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 Підвищення ефективності електроспоживання прокатним обладнанням ПАТ «Запоріжсталь»_____

Виконав: студент __4___ курсу, групи__ 6.1410-з
спеціальності _____141 Електроенергетика,_____
електротехніка та електромеханіка_____
(код і назва спеціальності)
спеціалізації _____
(код і назва спеціалізації)
освітньої програми _Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка_____
(назва освітньої програми)
_____Рудий М. В._____
(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

_____Рудому Михайлу Володимировичу_____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи Підвищення ефективності електроспоживання прокатним обладнанням ПАТ «Запоріжсталь»_____
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 №_2212 - с_____
2 Строк подання студентом роботи _____11 червня 2024 р._____
3 Вихідні дані до роботи: аналіз електроспоживання цеху та структура споживачів показали, що найбільша кількість електроенергії, а саме 36%, споживається безпосередньо прокатним станом. Решта енергії приходиться на допоміжне обладнання, а також вентиляцію і кондиціювання 6,6%, та освітлення близько 3%.
4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1) Аналіз можливостей підвищення енергоефективності цеху гарячої прокатки комбінату ПАТ_«Запоріжсталь» 2) Розрахунок заходів з підвищення ефективності електроспоживання ЦГПТЛ ПАТ «Запоріжсталь» 3) Техніко-економічна оцінка ефективності заходів з підвищення енергоефективності ЦГПТЛ.
5 Перелік графічного матеріалу _1) Аналіз електроспоживання цеху 2) Схема однолінійна 3) Схема управління емульсійними насосами 4) Розмотувач стану

5) Техніко-економічні показники підвищення ефективності електроспоживання цеху.

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 енергоефективності цеху гарячої прокатки комбінату ПАТ_«Запоріжсталь»	01.03.2024	
2	Розрахунок заходів з підвищення ефективності електроспоживання ЦГПТЛ ПАТ «Запоріжсталь»	01.04.2024	
3	Техніко-економічна оцінка ефективності заходів з підвищення енергоефективності ЦГПТЛ	10.05.2024	

Студент _____ _____ М. В. Рудий
(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 75 сторінок, 6 рисунків, 31 таблиця, 12 джерел.

У даній роботі розглянутий комплекс заходів, що дозволяє дослідити способи підвищення ефективності електроспоживання прокатним обладнанням ПАТ «Запоріжсталь».

В основній частині роботи проводиться аналіз енергоспоживання цеху, визначено найбільш енергоємне обладнання. Проведено аналіз можливих заходів підвищення енергоефективності та проведено розрахунок економії енергоресурсів від впровадження енергозберігаючих заходів.

В економічній частині проекту оцінено економічну доцільність впровадження заходів за такими показниками: термін окупності, чиста теперішня вартість (NPV), внутрішня норма рентабельності (IRR), індекс доходності (PI).

ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, МОДЕРНІЗАЦІЯ, ЕНЕРГОАУДИТ, ГАРЯЧА ПРОКАТКА

ЗМІСТ

Вступ 7

1 Аналіз можливостей підвищення енергоефективності цеху гарячої прокатки комбінату ПАТ «Запоріжсталь» 9

1.1 Фактори, що впливають на зниження витрат енергії 9

1.2 Опис об'єкта дослідження 19

1.3 Технологія виробництва. Обладнання ЦГПТЛ 22

1.4 Аналіз енергоспоживання ЦГПТЛ 28

1.5 Можливі заходи підвищення енергоефективності у галузі обробки металу тиском 34

1.6 Аналіз можливих заходів з підвищення енергетичної ефективності цеху гарячої прокатки 41

1.7 Обгрунтування доцільності впровадження заходів 44

2 Розрахунок заходів з підвищення ефективності електроспоживання ЦГПТЛ ПАТ «Запоріжсталь» 46

2.1 Розрахунок зниження витрати електричної енергії за рахунок модернізації системи управління емульсійних насосів на стану 48

2.2 Розрахунок зниження витрати електричної енергії за рахунок автоматизації стендів прискореного охолодження 50

2.3 Розрахунок зниження витрати електричної енергії за рахунок заміни електродвигуна розмотувача 51

3 Техніко-економічна оцінка ефективності заходів з підвищення енергоефективності ЦГПТЛ 52

3.1 Загальні питання ефективності енергозберігаючих заходів 52

3.2 Проект №1. Модернізація системи управління насосів стану 57

3.3 Проект №2. Автоматизація стендів прискореного охолодження 60

3.4 Проект №3. Заміна електричного двигуна розмотувача стану .. 63

3.5 Загальний комплексний проект 67
Висновки 72
Перелік посилань 74

ВСТУП

Однією з визначальних умов зниження витрат на промислових підприємствах і підвищення економічної ефективності виробництва в цілому є раціональне використання енергетичних ресурсів. Разом з тим, енергозберігаючий шлях розвитку вітчизняної економіки можливий тільки при формуванні та подальшої реалізації програм енергозбереження на окремих підприємствах, для чого необхідне створення відповідної методологічної та методичної бази. Відкладання реалізації енергозберігаючих заходів завдає значних економічних збитків підприємствам і негативно відбивається на загальній екологічній та соціально-економічної ситуації.

