення заходів із збереження електричної енергії.

1.4 Система теплопостачання

Нижче перераховані енергетичні об'єкти й устаткування

Котельня №1 обладнана котлами ТС-20, сумарною продуктивністю по пару 100 т/год. Введена в експлуатацію у 1972 році.

Котельня №3 обладнана 8 котлами, продуктивністю 20 т/год.

Основним джерелом паропостачання підприємства є котельня №1. У котельні знаходиться парові котли марки ТС-20, характеристика яких наведена у таблиці 1.6. Паливом для котлів служить природний газ.

Водопостачання котельні здійснюється з міського водопроводу ПК «Водоканал». Забір повітря на горіння здійснюється з вулиці та безпосередньо з котельного приміщення. Тяга димових газів здійснюється димососами, встановленими окремо для кожного котла.

Газова котельня основної площадки працює в паровому режимі і призначена для покриття теплових навантажень на водяне опалення адміністративних будівель, системи вентиляції цехів, технологію та забезпечення гарячого водопостачання основної площадки та опалення і гарячого водопостачання ПК.

На території ПРАТ «ЗТР» теплова магістраль має протяжність більше 3000 метрів. В більшій мірі, в магістралі задіяні труби діаметру Ду-108 мм, повітряної прокладки. Ізоляційним матеріалом служить шлакова вата. Теплопроводи мають розпізнавальне забарвлення та маркувальні таблички.

Таблиця 1.6 – Теплотехнічне устаткування ТСЦ

№	Показники	Котел 1	Котел 2	Котел 3	Котел 4
1	2	3	4	5	6
1	Тип, марка котла	ТС-20	ТС-20	ТС-20	ТС-20
2	Рік встановлення, введення до експлуатації	1950/1972	1951/1972	1953/1972	1953/1972
3	Енергоносій, що виробляється	пара	пара	пара	пара
4	Продуктивність, т/год	25	25	25	25
5	Тиск, кгс/см^2	16	16	16	16
6	Температура вихідних газів, °С	150	150	150	135
7	ККД (нетто), %	90,8	90,5	91,8	90,8
8	Вид палива	природний газ			
9	Номінальні питомі витрати палива, кг у.п./Гкал	160,0	160,0	160,0	160,0

На даний час у ТСЦ у постійному режимі працюють два котли номінальною загальною продуктивністю 31,25 Гкал/год. Теплове максимальне навантаження котельні складає 26,8 Гкал/год – це менше 85% від загальної потужності котельної установки. У результаті неповного навантаження зменшується ККД, збільшується втрати енергії та палива.

Теплова енергія, що виробляється котельнею, потрібна для забезпечення опалення та вентиляції, гарячого водопостачання (ГВП) та технологічних потреб підприємства (рисунок 1.3).

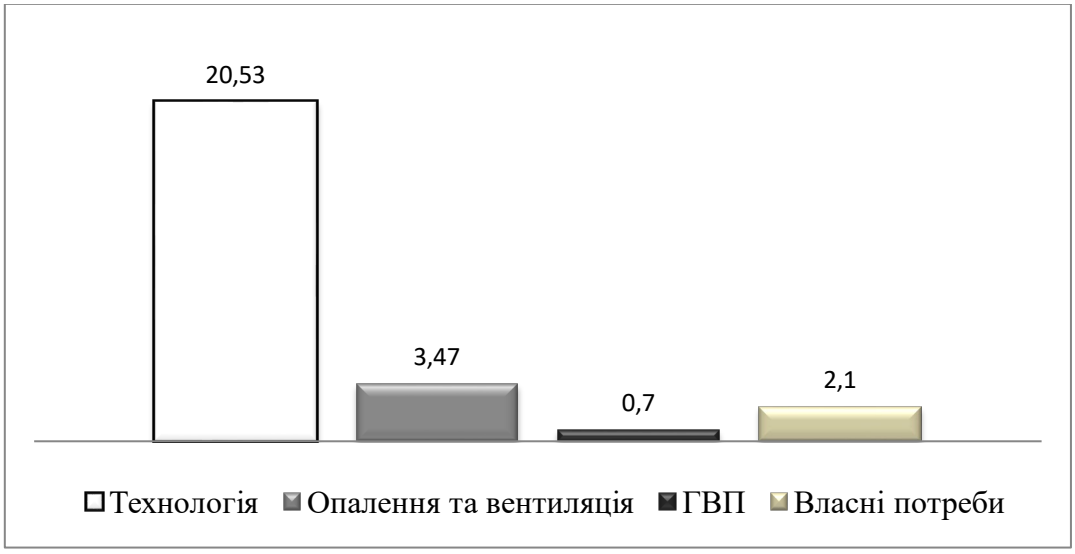


Рисунок 1.3 – Розподіл споживання теплової енергії при максимально-зимовому режимі

Як вже вище було зазначено, теплове навантаження котельної, з урахуванням втрат тепла в паропроводах і зовнішніх теплових мережах, при максимально-зимовому режимі складає: 26,8 Гкал/год.

В тому числі:

– опалення та вентиляція: 3,47 Гкал/год;

– гаряче водопостачання (середнє): 0,7 Гкал/год;

– технологія: 20,53 Гкал/год;

– власні потреби: 2,1 Гкал/год.

Завод працює у 3 робочі зміни, тобто 24 год/добу. Споживання теплової енергії протягом доби не змінюється. Календарний графік підприємства складає 251 робочій день на рік. Дані про максимальну потребу підрозділів підприємства у тепловій енергії наведені у зведеній таблиці 1.7 та зображені у відсотковому співвідношенні на рисунку 1.5.

Таблиця 1.7 – Теплове споживання підрозділами підприємства

№	Підрозділи підприємства	Тепловий потік, Гкал/год			Σ витрата, Гкал/год
		Опалення та вентиляція	ГВП	Технологія	
1	2	3	4	5	6
1	Збиральний корпус №1	0,5	0,065	5,1	5,665
2	Збиральний корпус №2	0,4	0,067	4,8	5,267
3	Зварювальний корпус	0,13	0,052	1,3	1,482
4	Корпус магнітопроводів	0,05	0,049	1,2	1,299
5	Апаратний корпус	0,135	0,05	1,13	1,315
6	Ливарний корпус	0,104	0,03	-	0,134
7	Ізоляційний корпус	-	-	-	-
8	ЦКВ корпус	0,25	0,015	2,9	3,165
9	Ковальний корпус	0,025	0,019	-	0,044
10	Деревообробний корпус	0,325	0,013	2,4	2,738
11	Автотрансформаторний	0,195	0,01	0,9	1,105
12	Складське гос-во	0,13	0,01	-	0,14
13	Вуглекислотна станція	-	0,02	0,8	0,82
14	Інші	1,226	0,3	-	1,526
Всього:		3,47	0,7	20,53	24,7

Як видно з таблиці 1.7 найбільшими споживачами теплової енергії ПРАТ «ЗТР» є збиральний корпус №1 (21%) та збиральний корпус №2 (18%).

1.4 Аналіз енергоспоживання термічної ділянки

В таблиці 1.8 наведено витрати термічної ділянки на теплопостачання в залежності від періоду року і динаміку по роках.

Таблиця 1.8 – Теплоенергія (гаряче водопостачання), Гкал

Місяць/рік	ГВП				
	2018р.	2019р.	2020р.	2021р.	2022р.
Січень	79	112	97	99	83,5
Лютий	76	109	80,5	81,2	86,5
Березень	77	103	96	92,7	117
Квітень	74,5	57,5	44	78,3	112,6
Травень	31	28	16,7	42,32	67,94
Червень	1,8	2,25	3,3	13,6	23,9
Липень	1	0,99	4,18	13,40	22,61
Серпень	0,87	0,74	16,7	22,71	28,71
Вересень	32	19,98	32	39,6	47,2
Жовтень	67	72	48	76,35	104,7
Листопад	143	48	76	89,75	103,5
Грудень	119	46	92	106,26	120,52
Всього:	702,17	599,46	606,38	755,18	918,68

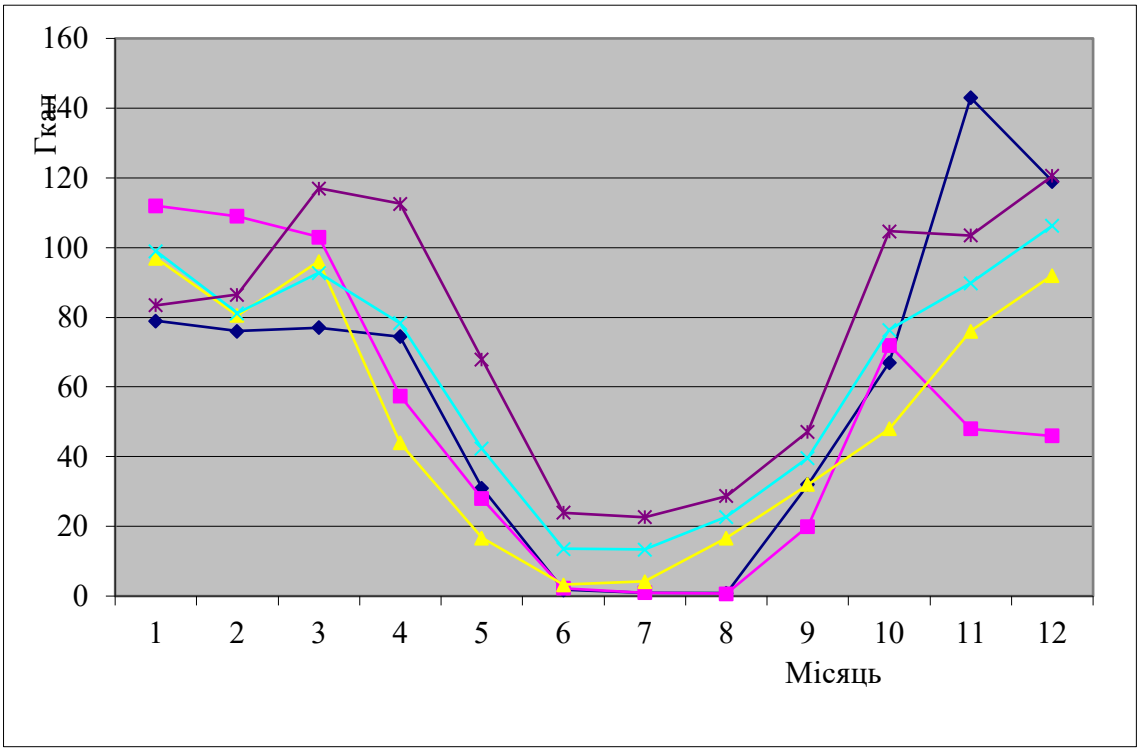


Рисунок 1.3 – Помісячне споживання теплової енергії (ГВП) в термічній ділянці

Таблиця 1.9 – Теплоенергія (опалення), Гкал

Місяць/рік	Опалення				
	2018р.	2019р.	2020р.	2021р.	2022р.
Січень	108	164	40	165	147,1
Лютий	141	104	67	97	134,4
Березень	92	64	61	55,8	70,3
Квітень	7	0	0	10,99	21,98
Жовтень	38	22	12	22,15	32,3
Листопад	115	45	41	55,32	69,64
Грудень	110	95	103	92,715	82,43
Всього:	611	494	324	498,975	558,15

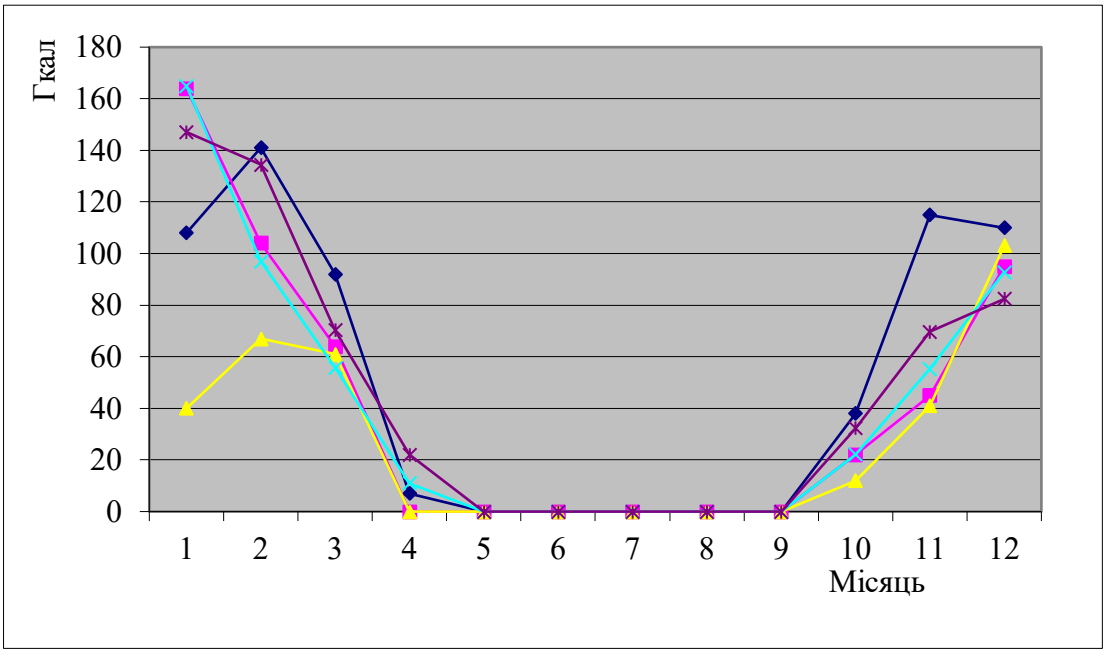


Рисунок 1.4 – Помісячне споживання теплової енергії (опалення) в термічній ділянці

Таблиця 1.10 – Теплоенергія (пара), Гкал

Місяць/рік	Пар				
	2018р.	2019р.	2020р.	2021р.	2022р.
Січень	877	762	709	812	747
Лютий	833	785	667,5	835	791,2
Березень	876	901	705,5	895	982,6
Квітень	901	731	489	586,7	684,4
Травень	727	712	413	464,60	516,19
Червень	528	521	368	427,65	487,3
Липень	604	578	350	420,28	490,56
Серпень	550	473	413	453,20	493,39
Вересень	433	458	438	482,8	527,6
Жовтень	975,34	507	500	592,7	685,4
Листопад	793	795	794	780,95	767,9
Грудень	1066	825	832	789	746
Всього:	9163,34	8048	6679	7539,87	7919,54