Ефективність використання енергоресурсів є одним з найважливіших показників ефективності підприємства в цілому, а для металургійних підприємств, з характерною для них великою енергоємністю, - ще й однією з підстав для виживання.

У прокатних цехах металургійних підприємств повного циклу споживання первинних енергоресурсів може досягати 20% від загальних їх витрат по підприємству, електроенергії - дещо менше (приклад розподілу електроенергії по виробництвам для заводу з повним циклом сортового напрямки: доменне - 4%; коксохімічне - 9%; прокатне - 16%; сталеплавильне - 5%; енергетика - 47%; механіка та інш. - 6%).

Кінцевим підсумком діяльності в галузі енергозбереження є зменшення енерговитрат, тобто витрат на придбання енергоресурсів, а при змінюються обсягах виробництва - зменшення частки енерговитрат у сумарних витратах на виробництво продукції. Цей результат може бути досягнутий різними методами, і існують відомі класифікації методів енергозбереження по їх витратності, технічної оснащеності та складності, термінів окупності, наукоємності та інші.

ПАТ "Запоріжсталь" за обсягом виробництва входить в четвірку найбільших підприємств України. Комбінат є виробником високоякісної металопродукції - чавуну, сталі, листового прокату з вуглецевих, низьколегованих, легованих і нержавіючих сталей, гнутого профілю, жерсті, будівельних матеріалів і товарів народного споживання. Комбінат є одним з основних постачальників листового прокату і гнутих профілів для українського машинобудування, жерсті для харчової промисловості.

Комбінат "Запоріжсталь" щомісячно демонструє стабільну динаміку скорочення споживання природного газу та покупних енергоресурсів, слідуючи технологічної стратегії групи "Метінвест", яка передбачає модернізацію виробництва та реалізацію енергозберігаючих заходів.

1 АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЦЕХУ ГАРЯЧОЇ ПРОКАТКИ КОМБІНАТУ ПАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ»

1.1 Фактори, що впливають на зниження витрат енергії

Ефективність використання енергії характеризується динамікою відповідних показників. Для того, щоб оцінити ефективність споживання енергоресурсів на підприємстві, необхідно, насамперед, визначити фактори, що будуть впливати на зміну цього споживання.

Всі фактори, що визначають рівень розвитку енергоспоживання поділяються на зовнішні і внутрішні по відношенню до промислового підприємства. Класифікацію факторів наведено в таблиці 1.2. Особливістю цієї класифікації є те, що наведені в ній фактори не розподіляються за впливом споживання різних видів енергії.

Внутрішніми або внутрішньозаводськими називаються фактори, що залежать від діяльності розглянутого підприємства і функціонують в рамках даного підприємства.

Серед внутрішніх факторів, котрі прямо впливають на обсяг споживання енергії, особливої уваги заслуговує зміна обсягу виробництва окремих видів продукції. При збільшенні кількості виробленої продукції частіше усього збільшується і кількість спожитих енергоресурсів. Однак, це характерно не для усіх випадків. Вплив даного фактора не можна розглядати окремо від фактора «структура виробленої продукції». При збільшенні виробництва менш енергомісткої продукції величина основного показника споживання енергії – енергомісткості – зменшиться, а при значних структурних змінах може зменшитися і кількість споживаних енергоресурсів.

Класифікація факторів ефективності енергоспоживання та напрямків інвестицій в енергозбереження наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Класифікація факторів ефективності енергоспоживання та напрямків інвестицій в енергозбереження

<table>
<tr><td colspan="3">Напрямки енергозбереження</td></tr>
<tr><td></td><td>Комплексні</td><td>Часткові</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Внутрішні</td><td>Підвищення технічного рівня виробництва</td><td>- впровадження нової енергозберігаючої техніки;
- впровадження нових енергозберігаючих технологій;
- удосконалення діючої техніки й технології;
- поліпшення якості енергоресурсів, вибір параметрів енергоносіїв;
- впровадження ефективних енергоносіїв</td></tr>
<tr><td>Удосконалення організації використання енергоресурсів</td><td>- оптимізація структури споживаних енергоресурсів;
- оптимальний розподіл енергетичних навантажень;
- використання вторинних енергетичних ресурсів;
- удосконалення нормування, обліку й контролю за витратами енергії;
- удосконалення системи економічного стимулювання раціонального використання енергії</td></tr>
<tr><td>Удосконалення організації виробництва і праці</td><td>- поліпшення організації й структури виробництва;
- максимальне завантаження енергоспоживаючого устаткування;
- зміна обсягу виробництва окремих видів продукції;
- скорочення втрат від браку;
- удосконалення організації та підвищення якості ремонтів енергоспоживаючого устаткування</td></tr>
<tr><td>Зовнішні</td><td colspan="2">- удосконалення законодавчого регулювання споживання енергії;
- посилення впливу органів державного нагляду за споживанням енергії;
- посилення ринкового впливу.</td></tr>
</table>

Наступним внутрішнім фактором, що здійснює значний вплив на обсяг споживання енергії є структура споживаних енергоносіїв. Тут найбільш важливе значення має їх ефективність, що залежить, насамперед, від якості енергії.

При поліпшенні якості енергоресурсів зменшується кількість відходів і, відповідно, зменшується загальне їх споживання. Величезне значення має і підвищення рівня використання вторинних енергетичних ресурсів.

Крім того, вплив на обсяг споживання здійснює і технічний рівень виробництва. Сюди, насамперед, потрібно віднести наявність досконалих енергозберігаючих технологій і сучасного устаткування. Зокрема, необхідно стежити за повнотою завантаження устаткування, збалансованістю потужності технологічних агрегатів і енергетичного приводу, порядку і часу проведення ремонтів устаткування.

Вплив на обсяг споживання енергоресурсів здійснює і система управління цим споживанням. Тут необхідно відзначити роль нормування, планування й обліку енергетичних ресурсів. Велике значення також має й особиста зацікавленість працівників в економії енергії, отже, одним із факторів буде наявність системи економічного стимулювання раціонального використання енергоресурсів. Крім того, варто звернути увагу на постійне впровадження наукових розробок, винаходів і раціоналізаторських пропозицій, спрямованих на економію енергоресурсів.

Всі перераховані вище фактори можна віднести до внутрішніх, тобто таких, зміна яких у значній мірі обумовлена поточною та довгостроковою політикою самого підприємства.

Існує також група зовнішніх факторів. До зовнішніх відносяться фактори, що не залежать від діяльності розглянутого підприємства. Вони розділяються в залежності від рівня управління промисловістю і характеру впливу на обсяг споживання енергії.

У залежності від рівня управління промисловістю зовнішні фактори поділяються на:

- народногосподарські фактори, що функціонують в рамках народного господарства або кількох його галузей;
- галузеві фактори – у рамках галузі;
- регіональні фактори - у рамках району, міста, області.

За характером впливу на обсяг енергоспоживання виділяються, так звані, ринкові фактори:

- структура цін на різні види енергії (зміна цін на окремі види енергії тягне за собою необхідність зміни структури споживання енергоресурсів на підприємстві);
- перспектива наявності на ринку окремих видів енергоресурсів (можливе в найближчому майбутньому вичерпання якогось енергоресурсу тягне за собою необхідність його заміни іншим, що відзначається на загальному обсязі енергоспоживання);
- кількість енергії, споживаної конкурентами для виробництва аналогічної продукції (прагнення перемогти в конкурентній боротьбі стимулює до зменшення витрат на енергію).

Крім факторів ринкового впливу, до зовнішнього можна віднести екологічні фактори. Так, наприклад, плата за викиди шкідливих речовин в атмосферу значно збільшує загальну суму витрат на енергоресурси.

Всі фактори і зовнішні, і внутрішні тим або іншим способом впливають на обсяги споживання енергоресурсів. У залежності від характеру цього впливу їх можна розділити на дві групи: екстенсивні й інтенсивні. Інтенсивний і екстенсивний шляхи підвищення ефективності енергоспоживання утворюються системою внутрішніх і зовнішніх, стосовно підприємства, комплексних і часткових факторів. Під частковим фактором розуміється такий, подальше ділення якого, як правило, неможливо. Частковий фактор об'єднує всі заходи, аналогічні за напрямком свого впливу на розвиток виробничого процесу. Комплексний фактор об'єднує групу часткових. У назві комплексного фактора виражений спільна ознака, характерна для групи часткових факторів, що об'єднуються.

Особливої уваги потребує група інтенсивних факторів, до яких відносяться всі дії пов'язані з застосуванням якісно нових, більш досконалих способів використання енергії.

Комплексна група інтенсивних факторів «підвищення технічного рівня» забезпечує зростання економічної ефективності енергоспоживання за рахунок скорочення впровадження прогресивних технологічних процесів і відновлення основних фондів. При цьому зростає фондомісткість продукції, але ще більш високими темпами зростає ефективність енергоспоживання. Ця форма інтенсифікації одержала назву фондомісткої, тобто такі фактори вимагають великих капіталовкладень. Використання ж інтенсивних факторів, що забезпечують зростання ефективності енергоспоживання при незмінній фондомісткості продукції або при її зниженні, називається фондозберігаючою формою інтенсифікації виробництва, при якій не вимагаються зовсім або вимагаються незначні капітальні вкладення.

Слід відзначити, що в сучасних умовах підприємства промисловості не можуть впливати не лише на дію ринкових факторів, а й на дію таких факторів, як обсяги та структура виробництва. Формування виробничої програми на підприємствах промисловості відбувається під впливом ринкового попиту, який не дозволяє більшості підприємств повністю завантажити виробничі потужності і, як наслідок, у підприємств не має змоги корегувати з метою зменшення енергоспоживання. Також запропоновану систему факторів енергоспоживання можна використовувати для аналізу енергомісткості продукції та за результатами аналізу намічати найбільш перспективні напрямки інвестицій у економію енергетичних ресурсів.

Урахування та вивчення всіх цих факторів призведе до максимальної підготовки виробництва щодо зниження витрат енергії.

У центральних та місцевих органах виконавчої влади активізувалася робота щодо здійснення науково-технічної політики з питань енергозбереження з урахуванням усіх факторів, які впливають на зниження витрат енергоресурсів. Були створені підрозділи з енергозбереження, розроблені галузеві програми,

виконання яких знаходилося на постійному контролі. Ряд міністерств і комітетів почали діяти дуже активно. На базі створених ними документів, розроблялися і виконувалися щорічні програми робіт по енергозбереженню. Держкоменергозбереженням проводилися конференції з нагальних проблем раціонального використання енергоносіїв.