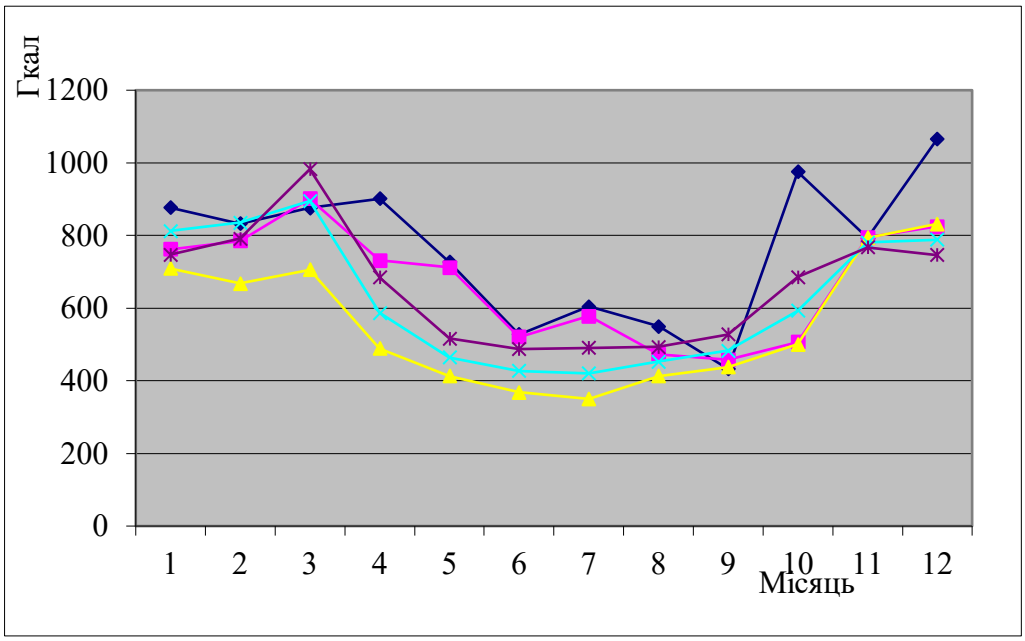


Рисунок 1.5 – Помісячне споживання теплової енергії (пари) в термічній ділянці

Таблиця 1.11 – Стиснуте повітря (на технологію), Гкал

Місяць/рік	2018р.	2019р.	2020р.	2021р.	2022р.
Січень	450	650	512	761,1	1075
Лютий	500	665	581	805	1121
Березень	523	672	603	861	1249
Квітень	515	619	635	895,5	1156
Травень	504	618	595	814,5	1034
Червень	528	617,8	749	913,5	1078
Липень	587	743	782	967	1152
Серпень	580	667	595	905,5	1216
Вересень	527	699	687	1001,5	1316
Жовтень	617	784	836	1050,5	1265
Листопад	561	665	862,8	1047,4	1232
Грудень	637	656	793	991	1189
Всього:	6529,0	8055,8	8230,8	11013,5	14083,0

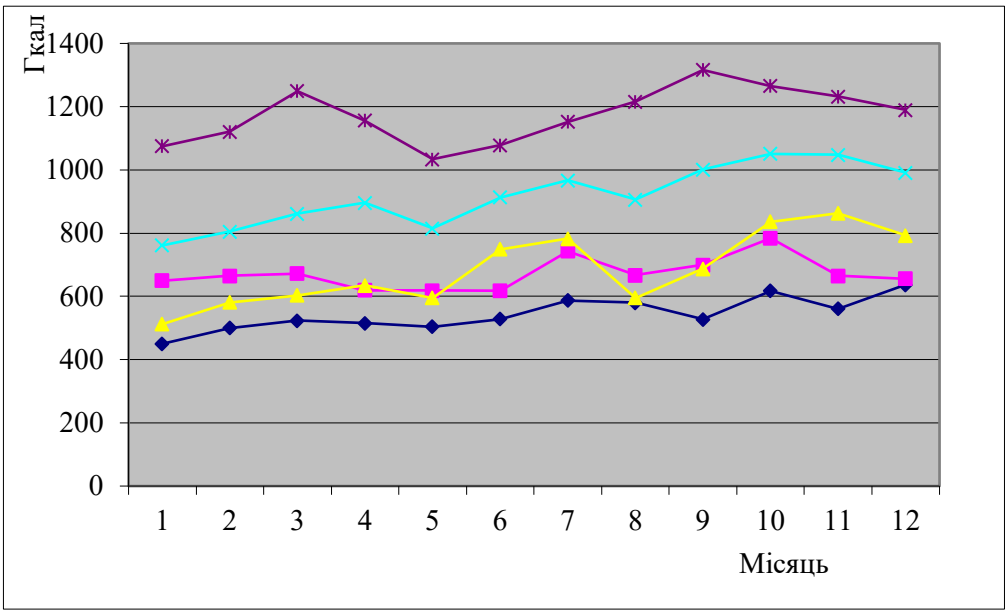


Рисунок 1.6 – Помісячне споживання стисненого повітря (на технологію) в термічній ділянці

Таблиця 1.12 – Споживання природного газу, тис.м^3

Місяць/рік	2018р.	2019р.	2020р.	2021р.	2022р.
Січень	63,60	69,70	12,50	24,00	56,09
Лютий	71,90	39,90	20,40	24,30	50,65
Березень	78,80	38,20	21,30	32,87	51,38
Квітень	74,20	47,00	25,00	32,20	39,38
Травень	81,80	37,70	19,80	30,44	41,09
Червень	77,90	34,30	26,80	35,32	43,84
Липень	80,40	45,50	31,70	37,75	43,80
Серпень	80,70	25,10	26,60	36,92	47,25
Вересень	78,80	32,90	24,40	38,40	52,40
Жовтень	81,90	17,10	26,75	40,13	53,52
Листопад	79,50	25,00	27,86	35,63	43,39
Грудень	75,30	23,53	24,28	38,39	52,51
Всього:	924,80	435,93	287,39	406,36	575,29

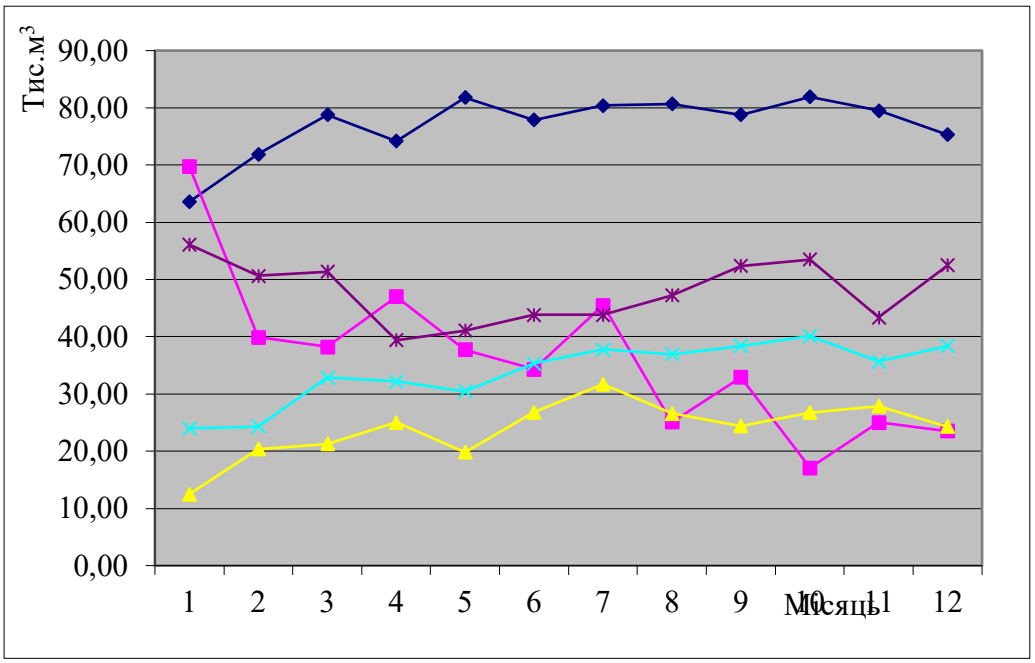


Рисунок 1.7 – Помісячне споживання природного газу в термічній ділянці

Таблиця 1.13 – Споживання питної води, м^3

Місяць/рік	2018р.	2019р.	2020р.	2021р.	2022р.
Січень	2879,80	3402,57	1465,96	1935,89	1532,53
Лютий	2784,74	3422,03	1402,95	1938,07	1719,88
Березень	3285,86	3136,40	1895,67	2002,55	2288,09
Квітень	3118,45	2493,77	1690,94	1459,96	2438,07
Травень	2828,26	2201,66	1450,70	1692,48	1934,26
Червень	2494,60	1833,07	1241,44	1490,24	1739,04
Липень	2235,13	3124,67	1367,20	1549,16	1731,11
Серпень	2379,83	1753,30	1928,27	2270,52	2612,77
Вересень	3202,67	2241,19	1946,11	2176,65	2407,18
Жовтень	3857,87	2330,67	1868,88	2631,58	3394,28
Листопад	4011,62	1229,14	2168,26	2811,17	3454,07
Грудень	4783,24	866,10	2096,69	2761,61	3426,53
Всього:	37862,07	28034,57	20523,07	24719,87	28677,81
Каналізація від питної води складає 84,45%					

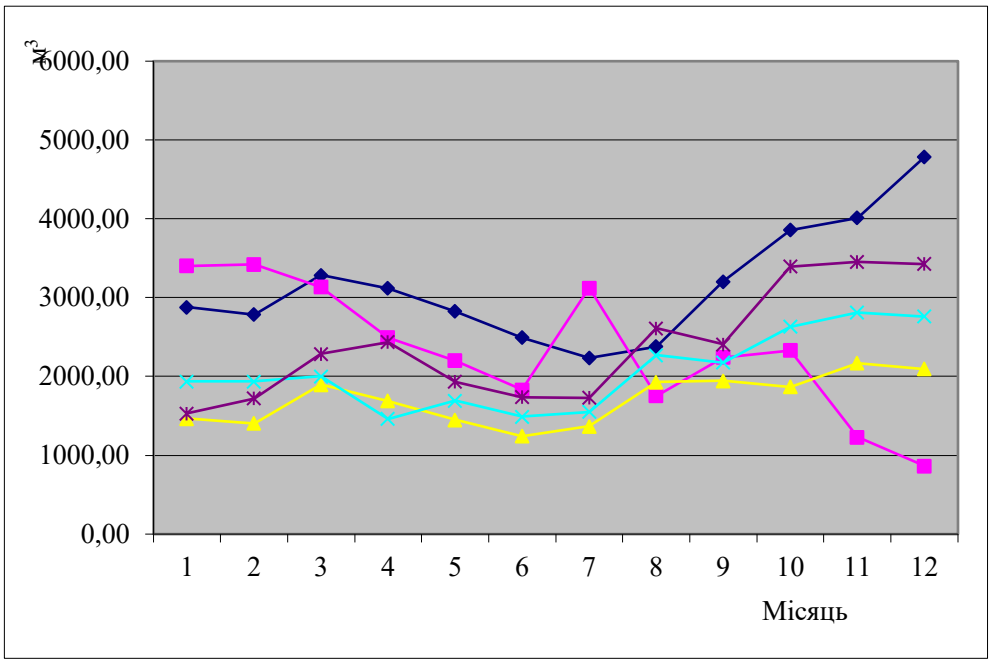


Рисунок 1.8 – Помісячне споживання питної води в термічній ділянці

Таблиця 1.14 – Споживання технічної води, м^3

Місяць/рік	2018р.	2019р.	2020р.	2021р.	2022р.
Січень	12417,00	16995,00	8325,00	5320,00	2680,00
Лютий	11075,00	8977,00	7423,00	5320,00	6098,00
Березень	11718,00	10000,00	7520,00	4890,00	8900,00
Квітень	11230,00	11252,00	6300,00	5498,00	8000,00
Травень	12945,00	11120,00	7100,00	7350,00	7600,00
Червень	13826,00	10384,00	8900,00	8850,00	8800,00
Липень	15112,00	13397,00	9564,00	9632,00	9700,00
Серпень	14290,00	14098,00	7023,00	8096,50	9170,00
Вересень	11444,00	12528,00	6620,00	7710,00	8800,00
Жовтень	14463,00	12884,00	6100,00	7075,00	8050,00
Листопад	12123,00	8700,00	5000,00	6400,00	7800,00
Грудень	14920,00	8450,00	8293,00	8046,50	7800,00
Всього:	155563,00	138785,00	88168,00	84188,00	93398,00

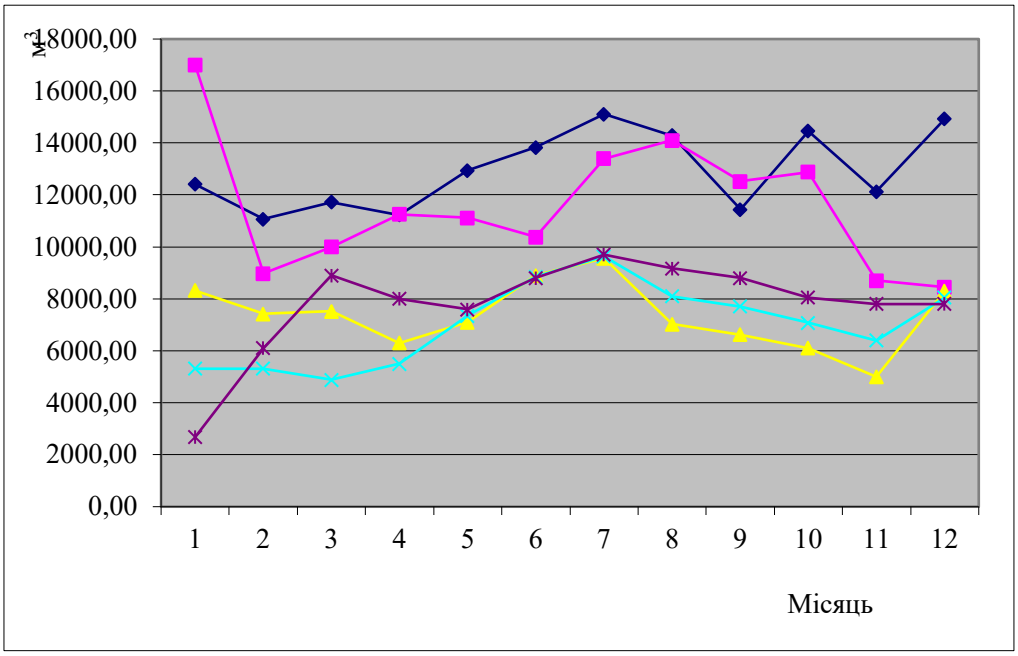


Рисунок 1.9 – Помісячне споживання технічної води в термічній ділянці

Річне споживання енергетичних ресурсів термічної ділянки представлено в зведеній таблиці 1.15.

Таблиця 1.15 – Річне споживання енергетичних ресурсів термічної ділянки підприємства

№п/п	Види енергоресурсів	Одиниці виміру	Обсяги споживання				
			2018р.	2019р.	2020р.	2021р.	2022р.
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Електроенергія	кВт.год	5803996	5784130	5815184	7445935	9096789
2	Теплоенергія (власне виробництво)	Гкал	17005,5	17197,3	15840,2	19807,5	23479,4
3	Природний газ	тис.м^3	924,8	435,9	287,3	406,4	575,3
4	Технічна вода	м^3	155563	138785	88168	84188	93398
5	Питна вода	м^3	37862	280345	20523	24720	28678

Обсяг витрат на енергоресурси ливарним цехом за 2022 рік представлені на рисунку 1.10.