Результатами виконання загальнодержавних та галузевих програм стало те, що ряд підприємств значно підвищили свій технологічний рівень.

Так, зокрема, у цукровій галузі, ряд заводів вже мають прогресивні показники. Серед найкращих підприємств що знизив рівень витрат енергії - Чортківський цукрозавод, де була здійснена підготовка теплової схеми, що забезпечує максимальне використання тепла низьких потенціалів для нагрівання продуктів виробництва. Результатом організаційної роботи харчовиків стало підвищення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів на підприємствах галузі [30].

Аналогічна робота проводилася і в інших галузях суспільного виробництва.

Протягом І півріччя 2005 року в Україні, за рахунок впровадження енергозберігаючих заходів, запланованих КДПЕ, зекономлено паливно-енергетичних ресурсів у обсязі близько 2,6 млн. тон, що складає 78,6 % від річного завдання, передбаченого КДПЕ на цей період [10].

Основна направленість заходів з енергозбереження, що є позитивним фактором для економіки:

- встановлення нового енергоефективного енергетичного обладнання, зокрема, парових та водогрійних котлів;
- реконструкція котелень;
- оптимізація режиму роботи технологічного та енергетичного обладнання;
- встановлення приладів обліку паливно-енергетичних ресурсів:
- використання вторинних енергоресурсів;
- заміна електродвигунів на електродвигуни меншої потужності.

Важливим напрямком подальшого розвитку енергозбереження в Україні є комбіноване виробництво теплової та електричної енергії (когенерація), при якому теплота відпрацьованого в установці енергоносія повністю або частково направляється на теплоспоживання. В Україні є значний когенераційний потенціал. За даними Інституту теплофізики тільки на промислових підприємствах можливо встановити біля 1000 МВт когенераційних електрогенеруючих потужностей. Комітет завжди підтримував ідею розвитку когенерації в Україні [10].

Комітет активно здійснює пропаганду ідей когенерації і вважає, що розвиток когенерації є одним з позитивних факторів, що призведе до знаної економії енергії, а також дозволить:

- суттєво підвищити рівень енергетичної незалежності та життєздатності міст і регіонів;
- мінімізувати витрати на транспортування палива та електроенергії;
- зменшити витратні частини місцевих бюджетів за рахунок істотної економії імпортного природного газу;
- збільшити доходні частини бюджету за рахунок того, що кошти від реалізації теплоти та електроенергії залишаються в регіоні;
- створити додаткові робочі місця та, тим самим, вирішити соціально-економічні питання у регіоні [10].

Державний комітет з енергозбереження активно підтримує енергоефективні інноваційні ідеї з наступним їх впровадженням у суспільному виробництві України.

За останній час Комітетом підготовлено ряд аналітичних матеріалів у сфері енергозбереження з урахуванням усіх факторів що впливають на зниження витрат енергії, зокрема, було проаналізовано стан справ із забезпеченням теплом дитячих закладів України. Виявлено, що в більшості регіонів 30-40% міських загальноосвітніх шкіл і близько 60% сільських шкіл мають проблеми в частині забезпечення теплом та гарячим водопостачанням, що негативно впливає на соціальний захист дітей. Особливо це стосується шкіл,

які розташовані у Закарпатській, Львівській, Миколаївській, Одеській, Рівненській, Херсонській областях та у Автономній Республіці Крим. Такий стан справ забезпечення теплоенергією дитячих закладів викликає глибоке занепокоєння та потребує вжиття кардинальних заходів. З метою створення безпечних умов для життя і здорового розвитку дітей Комітетом розроблена Концепція загальнодержавної цільової програми "Тепло - дітям". Цілком очевидно, що з урахуванням основних засад концепції повинна бути терміново розроблена і реалізована загальнодержавна цільова програма "Тепло - дітям" [11].

З метою продовження фінансування проектів з енергозбереження в Україні за рахунок ЄБРР Держкоменергозбереження проводить підготовку проекту "Фінансування УкрЕско (друга фаза)", що надасть можливість залучити 20 млн. доларів США кредиту ЄБРР. На даний час отримано офіційне рішення ЄБРР про підтвердження результатів переговорів. Готується розпорядження Президента про підписання Кредитної та Проектної угод щодо проекту "Фінансування УкрЕско (друга фаза)" між Урядом України та Європейським банком реконструкції та розвитку.

Проте енергомісткість все ще залишається дуже значною порівняно з енергомісткістю промислово-розвинутих країн. Основними причинами такої ситуації на макроекономічному рівні є такі фактори [12]:

- "тінізація" економіки;
- недоліки тарифо- та ціноутворення;
- монополізація ринків товарів та послуг найбільш енергомістких галузей економіки, зокрема паливно-енергетичного комплексу та житлово-комунального господарства;
- висока реальна ціна користування фінансово-кредитними ресурсами;
- зміна форми власності та конкретних власників засобів виробництва.

Передумовою суттєвого впливу цих причин на рівень енергомісткості країни є відсутність адекватного впливу держави на ефективність використання паливно-енергетичних ресурсів в Україні

На сьогодні питання підвищення енергоефективності використання паливно-енергетичних ресурсів в Україні значною мірою залежить і від такого специфічного фактора, як добросовісності власника. Фактичний стан енергоефективності на енергомістких підприємствах доводить, що власники таких підприємств різними способами, подекуди шляхом політичного тиску, домоглися перекладення тягаря забезпечення прибутковості своїх підприємств на інших споживачів енергоресурсів, зокрема через списання боргів за енергоресурси, встановлення пільгових тарифів (цін) на енергоресурси, отримання податкових та митних пільг, зловживання монопольним становищем тощо. Таким чином, економічна ефективність роботи цих підприємств досягається не завдяки запровадженню енергоефективного обладнання та технологій, а шляхом компенсації невиправдано великих енерговитрат за рахунок пільгових режимів господарювання.

Підсумовуючи, можна констатувати, що існуючі нині численні загрози енергетичній безпеці України зумовлені низкою внутрішніх і зовнішніх чинників.

До найбільш впливових внутрішніх чинників належать:

- відсутність платоспроможного попиту на енергоресурси в обсязі, достатньому для задоволення навіть мінімально критичної потреби суспільства;

- надмірна енергомісткість валового внутрішнього продукту;

- застарілість і високий рівень спрацювання основної частини енергетичних потужностей;

- недостатній обсяг інвестицій у розвиток галузей ПЕК;

- недостатній рівень власного виробництва устаткування та матеріалів для ПЕК;

- відсутність власного виробництва ядерного пального (на базі наявних покладів уранової руди) і забезпечення повного ядерного циклу;

- відсутність належного контролю за своєкорисливими діями трейдерів, що фактично монополізували ринки постачання енергоресурсів;

- недосконаліть нормативно-правового забезпечення функціонування та розвитку галузей ПЕК в ринкових умовах [13].

Серед зовнішніх чинників найважливішими є:

- високий рівень монополізації постачання імпортних паливно-енергетичних ресурсів;

- залежність від імпорту значної частини виробничого устаткування, матеріалів і послуг для галузей ПЕК.

У зв'язку з цим виникає потреба прийняття на державному рівні стратегії, спрямованої на підвищення енергетичної безпеки України, яка включатиме заходи щодо вирішення проблем:

- забезпечення платоспроможності внутрішнього ринку;

- удосконалення управління ПЕК;

- зміцнення власної паливно-енергетичної бази, організацію власного виробництва паливних елементів для ядерної енергетики;

- залучення внутрішніх та іноземних інвестицій у розвиток галузей ПЕК на основі впровадження прогресивних технологій генерування, промислового використання та споживання енергії;

- нормалізації ринкових взаємовідносин між виробниками та споживачами паливно-енергетичних ресурсів в умовах реформування економіки;

- удосконалення цінової та тарифної політики в галузі паливно-енергетичних ресурсів;

- зменшення залежності національної економіки від імпорту палива на основі розвитку власного виробництва і диверсифікації джерел надходження енергоносіїв;

- використання нетрадиційних джерел отримання енергії;

- підвищення екологічної безпеки при виробництві, транспортуванні та споживанні палива та енергії.

З урахуванням і поліпшенням більшості перерахованих вище факторів та методів, що впливають на зниження витрат енергії, можна зробити гнучку та

успішну стратегію по енергозбереженню, що є передумовою економічного успіху підприємництва в Україні.

1.2 Опис об’єкта дослідження

Відкрите акціонерне товариство металургійний комбінат «Запоріжсталь» - це одне з найбільших металургійних підприємств України і по праву вважається «перлиною чорної металургії».

МК «Запоріжсталь» є заводом з повним металургійним циклом і створений на базі електроенергії Дніпровський гідроелектростанції імені Леніна, Донецького вугілля та Криворізької залізної руди.

Будівництво комбінату було розпочато в 1930 році і мало на меті - забезпечити потреби бурхливо розвивається промисловості листовим металом.

16 листопада 1933 був виданий перший чавун, в 1935 році вступила в дію перша мартенівська піч, в 1937 році почав діяти перший радянський обжимний стан «слябінг». У наступні роки були побудовані і введені в експлуатацію цеху, з виробництва гарячекатаного і холоднокатаного листового прокату, але день 16 листопада, коли було виплавлено перший чавун, увійшов в історію, як день заснування комбінату.

В даний час ПАТ МК «Запоріжсталь» має 7 основних цехів: агломераційний, доменний, мартенівський, обжимний, цех гарячої прокатки тонкого листа (ЦГПТЛ) і холодного прокату (ЦХП - 1 і ЦХП - 3).

Крім основних цехів МК «Запоріжсталь» має комплекс ремонтних цехів на чолі зі службою головного механіка, комплекс енергетичних цехів на чолі з керуванням головного енергетика, центральну заводську лабораторію, інженерний корпус, цех підготовки виробництва (ЦПП), управління капітального будівництва, цех випуску товарів народного споживання, цеху

автомобільного та залізничного транспорту (вантажних і пасажирських перевезень), цеху металоконструкцій.

Агломераційний цех є початком металургійного виробництва комбінату, що випускається офлюсований агломерат для доменного виробництва. Виробнича потужність цеху становить 4 млн. 200 тис. т. агломерату на рік, цех має комплекс машин і агрегатів по підготовки шихти, зпіканню її, сортуванні агломерату та відправці в доменний цех. У своєму складі цех має шість агломераційних машин, площею спікання 62,5 м^2 кожна.