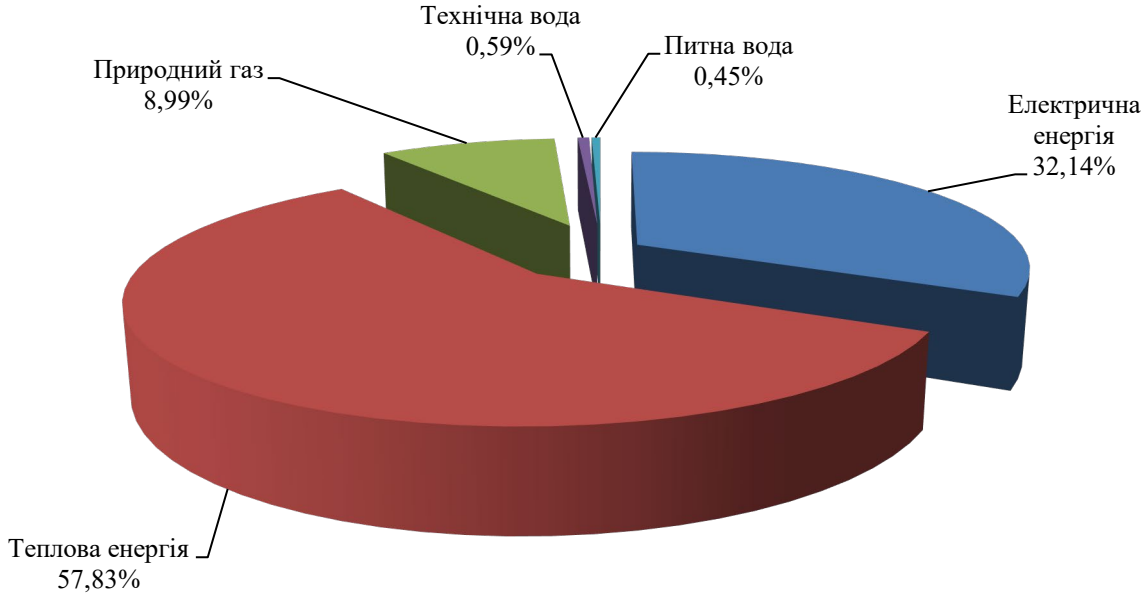


Рисунок 1.10 – Співвідношення витрат на енергоресурси ливарним цехом за 2022 рік.

Аналіз динаміки споживання енергетичних ресурсів ливарним цехом підприємства ПрАТ «Запоріжтрансформатор» показує, що в останні роки простежується стійка тенденція до збільшення їх обсягів таблиця 1.14.

Із даних таблиці 1.14 бачимо, що енергоспоживання ливарним цехом у 2022р. збільшилось порівняно із попереднім роком. При цьому у 2022 р. мало місце найбільше збільшення обсягів споживання природного газу (на 29,4%.), електроенергії енергії (на 18%), теплової енергії (на 15,6%), питної води (на 13,8%), технічної води (на 9,9%).

1.5 Заходи з енергозбереження, що пропонуються

Згідно проведеного аналізу енергоспоживання підприємства проблема енергозбереження, завдання зниження енергоємності продукції є актуальною.

У структурі вартості виливки до 25% становлять витрати на енергоносії. Зниження цієї частки істотним чином позначається на собівартості кінцевого виробу [9].

Ливарне виробництво залежить від цінової політики на ринку на сировинні матеріали, паливо, електроенергію, транспорт. В даний час структура собівартості виливків така: енерговитрати і витрати на паливо становлять 50-60%, витрати на вихідні матеріали (піски, глини, фарби, смоли, шихтові матеріали і феросплави) - 30-38%, інше - 8-17%.

Основним споживачем енергії і, в той же час, головним джерелом ВЕР в ливарному виробництві є плавильні та нагрівальні печі. Більшість паливних плавильних агрегатів мають тепловий ККД на рівні (35-45)%, у термічних печах цей показник знаходиться в межах (25-30)%, а нагрівальні печі, що працюють на рідкому чи газоподібному паливі, мають тепловий ККД всього 7-12%. При цьому енергія, не використовувана в технологічному процесі, не просто розсіюється, але, як правило, викидається разом з газами, що відходять в атмосферу забруднюючи навколишнє середовище. Таким чином, утилізація ВЕР важлива не тільки з точки зору енергозбереження, але і з позицій охорони природи [10].

Існує декілька способів утилізації ВЕР, що містяться у відхідних газах:

- рекуперація;
- підігрів повітря для технологічних цілей або опалення цеху;
- нагрів води для технологічних чи побутових потреб.

Кожен з них має свої особливості і технічні засоби, вибір визначається економічними показниками й конкретними заводськими умовами. У першому наближенні можна вважати, що за допомогою повітря підігрівачів можна використовувати 60-70% тепла відхідних газів, охолодивши їх, таким чином, до 180-120 °С на виході. Водопідігрівачі (економайзери) дозволяють одержувати навіть трохи більшу ефективність утилізації тепла - до 70-75% і використовувати низькотемпературні гази, що відходять (з середньою температурою 150-200 °С). Разом з тим використання повітря підігрівачів

носить сезонний характер, а установки підігріву води вимагають ресиверів, компенсуючих несинхронність подачі та споживання води.

Використання гарячого повітря для інших технологічних агрегатів, наприклад, для сушіння піску, попереднього нагріву заготовок, сушіння стрижнів після фарбування і т.п., припускає паралельний режим роботи і зменшує маневреність обладнання. Як правило, в подібних випадках необхідно зберігати альтернативні джерела тепла: газові пальники, електронагрівачі і т.п.

Рекуперація (повернення) частини теплової енергії в піч - один з найбільш раціональних способів використання високотемпературних (> 700 °С) ВЕР, і, хоча ККД більшості рекуператорів не перевищує 30-40%, їх використання зберігає автономність пічної установки, забезпечує скорочення питомої витрати палива і дозволяє істотно поліпшити технологічні характеристики печі.

Найбільш ефективним є об'єднання систем, що реалізують в собі всі перераховані способи утилізації ВЕР, що дозволяє довести к.к.д. плавильної або нагрівальної установки до 75-80% [9,10].

Серйозною проблемою ливарного виробництва залишається екологія, так як при виплавці та позапічної обробці ливарних сплавів, виготовленні форм і стержнів, заливці і вибивка ливарних форм, очищенню виливків виділяється значна кількість пилу і шкідливих газів, які негативно впливають на навколишнє середовище. Наприклад, при виробництві 1 т виливків з чорних сплавів виділяється близько 50 кг пилу, 250 кг оксиду вуглецю, 1,5-2,0 кг оксиду сірки і 1,0 кг вуглеводнів [11].

Найбільш перспективними напрямками розвитку ливарного виробництва, що знижують екологічну небезпеку, є:

- розробка й освоєння екологічно безпечних та безвідходних процесів і обладнання,

− застосування регенерації відпрацьованих сумішей на місцях їхнього утворення з поверненням (до 95%) у виробництво,

− утилізація твердих відходів і використання їх в дорожньому будівництві і для засипки відпрацьованих кар'єрів і шахт,

− створення замкнутих циклів водопостачання.

Заходи з енергозбереження, що пропонуються:

- децентралізація теплопостачання термічної ділянки з ліквідацією існуючого теплопроводу;

- утилізація теплової енергії відхідних газів термічного обладнання термічної ділянки;

- відключення зайвих вентиляторних установок у зварювальному цеху та гальванічній ділянці апаратного корпусу;

- використання як додаткового джерела теплоти установки, що працює на відходах виробництва.

1.6 Аналіз можливості відключення зайвих вентиляторних установок цехів основного виробництва

Завод є потужним підприємством, що має замкнутий цикл виробництва. На заводі, в деяких цехах, активно використовують вентиляторні установки для створення необхідного мікроклімату та забезпечення комфортних умов праці співробітників. Однак, оскільки останнім часом намітився перехід на виробництво закритого типу, тобто використання герметичних автоматизованих апаратів, необхідність у роботі частини вентиляторів відпала. Загалом, на підприємстві використовується близько 160 вентиляторних установок, найбільш потужні з яких зосереджено у зварювальному цеху та гальванічній ділянці апаратного цеху, які наведено в таблиці 1.16.

Таблиця 1.16 – Перелік вентиляторних установок цехів

№ п / п	№ вентилятора	Тип вентилятора	Тип двигуна	Потужність двигуна; Р, кВт
1	ВУ-1	Ц 13-50-10	АО 2-71-4	22
2	ПУ-5	Ц4-70 №125	4А-200L-L6УЗ	30
3	ВУ-6	ЭВР №5	А-61-8	45
4	ВУ-11	Ц4-76-№8	ЛО2-71-4	30
5	ВУ-12	ЦП6-45-№8	4А180 54	22
6	ВУ-17	Ц4-70-№12	А-72-6	20
7	ВУ-23	Ц14-46-№6,3	4А200Н6	22
8	ПУ-35	ВРС №10	А-62-8	28
9	ПУ-36	ВРС №10	А-82-8	28
10	ВУ-46	ЦП7-40 №6	4А160 Н4	18,52
11	ВУ-54	В-ЦП6-45-8	4А160 Н4	18,5
12	ПУ-61	Ц 4-70-12	АО 2-62-4	17
13	ПУ-67	Ц 14-70 №12	АО2-72-4	30
14	ВУ-71	Ц4-70 №10	АО2-71-6	17
15	ВУ-73	ЦП7-57 №8	4А 160 S4	15
16	ПУ-76	Ц4-70-12	АО2-71-4	30
17	ВУ-78	Ц14-46-6,3	А2-71-6	17
18	ВУ-93	Ц14-46 №6,3	АО2-71-6	17
19	ВУ-100	ЦП7-40 №6	4А 160 S4	15
20	ВУ-101	Ц4-70 №10	4А 200 М6	22
21	ВУ-104	Ц4-76 №8	4А 180 S4	22
22	ВУ-117	ЦП7-40 №6	4А 160 S4	15
23	ВУ-136	Ц4-70 №10	4А 160 S8	22

Відключення навіть частини не використовуваних електроустановок дозволить значно економити електричну енергію і знизити витрати

підприємства на енергоресурси. Також можливе частотне регулювання електроприводів, що залишилися в роботі, однак даний захід повинен бути економічно обґрунтований.

1.7 Аналіз можливості децентралізації системи теплопостачання термічної ділянки

Відмінна особливість термічної ділянки - його віддаленість. Отже, має місце наявність великих втрат при транспортуванні енергії, і необхідність витрат на енергозберігаючі заходи на даному етапі. Вихід, безумовно, - децентралізація. За рахунок децентралізації системи опалення можна отримати наступний ефект:

– зниження втрат при транспортуванні, тому що тепер вона просто буде відсутня;

– економія грошових витрат, тому що більше не потрібно купувати газ.

Децентралізоване опалення відрізняється від централізованого опалення локальним розподілом виробленого тепла. Централізоване опалення виробляє тепло в спеціалізованому приміщенні (котельня) і поширює його через повітроводи (повітряне опалення), радіатори (циркуляція води) до передавачів децентралізованого опалення (радіатори, повітронагрівачі, теплі підлоги, стельові обігрівачі тощо). Децентралізоване опалення, використовуване у великих приміщеннях, виробляє тепло безпосередньо через його передавачі. Розподіл тепла відсутня, лише енергія подається на апарат (електрика або викопна енергія).

Децентралізоване газове опалення головним чином представляє дві технології: конвекція, тобто газові повітронагрівачі, що включають пальник, теплообмінник і вентилятор та лучисте опалення: «світлі» і «темні» інфрачервоні обігрівачі.

Децентралізоване газове опалення - найкраще рішення для обігріву великих приміщень (великий об'єм). Економічна установка, необхідно лише з'єднати апарати з газовою мережею і електрикою. Ніякої потреби в повітроводах, не в ізольованих трубопроводах. Як правило апарати встановлюються на стінних консолях (повітронагрівачі) або підвішуються на ланцюгах до стелі (інфрачервоні обігрівачі). Надійність полягає у повністю відсутньому ризику замерзання або засмічення труб. Безпека - у кількох функціях щодо забезпечення безпеки інтегровані в апарати для гарантії надійного їх функціонування. Просте обслуговування і тривалий термін експлуатації: в апаратах невелика кількість рухомих деталей, широкий потік повітря (не відбувається засмічення), можливі запасні частини економічні і завжди є в наявності. Просте використання - апарати прості в експлуатації, технічна документація зрозуміла і доступна для кінцевого користувача. Адаптація відбувається легко - децентралізоване опалення використовується в приміщеннях різного призначення. Ефективність децентралізованого опалення дозволяє моментально почати обігріти приміщення і локальні ділянки. Комфорт і економія полягає у можливому обігріві окремих ділянок. Задається температура легко встановлюється в залежності від потреби на тій чи іншій ділянці та в залежності від часу доби. Виробництво енергії виробляється на місці одночасно з передачею тепла. Що сильно зменшує тепловтрати, пов'язані з транспортуванням рідини і втрати, утворені від централізованого опалення (наприклад, котельні середньої потужності). Більш того, енергія, передана стінками і вентиляторами апарату залишається в опалювальному приміщенні.Апарати мають високий ККД, краще ніж конденсаційне обладнання. Енергетичне співвідношення значно краще, ніж скажімо при електричному опаленні. Природний газ - джерело енергії. Простий в експлуатації і з кожним днем більш доступний. Зокрема природні запаси газу набагато більш значні ніж нафти. Екологія:Децентралізовані установки виділяють мінімум CO, NO_2, у них мінімальне енергоспоживання.

Апарати легко замінювані після закінчення терміну експлуатації. Вони в основному складаються з металу, включають трохи електроніки і ніяких небезпечних для здоров'я і навколишнього середовища фреонових елементів.

Обсяги виробництва теплової енергії мають тенденцію до зростання приблизно на 2-3% на рік. Але в умовах переходу до нових господарських механізмів і відомої економічної нестабільності багато з переваг системи централізованого теплопостачання обертаються недоліками. Головним з яких є протяжність теплотрас. Середній відсоток зношеності оцінюється в 60-70%.

Щоб перервати процес старіння теплових мереж і зупинити їх середній вік на існуючому зараз рівні, необхідно щорічно перекладати близько 4% трубопроводів.

Нагальне питання часу – розумна децентралізація теплопостачання.

Децентралізація теплопостачання – найбільш радикальний, ефективний і дешевий спосіб усунення багатьох недоліків.

Децентралізована система: живлення споживачів тепловою енергією здійснюється окремими невеликими агрегатами, що встановлюються безпосередньо біля споживача.