Основним продуктом доменного цеху є випуск переробного та ливарного чавуну. Виробнича потужність цеху становить 2 млн. 300 тис. т. чавуну на рік.

Виплавка чавуну здійснюється в п'яти доменних печах корисним об'ємом 1513, 1525 м3, за винятком першої доменної печі, що має корисний об'ємом 960 м3.

На доменних печах виплавляється переробний чавун марок П1 і П2, ливарний чавун марок Л1 - Л5 і ливарний чавун рафінований магнієм марок ЛП +1 ... ЛП +6. Переробний чавун є сировиною для виплавки сталі в мартенівському цеху. Однак деяка частина передільного чавуну розливається на розливних машинах (їх чотири) і у вигляді чушок, масою 15,18,45 кг відправляється до споживачів. Ливарний чавун відправляється в ливарний цех, для відливання виливниць, піддонів та ін.

Відмінною особливістю запорізького чавуну є низький вміст сірки і фосфору, завдяки чому він користується попитом на світовому ринку.

Мартенівський цех комбінату в своєму складі має 9 мартенівських печей ємністю 280 ... 500 т із загальною продуктивної потужністю 3 млн. 300 тис. Тонн на рік. Сталь виробляється скрапрудним процесом.

Мартенівські печі працюють на природному газі, для інтенсифікації виплавки сталі на всіх печах використовується кисень, сталь продувається аргоном. Сталь виплавляється маловиглецева, конструкційна і легована, розливається в злитки масою до 20 т.

Прокатне виробництво на комбінаті представлено обтискним цехом, цехом гарячої прокатки тонкого листа (ЦГПТЛ) і цехами холодного прокату ЦГПТЛта ЦХП-3.

Прокатне виробництво має тринадцять прокатних станів, смуги обробних агрегатів для поздовжньої і поперечної різання металу, три профілезгинальних агрегату.

Виробнича потужність прокатного виробництва комбінату становить 3 млн. Прокату в рік і 600 тис.т. холоднокатаних профілів.

У обтискному цеху є стан «Слябінг1150» який прокатує злитки масою 20 тонн з вуглецевої сталі, легованої і нержавіючої сталі на сляби товщиною 100-200 мм., шириною 1000,1500 мм. і довжиною 1800...4700 мм.

Відмінною особливістю прокатки на обтискному стані є те, що злитки після їх прокатки ріжуть на мірні довжини та після різання цього «транзитом» направляють в цех гарячої прокатки тонкого листа.

Таким чином ведуть прокатку слябів в межах 80% від загальної кількості продуктивності стану. А 10-20% сляби надходять на склад або обробку. 10% нержавіюча сталь з заводу «Дніпроспецсталь» і частина слябів які мають температуру нижче допустимої при прокатці відправляють в методичні печі ЦГПТЛ, необхідної для прокатки.

Цех гарячої прокатки тонкого листа має індивідуальний стан гарячої прокатки тонкого листа «1680» і комплекс машин і агрегатів, зв'язаних між собою. Річна виробнича потужність цеху становить 3 млн.т. Готовою продукцією цеху є гарячекатаний лист довгою до 5850 мм., товщина від 2 до 7 мм.

У цеху холодного прокату № 1 на десяти прокатних станах виробляють такі види продукції [1]:

1. Рулони з вуглецевих сталей товщиною 2,0...6,0 мм., Шириною 900...1500 мм., масою 3...5 тонн.

2. Травлені рулони вуглецевих і маловуглецевих марок сталей, товщиною 2,0...4,0 мм.

3. Гарячекатаний травлений лист в пачках масою до 10 т., товщиною 2,0...4,0 мм., Шириною 1000-1500 мм.

Технологічна схема виробництва цеху, рисунок 1.1.



Рисунок 1.1 – Технологічна схема виробництва цеху

1.3 Технологія виробництва. Обладнання ЦГПТЛ

Технологічний процес (ТП) - сукупність всіх дій робочої сили та знарядь праці, в результаті чого змінюються форма, властивості або стан предмета праці.

Прокат - метод обробки металів тиском, при якому заготовка приймає потрібні форму і розміри при пропущенні її між двома обертовими валами (валками), причому зазор між валами менше товщини вихідної заготовки. Для полегшення процесу обтиску заготовки нагрівають.

Прокат відноситься до найпотужнішим видам обробки металів тиском, більше 80% одержуваної сталі піддається прокату для отримання заготовок.

Прокатне виробництво - це третій переділ металургійного виробництва, де злитки або литу заготовку переробляють в готові вироби, тобто прокат

різних форм і розмірів. Сутність процесу прокатки полягає в обробці металу тиском для надання йому необхідної форми і розмірів, для чого злиток або заготовку пропускають потрібну кількість разів між обертовими валками певного профілю.

Всі прокатні вироби можна розділити на ряд основних видів: сортові профілі, лист, труби і спеціальні види прокату. До сортових типів профілю відносяться квадрат, круг, кутник, рейки, двотаври, швелери та ін. До спеціальних видів прокату відносяться шпунти, кулі, осі та ін.