Переваги схеми: зменшується довжина трубопроводів, що знижує теплові втрати; завдання теплопостачання віддалених виробничих ділянок вирішується значно простіше, ніж при централізованій схемі – не потрібно тягнути ділянки магістралі на значні відстані; для кожного споживача може бути встановлений котлоагрегат з необхідними технічними характеристиками; обмерзання виключається, оскільки трубопроводи не виходять за межі цеху, де встановлено котлоагрегат.

Недоліки такої системи: вартість устаткування може виявитися трохи вище, ніж при централізованій системі; при установці котлоагрегата безпосередньо у виробничому приміщенні виникають шкідливі і небезпечні фактори для персоналу; система погано пристосована до можливого різкого зростання потреби в тепловій енергії на конкретній.

Енергозберігаючий і економічний ефект можна отримати за рахунок:

– усунення витоків пари і втрат енергії;

– скорочення потужності котельні, витрати палива;

– скорочення витрат води.

Переваги впровадження децентралізації:

– оптимізація виробництва і споживання пари на основі поєднання центральної котельні і автономних котлоагрегатів;

– витрата енергії, палива та пари здійснюється тільки в період роботи технологічного обладнання;

– виробництво пари приводиться в залежність від обсягу виробництва основної продукції;

– можлива стабілізація питомої витрати пари.

Впровадження програм децентралізації джерел тепла дозволить в два рази скоротити потребу у природному газі і в кілька разів знизити витрати на технологічне теплопостачання кінцевих споживачів.

2 РОЗРАХУНОК ЗАХОДІВ З ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ НА ПІДПРИЄМСТВІ

2.1 Розрахунок теплового навантаження

Згідно висновків, які були зроблені в першій частині, щодо доцільності впровадження заходів підвищення енергоефективності, можна почати більш детальне дослідження об´єкта, розрахувати кожен с методів, та обрати відповідне обладнання.

Розрахуємо теплове навантаження на опалення будівлі. Годинна витрата тепла на потреби опалення визначається за укрупненими показниками. Навантаження на опалення визначається за кліматологічними даними для м. Запоріжжя:

– розрахункова максимально-зимня температура зовнішнього повітря для проектування опалення: $t_{мзоп}$ = -22ºС;

– середньо-зимова температура зовнішнього повітря за опалювальний сезон: $t_{сз}$ = -0,4ºС;

– температура у точці злому: t = +3,8ºС;

– тривалість опалювального сезону на рік: T = 174 дні.

Годинна витрата тепла на опалення допоміжних та адміністративних будівель визначається за укрупненими показниками згідно [1].

$$Q_{оп} = q_o \cdot a \cdot V \cdot (t_{зовн} - t_н), \tag{2.1}$$

де q_o – питома теплова характеристика будівлі у ккал/м³·год·град;

a – поправочний коефіцієнт для промислових, житлових та громадських будівель;

V – зовнішня кубатура будівлі (або його опалювальної частини), м³;

$t_{зовн}$ - середня температура опалювального приміщення, ºС;

$t_н$ - розрахункова температура зовнішнього повітря для опалення, ºС.

Згідно даних підприємства:

– площа цеху: F = 324 м²;

– висота: H = 13,725 м;

– опалювальний обсяг: V = 4447 м³;

– площа остекління: F = 144,3 м²;

– матеріал стель: залізобетонна плита,цегла.

– середня температура у приміщеннях: $t_{сер}$ = +18ºС.

Отже,згідно (2.1)

$$Q_{оп} = 0{,}45 \cdot 1{,}134 \cdot 4447 \cdot (18 + 22) = 90772{,}16$$

Теплове навантаження на опалення визначається за укрупненими показниками, Гкал/рік :

– площа: F = 4248 м²;

– висота цеху: H = 15,265 м;

– висота прольоту прольоту в осях И-Д з аераційним ліхтарем:

H = 17,4 м;

– опалювальний обсяг: V = 64845,72 м³;

– площа остікління цеху: F = 1210,25 м²;

– площа остікління аераційного ліхтаря: F = 307,44 м²;

– матеріал стін: залізобетонна стеля цегла;

– матеріал перекриття: залізобетонна стеля.

Середня температура повітря всередині цеху згідно [1]: $t_{сер}$= +16ºС.

$$Q_{оп} = 0{,}5 \cdot 1{,}1 \cdot 1{,}134 \cdot 64845 \cdot (16 + 22) = 1536{,}86\,.$$

де k=1,1 –коефіцієнт, який враховує витрату тепла на підігрів зовнішнього повітря, яке надходить у будівлю шляхом інфільтрації через аераційні ліхтарі.

Теплове навантаження на потреби ГВП визначається за формулою:

$$Q_{ГВП} = B_{душ} \cdot C \cdot (t_{г.в.} - t_{х.в.}) \cdot n, \quad (2.2)$$

- де $B_{душ}$ – витрата гарячої води на душеву у груповій установці зі змішувачем згідно [2], $B_{душ}$ = 270 л/год;

C – теплоємність води, C = 1 ккал/кг·град;

$t_{г.в.}$ - температура гарячої води, приймаємо $t_{г.в.}$ = 60°С;

$t_{х.в.}$ - температура холодної води, приймаємо $t_{х.в.}$ = 5°С;

n – кількість душових сіток, приймаємо згідно данних підприємства , n= 18 шт.

Отже,згідно формули (2.2):

$$Q_{ГВП} = 270 \cdot 1 \cdot (60 - 5) \cdot 18 = 267\ 300\ .$$

Сумарна максимально-годинна витрата тепла на потреби опалення та навантаження на ГВП, МВт:

$$\Sigma Q_{макс.год} = Q_{оп} + Q_{ГВП}, \quad (2.3)$$

$$\Sigma Q_{макс.год} = 105 + 1787 + 311 = 2{,}2\ .$$

Необхідно врахувати, що усі розрахунки для навантаження системи опалення є для зовнішньої температури мінус 22ºС.Оскільки середня температура зовнішнього повітря за опалювальний сезон для м. Запоріжжя згідно кліматологічних умов складає мінус 0,4°С, отже, середнє максимальне навантаження системи опалення складе 0,77 МВт, при температурі зовнішнього повітря мінус 10ºС навантаження складе 1,22 МВт.

Згідно конструкції будівлі цеху, при висоті стелі H = 15,265 м – 17,4 м обігрів цеху через радіатори з гладко ствольних труб не є ефективним, тобто нагрівається увесь обсяг приміщення, у тому числі верхня неробоча частина, що призводить до різкого підвищення навантаження системи опалення. Пропонується існуючу систему опалення демонтувати, а обігрів здійснювати від котельної, яка спалює тріску та залишки деревини в середовищі піролізу з подачею теплоносія в цех через тепло вентилятори. З проектованої котельні виходять два трубопроводи (подаючий трубопровод системи опалення та зворотній) з розводкою та закольцовкою по цеху. На певній висоті, наприклад, близько 4 м, монтуються тепло вентилятори. Тепловентилятори можна монтувати в горизонтальному або вертикальному положенні. За рахунок електричного вентилятора направлений радіус обігріву складає 25 м. Розташування, підбір кількості, потужність тепло вентиляторів визначається при проектуванні.

За рахунок цього набагато покращиться обігрів (підвищиться внутрішня температура повітря) та зменшиться навантаження на котельню, що проектується, що в кінцевому підсумку призведе до зниження вартості котельного обладнання та кількості використовуваних деревних відходів та тріски.

2.2 Утилізація теплової енергії відхідних газів термічного устаткування термічної ділянки

На підприємстві ПрАТ «ЗТР» використовуються камерні нагрівальні і термічні печі, опалювальні природним газом. Більшість з них фізично застаріли і потребують повної або часткової модернізації та мають ряд істотних недоліків. Серед них: великі теплові втрати з газами, нерівномірність нагріву садки, високий угар металу при нагріванні. Крім того, термічні камерні печі

характеризуються істотними витратами теплоти на розігрів кладки, що пов'язано з періодичністю роботи, обумовленої заданим графіком нагріву.

У структурі втрат переважну роль відіграють втрати які йдуть з димовими газами - 65%. Також істотні втрати теплопровідністю через футеровку печі і на її періодичний розігрів - 25%. За рахунок недосконалості процесу спалювання палива втрачається до 10%.

Основною причиною неефективного використання палива є та обставина, що експлуатований в даний час парк печей представлений в основному агрегатами, побудованими в другій половині минулого століття. Існуюча в той час концепція будови печей передбачала забезпечення високої продуктивності, а питань економії не приділялося належної уваги. В наслідок чого питома витрата палива на одиницю продукції в країнах СНД 2-5 разів перевищує показники промислово-розвинених країн. Вік деяких печей досягає 20-30 років. Вони неекономічні через використання в них застарілих вогнетривких і теплоізоляційних матеріалів. Також на енергоефективності термічних виробництв позначається незначне завантаження печей, нерідко складова 20-30% від номінальних значень [12-15].

В умовах постійного зростання цін на природний газ, тривалої нестабільності в промисловості та енергетиці, питання вибору енергоносіїв та їх ефективного та економного витрачання виходять на перший план.

Сьогодні найбільш часто джерелом теплової енергії термічного обладнання є природний газ, рідше - електроенергія. Це так звана спадщина, що залишився ще з часів СРСР, коли в умовах економічної стабільності і низького рівня цін на енергоносії, особливо, на природний газ, перевагу, як правило, віддавалася газового нагріву. Низька теплотехнічна і технологічна ефективність використання природного газу компенсувалася його невисокою вартістю.

Сьогодні ж визначальним фактором при порівнянні газ-електроенергія є зіставлення вартості необхідної теплової енергії в еквіваленті 1 кВт/год. Як показують розрахунки, вартість необхідної теплової енергії, одержуваної спалюванням природного газу, в 1,5-1,6 рази дорожче електроенергії. Крім

ефективності та економічності використання електричний нагрів володіє і іншими перевагами: точністю і стабільністю підтримки і регулювання температури і потужності; мобільністю, технологічністю і компактністю конструкцій печей; простотою пуску та експлуатації; високою якістю нагрівання; екологічністю. Враховуючи дані фактори, можна зробити висновок, що правильний вибір теплоносія в процесах нагрівання і термообробки металів є досить актуальним питанням, що вимагає оперативного вирішення [15]

Вимоги до роботи нагрівальних печей включають в себе:

– забезпечення заданої продуктивності;

– забезпечення якості нагріву, що задовольняє технологів по структурі і за механічними властивостями металу, за ступенем утворення окалин та зневуглецювання;

– ефективне використання палива, характеристикою якого служить питома витрата енергії на одиницю продукції в кг. палива на 1 тонну продукції;

– відповідність екологічним нормам по гранично допустимим викидам в атмосферу пилу та шкідливих газів: CO, CO_2, NO_x, SO_2, C_20H_{12} та інших вуглеводнів;

– механізація праці при експлуатації та ремонті печі та автоматизація її теплового режиму.

В термічній ділянці встановлено три термічних прохідних печі, котрі працюють на природному газі. В цеху, цілодобово працює одна з печей, періодично працюють дві печі.

Нагрівальні печі Т-240 цеху належать до дрібносерійного виробництва з режимом нагрівання й термічною обробкою заготівель у печах з упорядкованою садкою.

Характеристики нагрівальних печей типу Т-240 наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. − Характеристики нагрівальних печей типу Т-240:

№ п/п	Найменування параметру	Позначення	Одиниця виміру	Величина параметру
1	2	3	4	5
1	Продуктивність печі (максимальна)	$G_{П}$	т/год	0,1
2	Кількість працюючих горілок	n	шт	10
3	Витрата палива	$B_{Г}$	м^3/год	22
4	Теплова потужність печі	$Q_{ПЕЧ}$	ккал/год	174719
5	Корисна теплова потужність	$Q_{КОР.ПОТ}$	ккал/год	16439
6	Потужність холостого ходу	$Q_{Х.Х}$	$Q_{КОР.ПОТ}$	82730
7	Коефіцієнт витрати повітря	a	−	1,1
8	Час одного циклу роботи печі	τ	год	10-12
9	Температура газів в печі	$t_{ПЕЧ}$	ºС	1050
10	Температура вихідних газів	$t_{ВИХ}$	ºС	710
11	Об’єм вихідних газів	V	м^3/год	500
12	Втрати тепла: а) з вихідними газами б) з хімдопалюванням в) з окалиною г) в навколишнє середовище	 q_2 q_3 q_4 q_5	 % % % %	 54,79 0,002 0 34,18
13	Коефіцієнт надлишку повітря	$a_{ух}$	−	1,97
14	КПД печі	$\eta_{ТЕРМ}$	%	9
15	Коефіцієнт використання палива (КВП)	$\eta_{КВП}$	%	48
1	2	3	4	5
16	Втрати тепла з відхідними газами від однієї працюючої печі.	$Q_{ГАЗ}$	ккал/год	109500
17	Розміри робочого простору: а) Ширина б) Довжина в) Висота	 b_1 l_1 h_1	 мм мм мм	 1300 5560 940
18	Зовнішні розміри кожуха печі: а) Ширина б) Довжина в) Висота	 b_2 l_2 h_2	 мм мм мм	 2600 6020 2120
19	Вартість гігакалорії становить:		грн	725

Основними параметрами роботи печей є:

- продуктивність - $G_{піч}$, кг/год;
- питома витрата тепла- В, ккал/кг;
- питома витрата палива- $В_т$, ккал/кг;
- ККД. і К.І.Т. печі.

Необхідно відзначити, що нагрівальні печі Т-240 характеризуються перемінним по зонах температурним режимом і необхідністю досягнення розподілу температур по зонах робочого простору з витримкою строго певної по технологічній інструкції температури в зоні. Кількість тепла, що подається в різні зони печі, розрізняються на 10-15 °С.

Експлуатаційні теплові й температурні режими роботи нагрівальних печей зафіксовані в заводських технологічних інструкціях до нагріву виробів.

У задачу налагоджувальних робіт входило - забезпечення точного відтворення заданої зміни температур нагріву по зонах при найбільшій економічності (тобто найменшій витраті палива) і при дотриманні умов, що характеризують якісне нагрівання (при найменшій температурній нерівномірності нагріву, без поверхневих дефектів: тріщин, оплавлення).

Слід зазначити, що основна продукція цеху - випуск спеціальних деталей, пов'язаних з виробництвом авіадвигунів. Тому якісне нагрівання під ковку й «термообробку йде з підвищеними вимогами до температурного режиму роботи печей, і як наслідок, до зниження К.К.Д. печей.

Нагрівальні печі № Т-240 що працюють на природному газі, призначені для нагріву заготівок до температур встановленим по зонах, відповідно до технологічної інструкції. Печі побудовані за проектом, розробленим ОГЄ ЗПО «Моторостроитель». Температура в печах задається й реєструється на приладі КСП-3. Задана температура підтримується автоматично шляхом зміни витрати газу за допомогою виконавчого механізму ІП-2/120. Контроль нагріву по зонах здійснювався за допомогою оптичного пірометра. На печах встановлене по 16 інжекційних пальників ВП-42 конструкції «Стальпроекта». Димові гази

віддаляються через димоходи у верхній частині зводу. Схема точок замірів теплотехнічного контролю газової печі представлена на рис.2.1.

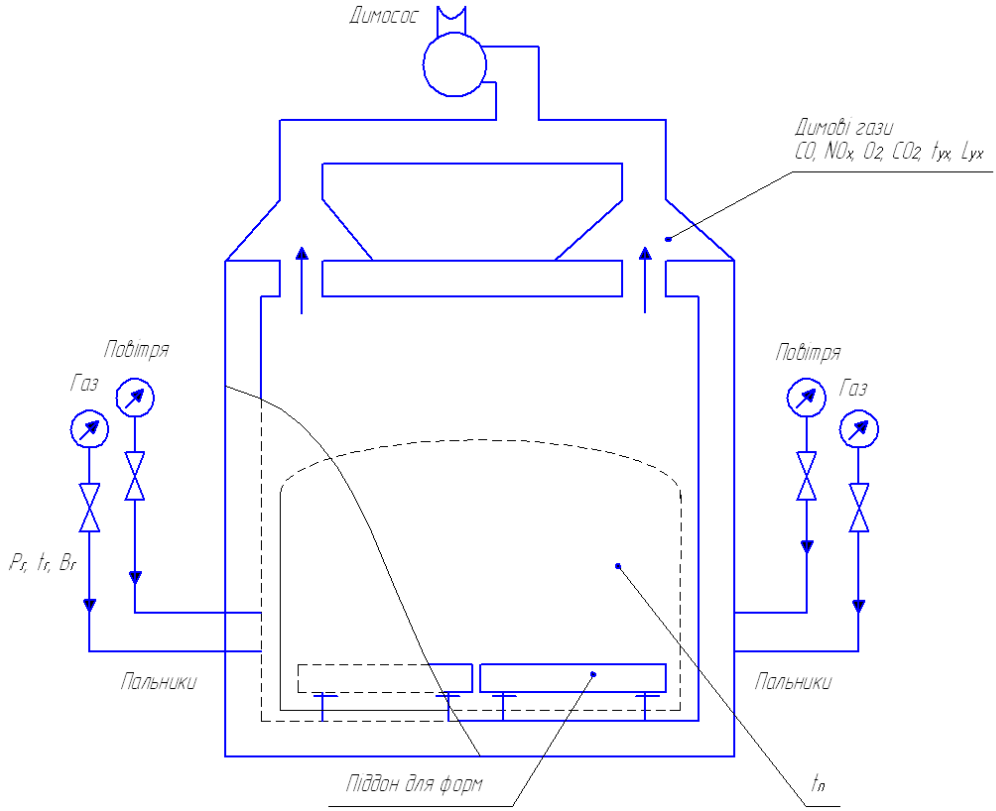


Рисунок 2.1 – Схема точок замірів теплотехнічного контролю газової печі

Існуючі термічні печі металургії й машинобудування потребують підвищення показників використання палива. Одним з основних напрямів енергозбереження в нагрівальних печах є глибока утилізація теплоти димових газів на виході з робочого простору печей. Для утилізації фізичного тепла димових газів, що виходять після технологічних печей застосовуються котли-утилізатори (КУ). Це дозволяє отримати додаткову продукцію у вигляді насиченого або перегрітого пара, гарячої води та призводить до економії палива на підприємстві.

Котли-утилізатори призначені для отримання безпаливної пари за рахунок використання тепла відхідних газів технологічних агрегатів.

Котел утилізатор – це котел, в конструкції якого немає своєї топки, принцип його дії заснований на використанні тепла, що утворюється в

виробничих процесів, наприклад, поява гарячих газів в металургійній промисловості. Великі парові котли-утилізатори мають всі ознаки котлоагрегата, крім пристосувань для спалювання палива.

Котли-утилізатори відрізняються від парових котлів та іншого котельного обладнання тим, що вони використовують для свого функціонування енергію відпрацьованих газів, наприклад, вихлопних газів, які утворюються при згорянні палива.

З метою захисту навколишнього середовища від забруднення та отримання додаткової електроенергії, газ спалюють у котлах-утилізаторах. При згоранні газу утворюється теплова енергія, за допомогою якої вода, що пропускається через труби, перетворюється на пару. Продуктивність пари в котлах-утилізаторах, безпосередньо залежить від обсягу та якості утилізованого газу [12-15].

Використання парових котлів утилізаторів має ряд переваг:

– зменшення вихлопу забруднюючих речовин в атмосферу;
– зниження витрат на очищення газів;
– більш раціональне використання палива.

Котел-утилізатор дозволяє використовувати енергію теплового двигуна в максимальній мірі, саме тому такі котли-утилізатори мають високий ККД у порівнянні з іншими видами котельного обладнання. Застосування парових установок - котлів-утилізаторів в різних областях промисловості дозволяє реалізовувати енергозберігаючі технології.

Котли-утилізатори, парові водогрійні котли та енерготехнологічні парові котли-утилізатори за своєю конструкцією можуть бути з природною або примусовою циркуляцією, котельне обладнання з барабаном або без барабана (прямоточні парові котли) і т.д. У теплоенергетиці застосовується величезна кількість парових котлів енергетичних, котлів водогрійних і котлів-утилізаторів різних за потужністю, за тепловим схемами, і по параметрах [12-15].

Для підбору котла утилізатора використовуємо вихідні дані параметрів роботи печей, а також коефіцієнти котрі впливають на ефективність

використання котлів утилізаторів: β – коефіцієнт враховує невідповідність режимів роботи печей та котла утилізатора, приймаємо рівним 1; ζ – коефіцієнт втрат котла утилізатора в навколишнє середовище, приймаємо рівним 0,12; η – ККД котельного агрегату, що заміщуємо, приймаємо 0,86. В залежності від режиму роботи печі витрата димових газів становить 350 – 500 м^3/год.

Принципова схема котла-утилізатора представлена на рисунку 2.2.

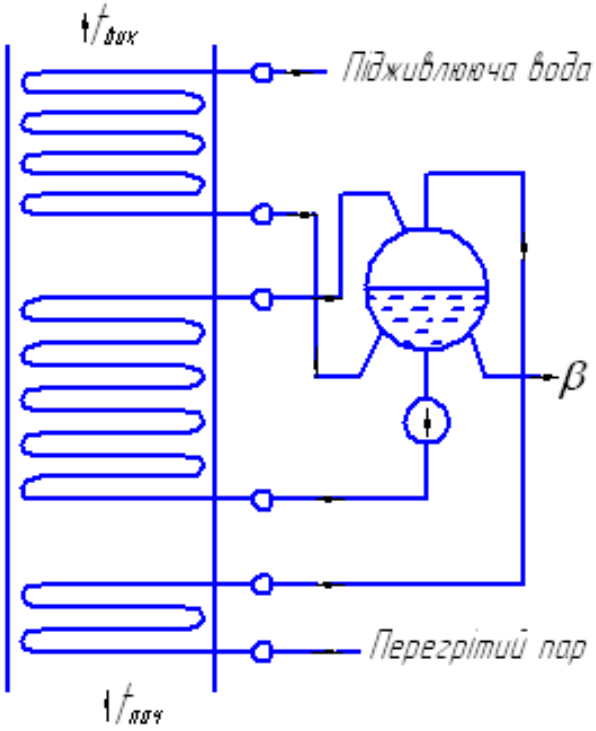


Рисунок 2.2 – Принципова схема котла-утилізатора

За результатами розрахунку котла утилізатора отримуємо дані по ймовірному корисного використання теплоти відхідних газів.

Сумарне вироблення пари трьома пічами складає D = 0,3 - 0,5 т/год.

Для даного проекту згідно розрахунків пропонується котел утилізатор УПГ-0,03-0,6 з паропродуктивністю 0,03 т/год, та температурою гріючих газів 700 ^{0}С.

Таблиця 2.2 Технічна характеристика котла-утилізатора УПГ-0,03-0,6

№п/п	Найменування і розмірність показника	Значення
1	2	3
1	Паропродуктивність, т/год	0,03
2	Робочий тиск пари, МПа (кг/см^2)	0,4(4)
3	Температура пари, ^{0}С	151
4	Температура живильної води, ^{0}С	105
5	Витрата гріючих газів, кг/год	100
6	Температура гріючих газів, ^{0}С	700
7	Температура газу на виході, ^{0}С	142
8	Габаритні розміри, мм, не більше – довжина – ширина	 1320 1800

Для котла утилізатора продуктивністю 0,03 т/год потрібна потужність складає 18750 ккал/год.

$$Q = 0{,}03 \cdot 0{,}625 \cdot 10^6 = 18750 .$$

Об’єм газу котрий потрібний для такої потужності, м^3/год:

$$V = \frac{18750}{0{,}91 \cdot 8200} = 2{,}5 .$$

Тривалість роботи термічних печей за тиждень – 5 днів, за добу – 12год. Отже тривалість роботи однієї печі за рік складає, год:

$$t = 52 \cdot 5 \cdot 12 = 3120 .$$

Сумарний об’єм газу за рік, м^3:

$$V = 2{,}5 \cdot 3120 = 7800 .$$

Економія умовного палива, т у.п.:

$$B_{ум} = V \cdot K, \qquad (2.4)$$

де $B_{ум}$ – кількість витраченого казаново-пічного палива в тоннах умовного палива;

V – кількість витраченого казаново-пічного палива в натуральних одиницях виміру;

K – коефіцієнт для переведення натурального палива в умовне.

$$B_{ум} = 7800 \cdot 3/862 = 27{,}15 .$$

2.3 Порівняльний аналіз технологій використання відходів виробництва

Відходи виробництва (кора, тріска, тирса). У роботу йдуть різні відходи, тобто, відбувається їх утилізація. Також це є високоефективним паливом для котельні. Використовуються: тирса, тріска, обапіл і інші деревні відходи. Обапіл – бічна частина колоди, що має одну пропиляну, а іншу непропилену або пропиляну не на всю довжину поверхню, з нормованою товщиною і шириною тонкого кінця. Тирса – дрібна стружка, що отримується при пилянні, різновид подрібненої деревини. Довжина частинок тирси залежить від типу і технологічних параметрів ріжучого інструмента, в результаті роботи якого вони утворені. Відповідно до прийнятої класифікації їх довжина не перевищує

50 мм (більші частки прийнято відносити до тріски). Тріска – осколок деревини. Перелічені матеріали, після переробки, набувають нові, унікальні властивості, такі як щільність до 1,2 кг/дм³ і теплотворну здатність до 19,5 МДж / кг на деяких матеріалах, що порівняно з кам'яним вугіллям. В результаті колишні відходи перетворюються на високоякісне екологічно чисте паливо, яке широко використовуються у всьому світі з прогнозованим зростанням споживання до 2020 року здебільшого до 20 млн.тоун. Таким чином, пропоновані технології дозволяють «перетворити відходи у доходи».

Переваги обладнання для переробки та утилізації деревних відходів деревини, тирси, тріски:

– повністю автономні модулі вимагають тільки своєчасного підвезення відходів деревини та тирси, працюють на власному енергобалансі і не вимагають зовнішніх підключень;

– високий енергетичний ККД конверсії. Один кілограм сировини дає 1 кВт електричної енергії;

– відсутність шкідливих викидів в атмосферу;

– спрощені вимоги до складу і підготовки сировини.

Енерготехнологічна переробка відходів деревообробки еквівалентна використанню 0,25-0,5 літра рідкого нафтового палива на кілограм деревини. З урахуванням одночасного отримання продукції лісохімічного профілю, кваліфікований підхід до переробки даного виду сировини дозволяє організувати виробництво на рівні, порівнянному з сучасним хімічним або нафтохімічним процесами.

Енергетичний потенціал відходів деревообробки при виробництві лісоматеріалів. Виробничі відходи, що утворюються в процесі деревообробки і використовуються як джерело енергії, складаються головним чином з кори і обапола. Основними елементами відходів є вуглець, кисень і водень, на частку яких припадає відповідно 50, 40 і 6% із сухої маси; теплота згоряння відходів становить від 19420 до 22300 кДж / кг - в залежності від породи деревини. Вміст вологи в деревині і деревної корі коливається в значних межах. Це

пояснюється не тільки наявністю зв'язаної води в пористій структурі, а й впливом на вміст води пори року, а також географічним розташуванням дерев. Зміст вологи також залежить від способів зберігання і транспортування деревини. Так, наприклад, при транспортуванні лісоматеріалів по воді вміст вологи в них може досягти 80%. В обапола вміст вологи, як правило, не перевищує 50%.

З точки зору отримання додаткових джерел енергії найбільший інтерес представляє два види відходів, що утворюються в процесі виробництва деревної маси, - кора та відходячий лужний розчин. Кора є зовнішнім шаром деревини і здирається за допомогою машини. Відходячий чорний лужний розчин являє собою рідину, яка накопичується в процесі підготовки деревної маси і характеризується високою концентрацією розчинених в ній органічних сполук. Чорний лужний розчин утворюється в процесі лужної і сірнокислотної обробки деревини і містить близько 98% луги, введеної в процес розщеплення целюлози і розчинення лігніну при виділенні вільної клітковини. Розчин відрізняється відносно високою концентрацією карбонату натрію. Для регенерації лугу чорний розчин випарюють, в результаті чого вміст твердих речовин зростає до 45-70%. Теплота згоряння сухої речовини становить 15400 кДж / кг. Одночасно в сухій речовині міститься певна кількість забруднень, що може викликати труднощі, пов'язані з експлуатацією регенераційного обладнання.

Опис роботи котла. Пальник об'ємного типу нагадує каструльку з жароміцної сталі або чавуну, встановлену в топці котла. Під час роботи пелети з бункера подаються в пальник об'ємного типу з допомогою механізму подачі, обладнаного шнеком. Залежно від компонування, механізм подачі або насипає гранули в пальник зверху, або подає їх через отвір в її днище. Розпал пелетних котлів з пальниками об'ємного типу може здійснюватися двома способами. За рахунок електричного тепловентилятора, який створює струмінь розпеченого повітря, спрямовану на що знаходяться в пальнику гранули. У цей момент з електромережі котлом споживається близько 1,2 кВт (в інший час - не більше

0,1-0,3 кВт). Вручну (у простих моделей котлів): в пальник, прямо на гранули, наливають рідину для розпалювання, містить легкі парафіни, і підпалюють сірниками. Коли котел виходить на розрахунковий режим, температура в центральній частині пальника досягає 1000-1200 °С. Крізь отвори на внутрішній поверхні пальника в товщу гранул за допомогою вентилятора подається свіже повітря. Досягнувши робочої температури, котел зупиняється: за допомогою повітряної заслінки перекривається подача повітря, вимикається привід подає гранули шнека.