Прокатні стани відрізняються великою різноманітністю конструкцій і технологічних особливостей. Розрізняють стани обтискні (блюмінги, слябінги), заготівельні, рейкобалкового, велико-, середньо- та дрібносортні, товстолистові, тонколистові, гарячої та гарячої прокатки, та ін. За характером руху металу в процесі прокатки розрізняють стани реверсивні, напівбезперервні і безперервні. Останнім часом віддається перевага безперервним станам, впроваджується новий спосіб безперервної прокатки - нескінченна прокатка, коли заготовки зварюють встик в потоці виробництва і ведуть прокатку без перерв [2].

Розрізняють гарячу і холодну листові прокатки. Гарячою прокаткою називають прокатку, яка відбувається при температурі вище температури рекристалізації. Гарячої прокаткою зазвичай називають пластичне деформування металу при кімнатній температурі. Холодна прокатка в порівнянні з гарячою має дві великі переваги: по-перше, вона дозволяє виробляти листи і смуги товщиною менше 0,8-1 мм, аж до декількох мікрон, що гарячої прокаткою недосяжно; по-друге, вона забезпечує одержання продукції більш високої якості за всіма показниками - точності розмірів, обробці поверхні, фізико-механічними властивостями. Ці переваги гарячої прокатки зумовили її широке використання як у чорній, так і в кольоровій металургії.

Разом з тим необхідно зазначити, що процеси гарячої прокатки є більш енергоємними, ніж процеси гарячої прокатки. При холодній деформації метал

зміцнюється, у зв'язку з цим для відновлення пластичних властивостей доводиться проводити відпал.

Гідності прокату: 1) висока продуктивність; 2) дуже широка номенклатура виробів (аж до кульок для шарикопідшипників); 3) метод піддається автоматизації; 4) у основному використовується некваліфікована робоча сила.

Недоліки прокату: 1) висока капіталомісткість і матеріаломісткість; 2) енергоємність; 3) поверхня виробу вимагає механічної обробки (недостатньо точна і чиста); 4) вимагається термічна обробка виробів.

Технологічний процес сучасного прокатного виробництва, не залежно від виду одержуваної продукції, складається з декількох етапів: підготовки вихідного матеріалу, нагрів його (у разі гарячої прокатки), прокатки і обробки. Крім того, на всіх стадіях прокатки здійснюється контроль за ходом процесу і станом обладнання.

Цех гарячої прокатки призначений: для виготовлення товарної продукції холоднокатаних листів і рулонів. У цеху гарячої прокатки № 1 на безперервному стані «1680», двох реверсивних станах «1680» і «1200», стані «1700» і двох безперервних вузькосмугових станах «450» і «650» виробляється холоднокатаний лист, смуги, стрічки з вуглецевої, легованої, низьковуглецевої і неіржавіючої сталі. Товщина прокату від 0,5 до 2,0 мм, ширина - від 950 до 1500 мм і довжина листа до 3500 мм, а маса рулонів до 14,0 тонн [3].

Вихідним матеріалом для гарячої прокатки служать рулони гарячекатаної смуги товщиною 2 - 4 мм надходять з широкосмугового стану гарячої прокатки.

Технологічний процес виробництва холоднокатаної листової сталі дуже складний тому що включає велику кількість переділів, вимагає застосування різноманітного і складного обладнання.

ЦГПТЛ в своєму складі має такі відділення: травильну, прокатне, термічне, дресирувальне, нержавіючого листа, жерсті та підготовки валків.

Травильне відділення включає в себе три травильні лінії, в яких відбувається процес видалення окалини з поверхні смуг. Травильні лінії мають у своєму складі по 4 травильних ванни та допоміжне обладнання: розмотувача, окалиноломателя, моталки, ножиці для обрізки кінців смуг та ін. Травлення смуг ведеться в розчинах сірчаної кислоти каскадним методом. Смуги на травильних лініях №1, №2 зварюються встик, на лінії №3 - «зшиваються».

ЦГПТЛ призначений для гарячої прокатки тонкого листа з вуглецевої, легованої і нержавіючої сталі. Після прокатки листа йде на переділі в цеху гнутих профілів, а товарний лист йде на інший металургійної підприємство.

Основним обладнанням цеху є безперервний тонколистовий стан гарячої прокатки «1680». Допоміжне обладнання - це методичні печі, 13 - роликова правильна машина, моталки, обробні агрегати, мийний агрегат, травильні агрегати, гартівна машина і т.д.

Стан «1680» складається з двох груп - чорнової і чистової.

До складу чорнової групи входить:

- одна двухвалкова кліть - робочі валки діаметром 900-810 мм, довжиною 1680 мм, привід від електродвигуна потужністю 1840 кВт;

- чотири чотирьохвалкових кліті (№1,2,3,4) з приводами потужністю відповідно №1 - 5400 кВт, №2,3,4 - 3700 кВт, з робочими валками діаметром 949-980 мм, 850-780 мм, 620-580 мм.

- три вертикальних кліті №1,2 з валками діаметром 810-760 мм і №3 діаметром 610-570 мм і з приводом 200 квт.

До складу чистової групи входить:

- одна двухвалкова кліть - чистова з приводом від електродвигуна потужністю 365 кВт і з робочими валками діаметром 620-580 мм;

- шість чотирьохвалкових кліті з приводом від електродвигуна потужністю 4000/5000 кВт і з робочими валками даметром 620-580 мм.