В такому режимі деякі моделі можуть знаходитися до приблизно 10-12 годин, оскільки в пальнику, що містить кілька кілограмів розпечених пелет, довго зберігається висока температура. Втім, як тільки батареї в будинку охолодяться до неприйнятно низької температури, автоматика котла активує робочий режим (відкриється повітряна заслінка, включаться вентилятор і шнек), і котел знову запрацює. Димар для пелетних котлів виконується з нержавіючої сталі, в нижній його частині в обов'язковому порядку передбачається відвідний патрубок для видалення конденсату.

У пелетних котлів з пальниками факельного типу ККД трохи нижче, ніж у теплогенераторів з пальниками об'ємного типу, - він не перевищує 90,1%. Спалювання пелет в пальнику факельного типу відбувається в повітряному потоці, створюваному вентилятором пальника. Вступники в зону горіння пелети швидко перетворюються в палаючі вугілля і згорають, створюючи факел полум'я, температура якого досягає 1200° С. Потік гарячих газів направляється в конвективну частину котла, до димогарні труби, віддає своє тепло теплоносію системи опалення, після чого йде в димохід. Зола, що залишилася від деревних паливних гранул, із зони згоряння обсипається в зольник, звідки, як і у випадку з пальником об'ємного типу, автоматично (за допомогою шнека з електроприводом) або за допомогою вхідного в комплект обслуговування котла совочка вручну евакуюється в ємність для зберігання попелу . Паливні брикети - форма підготовки різних відходів деревообробки для використання в якості палива.

Технологія виробництва паливних брикетів.

В основі технології виробництва паливних брикетів лежить процес пресування шнеком відходів деревини (тирси) під високим тиском при нагріванні від 250 до 350 ºС. Отримувані паливні брикети не включають в себе ніяких зв'язуючих речовин, крім одного натурального - лігніну, що міститься в клітинах рослинних відходів. Температура, присутня при пресуванні, сприяє оплавлення поверхні брикетів, яка завдяки цьому стає міцнішою, що важливо для транспортування брикета.

Одним з найбільш популярних методів отримання паливних брикетів є екструзія з використанням спеціальних екструдерів. Екструзія (технологічний процес) - метод і процес отримання виробів шляхом продавлювання розплаву матеріалу через формуючий отвір в екструдері.

Параметри брикетів:

– технічні характеристики:

– щільність брикетів, 1,0-1,2 т / м;

– теплотворність, 4600-4900 ккал / кг;

– зольність брикетів, 0,5-1,5 %.

Паливні брикети застосовуються як тверде паливо для твердопаливних котлів систем опалення. Паливні брикети екологічно чистий продукт і горять практично бездимно, тобто процес не створить дискомфорту для робітників.

Види брикетів. Розрізняють 3 основних типи брикетів: прямокутні (вони ж RUF – брикети, за формою – невеликий цегла, виготовляються на гідравлічних пресах при тиску 300-400 бар), циліндричні брикети (з радіальним отвором або без нього, виготовляються на гідравлічних або ударно-механічних пресах при тиску 400-600 бар) і Піні-Кей (4 – або 6 – гранні брикети з радіальним отвором, виготовляються на механічних (шнекових) пресах за допомогою поєднання дуже високого тиску – 1000 –1100 бар – і термічної обробки). Брикети Піні-Кей за рахунок термічної обробки має характерний чорний або темно-коричневий колір зовнішньої поверхні. Їх переваги: стійкість до механічних пошкоджень, висока вологостійкість. Брикет відрізняється

високою калорійністю і тривалим часом горіння. Недоліки: трудомісткість виробничого процесу, необхідність в висококваліфікованих фахівцях, значна енергоємність тощо.

Основні переваги брикетів з тирси : – висока тривалість горіння (брикети горять втричі довше звичайних дров); – теплотворність (більше, ніж у звичайних дров, і практично дорівнює теплотворності кам'яного вугілля); – екологічність (паливні брикети - екологічно чистий продукт, який не має в складі ніяких штучних добавок). Основні моменти спалювання різних деревних відходів докладно розглянуті на рисунку 2.3.

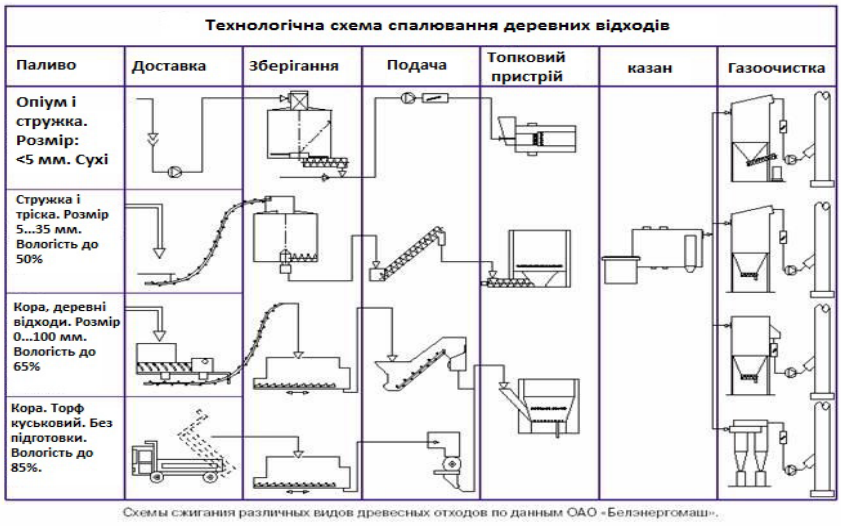


Рисунок 2.3 – Схеми спалювання деревних відходів

Тип деревних відходів багато в чому визначає конструкцію і характеристики установок для їх утилізації. Визначальним при цьому є вологість відходів і розміри шматків. Важливим є потужність установки.

Використання опалого листя. Комплексне використання опалого листя дозволить: отримати додаткове джерело екологічно чистої енергії для потреб цеху, знизити рівень забруднення атмосферного повітря. Опале листя є відновлюваною органічною сировиною, яка щорічно накопичується на території заводу і може бути використана для отримання енергії.

Основні інгредієнти палива. Основними елементарними інгредієнтами твердого палива є вуглець, водень і кисень. За своїм хімічним складом паливо містить не менше 65% вуглецю відповідно до формули CH_xO_y. Для розрахунку кількості повітря, потрібного для спалювання органічних відходів (наприклад, рослинних відходів), використовують емпіричне правило, згідно з яким для видалення кожних 99,1 Дж чистої енергії необхідно 0,02832 м³ повітря за нормальних умов (15,6 °C і тиску 0,1 МПа). Таким чином, для спалювання 1 кг біомаси з низькою теплотворною здатністю 8970 Дж/кг потрібно 2,594 $м^3$ або 1,3 кг повітря. Кількість повітря для згоряння палива потрібно корелювати з теплоутворювальною здатністю органічних відходів.

Фактори небезпеки під час спалювання рослинних відходів й опалого листя. Під час спалювання рослинних відходів та опалого листя збільшується кількість звернеьгромадян за медичною допомогою у зв'язку з захворюванням органів дихання і алергічними захворюваннями. Дослідження показують, що головною причиною цих захворювань є задимлення атмосферного повітря. Таке забруднення зумовлено з безконтрольним спаленням опалого листя підприємствами і приватними особами.

Спалення рослинних відходів та опалого листя є небезпечним для здоров'я людини. У результаті їх спалення утворюються токсичні речовини. Наприклад, оксид вуглецю зв'язує гемоглобін крові і може призвести до погіршення стану людей, які хворіють на бронхіальну астму, серцево-судинні захворювання, гіпертонічну хворобу. Під час спалювання опалого листя також виділяється газ – фосген (сильно отруйна речовина). Зараження повітря фосгеном з концентрацією, що перевищує граничнодопустимі значення, досягає понад 3 км в радіусі навколо джерела. Фосген подразнює слизові оболонки дихальних шляхів, очей, спричиняє набрякання легенів, часто з летальним наслідком. Крім того, продукти згоряння біомаси та опалого листя містять канцерогени і, таким чином, є фактором ризику онкологічних захворювань. Паління опалого листя та біомаси є порушенням

закону України «Про охорону атмосферного повітря», санітарних правил охорони атмосферного повітря ДСП 201-97, статті 77-1 Адміністративного Кодексу України. Закони спрямовані на збереження сприятливого стану атмосферного повітря, його відновлення і поліпшення для забезпечення екологічної безпеки життєдіяльності людини, а також запобігання шкідливого впливу на довкілля. Утилізації рослинних відходів й опалого листя для перероблення їх у гранульовану сировину як основу побутового і промислового палива дозволить зменшити викиди у атмосферу небезпечні для людини і навколишнього середовища речовини.

Листя у своєму складі має органічні і неорганічні сполуки: ефірні масла; смоли; парафіни; солі різних металів; дубильні речовини; сапоніни; фенол; цукор. За фізіологією листя має високу здатність до газообміну. За 1 год 1 $м^3$ листя поглинає з повітря 3−4 л CO_2 і одночасно виділяє стільки ж кисню за товщини листа 0,1−0,25 мм. Звісно, щоб перетворити листя в зручний вид палива, над ними необхідно провести деякі маніпуляції. Їх висушують, подрібнюють, ущільнюють і додають в якості сполучного і додаткового палива віск. Отримані паливні брикети по теплотворній здатності порівняні з високоякісним вугіллям і перевершують дерево. Горять вони 2 - 3 години. А якщо врахувати велику площу підприємства, простір для використання ресурсів є. Між іншим, листя, залишені на перегній, так само як і зібрані і викинуті на смітник, в процесі розкладання викидають в атмосферу метан, а він у двадцять разів сильніший парниковий газ, ніж вуглекислий. Визначено властивості опалого листя для одержання з нього палива після спеціального перероблення. Паливо на основі опалого листя не становить значної загрози навколишньому середовищу. Зразки палива під час згоряння мають задовільні показники шкідливих викидів та мають задовільну середню зольність у межах 9 – 11 %. Отже, цілком можливо використовувати опале листі на підприємстві для виготовлення брикетів та опалення.

Крім того, існують газогенераторні установки, що призначені для спалювання відходів деревообробки (тирса, стружка, тріска) та інших видів

біопалива (торф, лушпиння соняшнику). Установка складається з бункера зі шнековою системою подачі, системи аварійного пожежогасіння, шафи управління, газогенератора.

Установка УДСО працює в автоматичному режимі, не потребує постійної присутності оператора. Залежно від необхідного рівня автоматизації УДСО може комплектуватися різними пультами управління. Отримання тепла з використанням газогенератора являє собою процес, при якому з біопалива виділяються горючі гази, які потім разом з паливом допалюються в топці котла, або інших установках для отримання теплової енергії.

Робота газогенератора заснована на процесі високотемпературного перетворення твердого палива без доступу повітря або в процесі горіння при нестачі повітря в газ, званий генераторним або деревним газом. В результаті термохімічних реакцій, що відбуваються в реакторної зоні, з газогенератора виходить генераторний газ, що складається з горючих газів (окису вуглецю, водню, метану), баластних газів (вуглекислого газу та азоту), парів води, деякої кількості піролізних смол і твердих домішок. Склад, теплотворна здатність, вихід генераторного газу залежить від умов протікання процесу газифікації, складу і вологості палива, методу газифікації використовується в конкретному газогенераторі.

При отриманні генераторного газу з деревини його теплотворна здатність становить 12-13 МДж / кг, питома маса - 1,10 до 1,15 кг / м^3. Вихід газу, в середньому, 1,8 - 2,5 м^3 на кожен кілограм газифікованої деревини.

Завдяки високій ефективності процесу газифікації, а також зручності використання газоподібного палива, подібна схема спалювання є більш чистим і ефективним способом отримання тепла, ніж спалювання твердого палива безпосередньо в топці котла. Ще однією важливою перевагою є те, що для роботи газогенератора використовується паливо низької якості - опилки, подрібнена кора, тріска, тобто паливо мало придатне для спалювання в звичайному котлі.

Хімічний склад генераторного газу наведено у таблиці 2.3, а характеристики енергетичних установок різної потужності у таблиці 2.4.

Таблиця 2.3 - Хімічний склад генераторного газу

Хімічний склад генераторного газу	CO	CO_2	C_nO_m	H_2	O_2	N_2
Об'ємний, %	12 - 14	8 - 15	1 - 4	10 - 17	< 5	50-60

Таблиця 2.4 – Характеристики енергетичних установок різної потужності

Характеристики установки	УДСО-60	УДСО-100	УДСО-150	УДСО-250	УДСО-300	УДСО-400	УДСО-500	УДСО-800	УДСО-1000
Потужність теплоагрегату, кВт	60	100	150	250	300	400	500	800	1000
Об'єм бункера для палива, $м^3$	1,0	1,0	1,2	1,2	1,3	1,3	1,5	1,6	1,6
Час роботи наодному завантаженні, год	5,0	4,0	3,5	3,0	3,0	2,0	3,0	2,5	2,0
Габаритні розміри, не більше, мм:									
довжина	2400	2410	2600	2650	2950	3250	3750	3950	4100
ширина	1300	1340	1500	1550	1610	1680	1710	1720	1850
висота	1700	1700	1700	1700	1800	1800	1800	2000	2050
Масса, кг	1000	1150	1250	1400	1480	1500	1700	1850	2000

Енергетичні установки УДСО є сучасним устаткуванням, призначеним для спалювання сипких деревних відходів з вологістю до 30%. До складу енергетичної установки входять: бункер для сипучого палива, шнековий

транспортер подачі палива, газогенератор і комплект обладнання системи автоматики установки. Тирса (стружка) засипаються в бункер і далі надходять в шнековий транспортер, що працює в автоматичному режимі "подача-пауза" відповідно до заданої на контролері програмою. Шнек здійснює дозовану подачу палива в газогенератор, в якому відбувається процес газифікації, тобто процес практично повного перетворення палива в гарячі гази. Факел палаючого газу направляється в камеру згоряння котла, в якому відбувається нагрів води.Контролер-програматор забезпечує підтримання і регулювання температури теплоносія з точністю 1°С. Циркуляція води в системі забезпечується насосом. Принциповою відмінністю енергоустановок УДСО в порівнянні з енергоустановками кульового спалювання, в яких паливо подається безпосередньо в камеру спалювання водяного котла, є наявність у складі установки газогенератора, що має систему автоматичного регулювання режиму роботи. На стадії газифікації паливо, що подається в дозованій кількості в камеру газоутворення, нагрівається розпеченим реактором, розкладається на вуглець, водяна пара, смоли та олії. Подальша реакція між вуглецем і киснем повітря забезпечує температуру, достатню для утворення окису вуглецю (СО) головного пального компонента газу, що виробляється. Смоли та олії розкладаються на гази, що містять водень. Мінімальна теплотворна здатність газу-1100ккал / м^3. Характеристики установки з сушки деревинних відходів представлено в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Сушка пиломатеріалів

Модель установки	УДСО-100	УДСО-250	УДСО-500
Теплова потужність, кВт	100	250	500
Об’єм пиломатеріалу, що завантажується в сушильну камеру, м^3	20-25	50-60	100-120

Отже, згадана установка є пріоритетною у порівнянні зі звичайними котлами, тому в роботі використовуємо саме їх.

2.4 Конструкція і принцип роботи енергетичних устновок УДСО

Енергетичні установки УДСО є сучасним устаткуванням, призначеним для спалювання сипких деревних відходів з вологістю до 30%. До складу енергетичної установки входять: бункер для сипучого палива, шнековий транспортер подачі палива, газогенератор і комплект обладнання системи автоматики установки. Циркуляція води в системі забезпечується насосом. Принциповою відмінністю енергоустановок УДСО в порівнянні з енергоустановками кульового спалювання, в яких паливо подається безпосередньо в камеру спалювання водяного котла, є наявність у складі установки газогенератора, що має систему автоматичного регулювання режиму роботи. На стадії газифікації паливо, що подається в дозованому кількості в камеру газоутворення, нагрівається розпеченим реактором, розкладається на вуглець, водяна пара, смоли та олії. Подальша реакція між вуглецем і киснем повітря забезпечує температуру, достатню для утворення окису вуглецю (CO) головного пального компонента газу, що виробляється. Смоли та олії розкладаються на гази, що містять водень. Мінімальна теплотворна здатність газу - 1100ккал / $м^3$.

Основні переваги установок УДСО:

- перетворення тирси (стружок) в горючий газ-газифікація палива забезпечує практично повне згоряння палива, в результаті чого досягається високий ККД установки (80-85%);

- автоматична шнекова подача тирси (стружки, тріски) забезпечує їх рівномірне горіння і підтримує високу точність температури води (+ 1 град.), Що особливо важливо при використанні установок в системах теплопостачання камер для сушки деревини. Для досягнення аналогічних результатів при використанні установок шарового та шахтного типу їх необхідно додатково комплектувати дорогими і складними в експлуатації системами автоматичного регулювання температури води;

- автоматичний режим дозованої подачі палива не вимагає постійної присутності обслуговуючого персоналу;

- не потрібна установка димососів з метою подачі в топку необхідного об'єму повітря (особливо при спалюванні сирого палива). Оптимальне співвідношення між кількістю палива, що подається будь-якої вологості і обсягом повітря забезпечується в газогенераторі шляхом автоматичного управління подачею палива і роботою вентилятора наддуву;

- не потрібна установка систем іскрогасіння і очищення димових газів у зв'язку з практично повною згоранням палива (утворюється 1% золи). Високий ступінь згоряння палива досягається шляхом застосування спеціальних режимів газифікації;

- результати замірів шкідливих викидів показують, що вони за кількісним і якісним складом близькі до викидів при роботі котлів на природному газі.

2.5 Розрахунок енергозберігаючого ефекту від використання в якості палива відходів виробництва

Розрахункові навантаження цеху:

$Q_{оп}$=1,0943 Гкал/год;

$Q_{ГВП}$=0,19825 Гкал/год;

ΣQ = 1,3 Гкал/год.

Розрахуємо кількість палива(тирса),згідно [3]:

$$B = \frac{B_1 \cdot \rho \cdot k}{1000}, \tag{2.5}$$

$$B = \frac{6036 м^3 / рік \cdot 570 кг / м^3 \cdot 0,46}{1000} = 1680 \text{ т/рік}$$

де B_1 – кількість перероблюваної деревини на підприємстві, м³/рік;

ρ – щільність деревини, кг/м³;

k – коефіцієнт відходів деревини при переробці.

Розрахунок теплового навантаження на опалення,згідно [3]:

$$Q_1^{оп} = Q_{\max} \frac{t_ц - (t_{сер.зим})}{t_ц - (t_{макс.зим})} \cdot \tau \cdot n, \tag{2.6}$$

де $Q_{\max}$ – розрахункове максимальне навантаження, Ккал/год;

$t_ц$ – температура всередині цеху (необхідна),ºС;

$t_{сер.зим}$ – середньо зимова температура повітря,°С;

$t_{макс.зим}$ – максимальна зимова температура,ºС;

τ –час, год;

n – робочі дні у зимовий період.

Згідно (2.4), обчислимо теплове навантаження на опалення, Гкал:

$$Q_1^{оп} = 1094300 \cdot \frac{16 - (-0{,}4)}{16 - (-22)} \cdot 24 \cdot 124 \cdot 10^{-6} = 1406 \ ,$$

$$Q_2^{оп} = Q_{\max} \cdot \frac{t_{вн} - (t_{сер.зим})}{t_{вн} - (t_{макс.зим})} \cdot \tau \cdot n_{вих}, \tag{2.7}$$

де $t_{вн}$ – температура всередині цеху у вихідні дні, ºС;

$n_{вих}$ – кількість вихідних днів у зимовий період.

$$Q_2^{оп} = 1094300 \cdot \frac{10 - (-0{,}4)}{10 - (-22)} \cdot 24 \cdot 50 \cdot 10^{-6} = 427 \, .$$

Сумарне теплове навантаження на опалення, згідно (2.6) та (2.7), Гкал/зим.сез:

$$\sum Q_{1,2}^{оп} = 1406 + 427 = 1833 \ .$$

З урахуванням 2х змінного режиму роботи та п′ятиденного робочого тижня, Гкал/год:

$$Q_{max\ год}=\text{Q1:124 р.д.:24год} = 1406:124:24=0,47 .$$

Розрахунок теплового навантаження на гаряче водопостачання (ГВП), Гкал/год:

$$\sum Q_{зима}^{ГВП} = Q_в \cdot n_{д.с.} \cdot C \cdot (t_{г.в.} - t_{х.в.}) \cdot \tau \cdot n \ , \qquad (2.8)$$

де $Q_в$ - витрата води (л) на одну душеву сітку;

$n_{д.с.}$ – кількість душових сіток;

C - теплоємність води;

$t_{г.в.}$ - температура гарячої води, °С;

$t_{х.в.}$ – температура холодної води, ºС;

τ – час миття на добу;

n – кількість робочих днів у зимовий сезон.

Отже:

$$\sum Q_{зима}^{ГВП} = 270 \cdot 34 \cdot 1 \cdot (60 - 5) \cdot 6 \cdot 124 = 375,6$$

$$\sum Q_{літо}^{ГВП} = Q_в \cdot n_{д.с.} \cdot C \cdot (t_{г.в.} - t_{х.в.}) \cdot \tau \cdot n, \qquad (2.9)$$

де n – кількість робочих днів у літній сезон.

$$\sum Q^{ГВП} = 375,6+339,6=715,17.$$

Сумарне середньорічне навантаження опалення та ГВП, Гкал/рік

$$\sum Q^{оп+ГВП} = 1833+715,17=2548,17 .$$

Розрахунок палива при середньогодинному навантаженні на опалення та ГВП, згідно с [3]:

$$Врік = \frac{\sum Q^{оп+ГВП}}{Q_н^р \cdot \eta}, \tag{2.10}$$

де $\sum Q^{оп+ГВП}$ – сумарне середньорічне навантаження, Гкал/рік;

$\sum Q_н^р$ – калорійність деревини, ккал/кг;

η – ККД котла.

Згідно з (2.8) кількість палива, т/рік:

$$Врік = \frac{2548{,}17 \cdot 10^6}{200 \cdot 0{,}9} = 1416$$

Розрахунок середньогодинного навантаження на опалення та ГВП, згідно з [3], Гкал/год:

$$Q_{сер.год}^{оп} = \frac{Q_{\max 1}^{оп}}{n \cdot \tau}, \tag{2.11}$$

$$Q_{сер.год}^{оп} = \frac{1406}{124 \cdot 24} = 0{,}5 \ .$$

Середньогодинне навантаження на ГВП в зимовий період, згідно [3], Гкал/год:

$$Q_{сер.год}^{ГВП} = \frac{Q_{зима}^{ГВП}}{n \cdot \tau}, \tag{2.12}$$

$$Q_{сер.год}^{ГВП} = \frac{187{,}8}{124 \cdot 6} = 0{,}25 \ .$$

Сумарне середньогодинне навантаження на опалення та ГВП, згідно з [3]:

$$\sum Q_{сер.год}^{оп+ГВП} = Q_{сер.год}^{оп} + Q_{сер.год}^{ГВП}, \tag{2.13}$$

Отже, розрахуємо:

$$\sum Q_{сер.год}^{оп+ГВП} = 0,5 + 0,25 = 0,75 \ .$$

Розрахунок палива при середньогодинному навантаженні на опалення та ГВП,згідно [3], кг/р:

$$B_{сер.год}^{оп+ГВП} = \frac{\sum Q_{сер.год}^{оп+ГВП}}{2000 \cdot 0,9}, \tag{2.14}$$

Отримаємо:

$$B_{сер.год}^{оп+ГВП} = \frac{0,75 \cdot 10^6}{2000 \cdot 0,9} = 417$$

Розрахуємо паливо при середньогодинному навантаженні на ГВП, в літній сезон,згідно з [3], кг/год:

$$B_{сер.год.літо}^{ГВП} = \frac{\sum Q_{сер.год.літо}^{ГВП}}{2000 \cdot 0,9}, \tag{2.15}$$

Отже:

$$B_{сер.год.літо}^{ГВП} = \frac{0,413 \cdot 10^6}{2000 \cdot 0,9} = 185,85 \ .$$

Розрахуємо паливо при середньогодинному навантаженні на ГВП на добу, згідно з [3]:

$$B_{доб.літо}^{ГВП} = B_{сер.год.літо}^{ГВП} \cdot n, \tag{2.16}$$

Отже:

$$B_{доб.літо}^{ГВП} = 185,85 \cdot 6 = 1115,1.$$

Навантаження на ГВП за літній сезон с урахуванням кількості робочих днів, т/сезон:

$$B_{літ.період}^{ГВП} = 1115,1 \cdot 137 = 153 \ .$$

Розрахуємо кількість палива, накопиченого в літній період, згідно з [3], т/сезон:

$$B_{накоп} = (6 \cdot 137.) - 153 = 669.$$

Розрахуємо резерв невикористаного палива, т / рік:

$$B_{рез} = B_{розрах} + B_{річ} = 1680 - 1416 = 264 .$$

При переводі в теплову енергію маємо, Гкал/рік:

$$264 \cdot 2000 \cdot 0{,}9 = 475{,}2 .$$

Розрахунок економії природного газу за рахунок спалювання відходів

$$Q = B_{річ}^{пал} \cdot Q_{н}^{р} \cdot \eta, \qquad (2.17)$$

Отримаємо:

$$Q = 1416 \cdot 2000 \cdot 0{,}9 = 2548{,}17 \cdot$$

Переводимо теплову енергію в газ, $м^3$:

$$2548{,}17 \cdot 137 м^3 = 349099 .$$

Вибір обладнання

Для вибору котлів приймаємо:

Максимальне середньогодинне навантаження на опалення, Гкал/год:

$$Q_{\max год}^{оп} = 0{,}47 .$$

Навантаження на гаряче водопостачання, Гкал/год:

$$Q_{\max год}^{ГВП} = Q_{зима}^{ГВП} : 124 : 24 = 0{,}13.$$

Сумарне значення складе, Гкал/год:

$$\sum Q_{\max год}^{оп+ГВП} = 0{,}47 + 0{,}13 = 0{,}6.$$

Обираємо два котли потужністю 0,8 МВт з продуктивністю 1,7 Гкал/год, з розрахунком, що один працює, а другий у резерві. Перший котел працює ні рідкому паливі, другий – на твердому, з метою плавного регулювання генерації

тепла та корегування навантаження в залежності від сезону. Витрата палива за максимальної потужності складе 410-470 кг/год.

Для вироблення теплової енергії на літній сезон необхідно, т/сезон:

$$B_{літо}^{ГВП} = \frac{2,48}{0,7} = 3,54 + 2,5 \cdot 0,42 = 2,52 \cdot 137. = 345,$$

При цьому накопичення в літній період складе, т/сезон:

$$B_{накоп}^{пал} = 6 - 2,52 \cdot 137 = 479,5,$$

В зимовий період при максимальному годинному навантаженні та цілодобовому режимі опалення отримаємо, т/сезон:

$$B_{накоп}^{оп+ГВП} = 108 \text{ т/добу} \cdot 124 \text{ р.д} = 1339,$$

При спалюванні 450 кг тирси на годину:

$$B_{в.д.}^{оп} = \frac{Q_{сер.год.вих.д.}^{оп}}{2000 \cdot 0,9}, \tag{2.18}$$

Розрахуємо кількість палива на день, т/день:

$$B_{в.д.}^{оп} = \frac{0,36 \cdot 10^6}{2000 \cdot 0,9} = 0,2.$$

Розрахуємо кількість палива у сезон, т/сезон:

$$B_{в.д.сезон}^{оп} = 0,2 \cdot 50 = 10.$$

Сумарне значення складе, т/зим. сезон:

$$\sum B_{р.д.+в.д.}^{оп+ГВП} = 1339 + 10 = 1349 .$$

Потреба палива у рік складає, т/рік:

$$B_{літо}^{гвп} + \sum B_{р.д.+в.д.}^{оп+ГВП} = 345 + 1349 = 1694 \text{ т/рік}.$$

3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОДІВ

3.1 Економічна доцільність утилізації теплової енергії відхідних газів термічного обладнання

Для котла утилізатора розрахункової продуктивності потрібна потужність складає 18750 ккал/год. Вартість об'єму газу, який потрібний для такої потужності 7800 м^3:

$$Вартість = \sum V \cdot тариф = 7800 \cdot 3{,}9 = 30420 \text{ грн.}$$

Капіталовкладення будуть складатися з витрат на котел-утилізатор, вартість робіт з монтажу. Вартість монтажних і пуско-налагоджувальних робіт, в даному випадку, складе 7%, а на поточний ремонт і обслуговування основних фондів - 5% від капвитрат.

Розрахунок капіталовкладень, грн.:

$$K = K_B + K_{тр} + K_м + K_{ПНР} \quad (3.1)$$

де K_B - вартість обладнання, грн.; $K_{тр}$ - транспортні витрати, грн.; $K_м$ - вартість робіт з монтажу, грн.; $K_{ПНР}$ - вартість робіт з пуско-налагодження, грн.

Розрахунок капіталовкладень виконано згідно формулі 3.1. Вартість робіт з монтажу і пуско- налагодження, грн:

$$K_м = 68000 \cdot 0{,}07 = 4760 \cdot$$

Капітальні витрати становлять, грн:

$$K = 68000 + 4760 = 72760 \cdot$$

Загальні капітальні витрати на ЗКУ, грн:

$$K = 72760 \cdot 3 = 218280 \cdot$$

Для того, щоб зробити висновок щодо доцільності впровадження, котлів-утилізаторів типу УПГ-0,03-0,6 необхідно визначити ряд техніко-економічних показників, а саме: річну вигоду від реалізації проекту, ефективність вкладень і термін її окупності.

– річна вигода при експлуатації ТН котлів-утилізаторів типу УПГ-0,03-0,6 складає, грн:

$$E = 35880 \cdot 3 = 107640 .$$

– коефіцієнт ефективності капіталовкладень:

$$E_p = \frac{107640}{218280} = 0{,}49 .$$

– термін окупності капітальних вкладень, років:

$$T_{ок} = \frac{218280}{107640} = 2{,}03 .$$

Таблиця 3.1 – Техніко-економічні показники впровадження котлів-утилізаторів типу УПГ-0,03-0,6 в умовах термічної ділянки

№п/п	Економічні показники	Котел-утилізатор типу УПГ-0,03-0,6
1	Капітальні витрати, грн	218280
2	Економічний ефект, грн	107640
3	Ефективність капіталовкладень	0,49
4	Термін окупності, років	2,03

Вартість системи утилізації теплової енергії відхідних газів термічного обладнання за рахунок впровадження котлів-утилізаторів типу УПГ-0,03-0,6 становить 218,3 тис. грн. За рахунок цієї системи можна знизити споживання природного газу на 23,4 тис. м^3.

Кількість теплової енергії, що виробляється КУ дорівнює 18750 ккал/год., при роботі печей 5200 год/рік, собівартість телової енергії C_{me} буде становити, грн./Гкал:

$$C_{me} = \frac{47113}{0{,}01875 \cdot 5200} = 483{,}24 .$$

3.2 Економічна ефективність використання в якості палива відходів виробництва

Пропонується, з метою зниження собівартості теплової енергії, використовувати високоефективну технологію отримання газу з відходів деревинного виробництва. Економічна ефективність заходу забезпечується за рахунок різниці у вартості природного газу та місцевих деревинних відходів, перероблених у тріску. Джерелом тріски служать деревні відходи виробництва деревообробного цеху.

Повні витрати для забезпечення потреб у тепловій енергії (базовий варіант):

$$З_{б\,н} = З_{т1} + З_{ФОП1} + За_1 + З_{р.1} , \qquad (3.2)$$

де, $З_{т1}$ – річні витрати на енергоносії по базовому варіанту, грн.;

$З_{ФОП1}$ – витрати на фонд оплати праці по базовому варіанту, грн.;

$З_{а1}$ – витрати на амортизацію устаткування по базовому варіанту, грн., $З_{а1}$=2580 грн.(за даними заводу);

$З_{р.1}$ - витрати на поточний ремонт устаткування базового варіанта, грн., $З_{р.1}$=800 грн.(за даними заводу).

Річні витрати на енергоносії за базовим варіантом:

$$З_{т1} = З_{газ}+З_{оп}+З_{вент,} \quad (3.3)$$

$$З_{газ} = В \cdot Ц_г \ ,$$

де $Ц_г$ – ціна природного газу, $Ц_г$ = 3900 грн за 1 тис.м^3.;

$В$ – потреба палива на рік, $В$ = 98,71 м^3/рік.

$$З_{газ} = 98,71 \cdot 3900 = 415\ 390,\ 05 \text{ тис.грн;}$$

$$З_{оп} = 253 \cdot 3900 = 55\ 205,5 \text{ тис.грн;}$$

$$З_{вент} = 54,3 \cdot 3900 = 18\ 848 \text{ тис.грн.}$$

$З_{т1}$ = 415 390,05+55205,5+18 848= 489 443,55 тис.грн.

Витрати на фонд оплати праці за базовим варіантом, грн.:

$$З_{ФОП1} = n_1 \cdot З_г \ , \quad (3.4)$$

де n_1 – кількість обслуговуючого персоналу за базовим варіантом, осіб, n =3(за даними заводу за грудень 2010 р.);

$З_г$ - оплата праці одного співробітника обслуговуючого персоналу за рік, грн., $З_г$=20000 грн.(за даними заводу за грудень 2010 р.).

$$З_{ФОП1} = 3 \cdot 20000 = 60000 \text{ грн.}$$

Повні витрати на експлуатацію базового варіанта за рік розраховуємо за формулою (3.1), грн.:

$З_{п\ б}$ = 489 443,55 +60000+2580+800 = 552 823, 55 тис.грн.

Повні витрати на експлуатацію нового варіанта за рік, грн.:

$$З_{п\ н} = З_{т2} + З_{ФОП2} + З_{а2} + З_{р.2} \ , \quad (3.5)$$

де $З_{т2}$– річні витрати на енергоресурси у новому варіанті, грн.;

$З_{ФОП2}$ – витрати на фонд оплати праці у новому варіанті, грн.;

$З_{а2}$ – витрати на амортизацію встаткування у новому варіанті, грн.;

$З_{р.2}$ - витрати на поточний ремонт нового обладнання, грн.

Річні витрати на енергоресурси за новим варіантом, грн.:

$$З_{т2} = С_п, \quad (3.6)$$

де $С_п$ – витрати на паливо, тис. грн.

Витрати на фонд оплати праці за новим варіантом, грн.:

$$З_{ФОП2} = п_2 \cdot З_г , \quad (3.7)$$

де n_2 – кількість обслуговуючого персоналу за новим варіантом, осіб, n=2 (за даними заводу-виробника).

$$З_{ФОП2} = 2 \cdot 20000 = 40000 \text{ грн.}$$

Витрати на амортизацію устаткування за новим варіантом, грн.:

$$З_{а2} = КВ_1 \cdot Н_а , \quad (3.8)$$

де $КВ_1$ – вартість устаткування.

Вартість устаткування визначається за формулою:

$$КВ_1 = С_{к.обл.} + С_{уст.руб.} + С_{трансп.} + С_б + С_{уст.пел.} + С_{дим.тр.} \quad (3.9)$$

де $С_{к.обл}$ – вартість котельного обладнання, грн.;

$С_{уст.руб}$ - установка рубільна типу МРГ-40, грн.;

$С_{трансп.}$ – вартість стрічкового транспортеру, грн.;

$С_б$ – вартість бункеру, грн.;

$С_{уст.пел}$ – вартість установки для пелетування, грн.;

$С_{дим.тр.}$ – вартість димової труби,грн.

Зведені дані вартості обладнання наведені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Зведені дані вартості обладнання

Вид обладнання	Одиниці виміру, грн.
Обладнання УДСО-800	640 000
Установка рубильна	85 000
Стрічковий транспортер	80 000
Бункер	65 000
Димова труба	50 000
Всього	1 020 000

Згідно даних таблиці 3.1. та формули (3.8):

$$КВ_1=640\ 000+85\ 000+80\ 000+65\ 000+100\ 000+50\ 000=1020\ 000 \text{ грн.}$$

$Н_а$ – норма амортизаційних відрахувань на устаткування, $Н_а=0,24$.

$$З_{а2}= 1\ 020\ 000 \cdot 0,24 = 273\ 600 \text{ грн.}$$

Витрати на поточний ремонт нового обладнання, грн.:

$$З_{р.2}=0,1 \cdot З_{а2}, \qquad (3.10)$$

де 0,1 – 10% відрахувань на поточний ремонт нового обладнання;
$З_{а2}$ - витрати на амортизаційні відрахування, грн.

$$З_{р.2}=0,1 \cdot 273\ 600=27360 \text{ грн.}$$

Капітальні вкладення за новим варіантом, грн.:

$$КВ=КВ_1+КВ_2, \qquad (3.11)$$

де $КВ_2$ – вартість монтажних робіт, грн., $КВ_2=193\ 000$ тис.грн (за даними пуско-налагоджувальної організації).

$$КВ_{кот}=1020\ 000+193\ 000=1233000.$$

Повні витрати на експлуатацію нового варіанта за рік розраховуємо за формулою (3.4), грн.:

$$З_{п\ н}=32\ 148,2 +40\ 000+27\ 360 = 100\ 235,2.$$

Річний економічний ефект, грн.:

$$E_р = З_{п\ б} - З_{п\ н}, \quad (3.12)$$

$$E_р = 552\ 823,\ 55 - 100\ 235,2 = 452588.$$

Собівартість теплової енергії що виробляється, грн./Гкал:

$$C = З_п / Q^{річ}, \quad (3.13)$$

де, $Q^{річ}$ – кількість теплової енергії, що виробляється, Гкал/рік

$$C = 452588/2548,17 = 177,6.$$

Строк окупності капітальних вкладень, років:

$$T = \frac{КВ}{Е_р}, \quad (3.14)$$

$$T = \frac{1233000}{452588}. = 2,7.$$

Економічна ефективність капітальних вкладень, грн./1грн. КВ:

$$E = \frac{Е_р}{КВ},$$

$$E = \frac{452588}{1233000}. = 0,37.$$

3.3 Економічна ефективність відключення вентиляторних установок

Як було визначено, на підприємстві активно використовують вентиляторні установки для створення необхідного мікроклімату та забезпечення комфортних умов праці співробітників.

Однак, перехід на виробництво закритого типу викликав необхідність у відключенні частини вентиляторів. Загалом, на підприємстві використовується близько 160 вентиляторних установок, найбільш потужні з яких зосереджено у зварювальному цеху та гальванічній ділянці апаратного цеху.

Виходячи з проведеного аналізу, було прийнято рішення відключити 48 вентиляторних установок, загальною потужністю 225 кВт.

Отже, економічний ефект складе, грн.:

$$E = P_в \cdot t_{роб} \cdot C_{ее.}$$

де $P_в$ – потужність вентиляторних установок, що виводяться, кВт;

$t_{роб}$ – час роботи установок, год/рік;

$C_{ее}$ – вартість електричної мережі для підприємства, грн./кВт·год.

$$E = 225 \cdot 4000 \cdot 1,04 = 748800.$$

Оскільки, вентиляторні установки в переважній більшості є малопотужними, то замість використання автоматичного регулювання їх частотою обертання, яке економічно недоцільне, планується здійснювати відключення частини вентиляторних установок.

3.4 Економічна доцільність впровадження запропонованих заходів в умовах ПРАТ «ЗТР»

В таблиці 3.2 наведено зведені дані щодо економічної ефективності впровадження запропонованих заходів х енергозбереження.

Таблиця 3.2 - Техніко-економічні показники впровадження запропонованих заходів в підприємства ПРАТ «ЗТР»

№ п/п	Економічні показники	Утилізація теплової енергії відхідних газів	Відключення вентиляторних установок	Використання відходів ворбництва	Система заходів
1	Капітальні витрати, грн	218280	-	1233000	1806280
2	Економічний ефект, грн	107640	748800	452588	1975839
3	Ефективність капіталовкладень	0,49	-	0,37	1,1
4	Термін окупності, років	2,03	-	2,7	0,92

Всі запропоновані проекти виявилися економічно вигідними, бо строк окупності не перевищує 5 років та коефіцієнт капітальних вкладень та більше від нормативних 0,15, відповідно.

ВИСНОВКИ

У дипломній роботі проаналізовано існуючу систему енергоспоживання та втрати енергії у даній системі.

Виходячи з аналізу енергоспоживання та енерговитрат підприємства, аналізу можливих шляхів збереження теплової та електричної енергії, за даних умов найперспективнішим напрямом енергозбереження є децентралізація теплопостачання підприємства та виключення з роботи непотрібних вентиляторних установок.

Оскільки, в процесі виробництва на підприємстві утворюється велика кількість відходів з деревини, а саме близько 1600 тон на рік, було прийнято рішення використовувати їх як додаткове джерело теплоти для найбільших споживачів, якими є Збиральні корпуси №1 і № 2, шляхом високотемпературного перетворення твердого палива без доступу повітря або в процесі горіння при нестачі повітря в газ в спеціальних газогенераторних установках. Подібна схема спалювання є більш чистим і ефективним способом отримання тепла, ніж спалювання твердого палива безпосередньо в топці котла. Крім того, для зменшення втрат теплової енергії, яка може сягати до 30 % від загального теплоспоживання, в роботі передбачено і розраховано ефект від застосування сучасних ізоляційних матеріалів.

На заводі, в деяких цехах, активно використовують вентиляторні установки для створення необхідного мікроклімату та забезпечення комфортних умов праці співробітників. Однак, оскільки останнім часом намітився перехід на виробництво закритого типу, тобто використання герметичних автоматизованих апаратів, необхідність у роботі частини вентиляторів відпала. Загалом, на підприємстві використовується близько 160 вентиляторних установок, найбільш потужні з яких зосереджено у зварювальному цеху та гальванічній ділянці апаратного цеху. Виходячи з проведеного аналізу, було прийнято рішення відключити 48 вентиляторних

установок, загальною потужністю 225 кВт, що дозволить зменшити споживання електричної енергії на 900 тис. кВт год на рік.

В економічній частині визначено, що капітальні вкладення, в усі в сукупності запропоновані енергозберігаючі заходи окупляться за рахунок прибутку вже за 1 рік. При цьому річний економічний ефект досягає близько2 млн. грн., що підтверджує доцільність реалізації проектів.

В роботі розглянуті заходи з техніки безпеки, технологічна карта умов праці для оператора котельні, а також схема аерації приміщення.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Баланчевадзе В. І., Барановський О. І. та ін. (ред. Дьяков А. Ф.). Енергетика сьогодні і завтра. – Київ: Енергоатомиздат, 1990. – 344 с.

2. Бакалін Ю. І. Енергозбереження та енергетичний менеджмент: Навчальний посібник. – Харків, 2002. – 200 с.

3. Жидицький В. Ц., Джигерей В. С., Мельников А. В. Основи охорони праці: Навчальний посібник. – Львів: Афіша, 2000. – 351 с.

4. Ковалко М. П., Денисюк С. П. Енергозбереження – пріоритетний напрямок державної політики України. – Київ: УЕЗ, 1998. – 506 с.

5. Кожевніков К. Г., Вакулко А. Г. (ред.). Енергоаудит: Збірник методичних і науково-практичних матеріалів. – Київ: Енергоресурсозбереження, 1999. – 224 с.

6. Луговий О. В., Чорний А. П. Питання практичного енергозбереження промислових підприємств // Проблеми створення нових машин і технологій: Зб. наук. праць КГПІ. – Кременчук: КГПІ, 1998. – Вип. 1. – С. 5-13.

7. Методичні вказівки до виконання організаційної і економічної частини дипломних проектів для студентів ЗДІА спеціальності 7.09010 «Теплоенергетика» денної та заочної форм навчання / Укл. Л. С. Сердюк. – Запоріжжя: ЗДІА, 2005. – 28 с.

8. Праховник А. В., Соловей А. І. Енергетичний менеджмент. – Київ: НТУУ «КПІ», 2001. – 472 с.

9. Барановський А. І., Баланчевадзе В. І. Теплоенергетика та енергозбереження. – Київ: Енергоатомиздат, 1989. – 256 с.

10. Щекін Р. В. Довідник з теплопостачання та вентиляції. – Київ: Будівельник, 1968. – 289 с.