Кінцеві ножиці (летючі) 25□1700 мм типу важеля, служать для обрізки переднього кінця смуги (гуркоту) з двигуном потужністю 300 кВт.

Весь прокат транспортується рольгангами:

- пічне, що складається з 94-х роликів діаметр 400 мм, довжина бочки 1700 мм;

- перед кліттю ДУО - 7 роликів діаметром 350 мм, довжина бочки 2400 мм;

- перед кліттю №1 -. 6 шт., перед кліттю №2 - 17 шт., перед кліттю №3 - 12 шт., перед кліттю №4 - 17 шт.;

- проміжний рольганг -. 41 шт., діаметр 300 мм, довжина 1700/2400 мм, за кліттю №10 до моталки №1 - 186 шт.; за моталками №143 до моталки №4 - 208 шт. діаметром 260 мм, довжина бочки 1730 мм - 1830 мм.

Для виробництва гарячекатаних листів слябів з мартенівського, конверторного або електросталі надходять для нагріву в методичних печах №1-5 - четирьохсезонні, з двостороннім нагріванням, дворядна, з торцевою посадкою і видачею, рекуперативний.

Печі опалюються сумішшю доменного, коксового та природного газів калорійністю 1070 - 1260 Ккал / м3 (при Т = 20□С і тиску 760 мм рт ст).

Вага слябів 1,7 - 8,5 т, довжиною 2100 мм - 4700, товщиною 105 мм - 170, одержуваний прокат - листи товщиною 2 - 6 м, ширина смуги - 1000 - 1530 мм.

Водоспоживання та водовідведення здійснюється по оборотно-прямоточною схемою.

На технологічні потреби використовується вода: питна, свіжа технічна, зворотний умовно-чиста, зворотний брудного циклу, вода повторного використання - після повітроохолоджувачів вода надходить на мастилоохолоджувачі, а також після охолодження смуги вода надходить на моталки, на мийні агрегати, гідрозмив окалини.

Свіжа технічна вода йде на повітроохолоджувачі, методичні печі, охолодження валків стану, гідрозбивання окалини.

Зворотна умовно-чиста вода йде на охолодження рольгангів, моталки, гартівний агрегат. Оборотна вода брудного циклу йде на гідрозмив. Свіжа технічна вода надходить в цех з насосної листопрокатного цеху.

Оборотна - умовно чиста (освітлена) вода надходить з оборотного циклу прокатного цеху.

Споруди оборотного циклу призначені для очищення від окалини і масла стічних вод, охолодження освітленої води. Стоки від обладнання чистового, чорнової групи, цех гарячої прокатки тонкого листа, забруднення окалина і масло, через первинні відстійники направляється в насосні підкачки.

Стічна вода з вмістом окалини до 300 мг / л і масла до 40 мг / л насосів ГрТа 1600/50 по двом шламопроводам Д = 1100 мм надходить в горизонтальні відстійники для освітлення і уловлювання масел.

Рівномірний розподіл стоків по секціях регулюються шиберами в лотках. В секціях відстійника суспензії (окалина) збирається в заглибленні частини, а освітлена вода через переливний гребінь, з протилежного боку, надходить з лотків освітленої води в камеру гарячої води ємністю 600 м^3.

Для охолодження води циркуляційних насосів Д5400 / 30 подають освітлену воду з камери гарячої води на дві двосекційні вентиляторні градирні з вентиляторами ІВГ-70.

З градирень охолоджена вода надходить в камеру холодної води ємністю 1000 м^3, звідки насосами 5000/50 за двома водоводами D = 1100 мм подають в цех гарячої прокатки тонкого листа. Пил, що осів, окалина в приямках секцій горизонтальних відстійників після зневоднення відправляється автотранспортом на рудний двір.

Оборотна вода брудного цикл з цеховими первинними відстійниками постачається на оборотному циклу в окалиновмістні стоки. Ділянка підготовки валків включає в себе два верстати для обдирання і два верстати для шліфування валків, машину для насічки поверхні валків, майданчик для ревізії подушок і підшипників, стелажі збирання-розбирання валків.

Прокатка зазвичай з товщини заготовки до кінцевої товщини смуги проводиться за кілька переходів прокату.

1.4 Аналіз енергоспоживання ЦГПТЛ

Ефективність використання енергоресурсів є одним з найважливіших показників ефективності підприємства в цілому, а для металургійних підприємств, з характерною для них великою енергоємністю, ще й однією з підстав для виживання.

У прокатних цехах металургійних підприємств повного циклу споживання первинних енергоресурсів може досягати 20% від загальних їх витрат по підприємству, електроенергії - дещо менше (приклад розподілу електроенергії по виробництвам для заводу з повним циклом сортового напрямки: доменне - 4%; коксохімічне - 9%; прокатне - 16%; сталеплавильне - 5%; енергетика - 47%; механіка та інш. - 6%) [4].

Кінцевим підсумком діяльності в галузі енергозбереження є зменшення енерговитрат, тобто витрат на придбання енергоресурсів, а при змінюються обсягах виробництва - зменшення частки енерговитрат у сумарних витратах на виробництво продукції. Цей результат може бути досягнутий різними методами, і існують відомі класифікації методів енергозбереження по їх витратності, технічної оснащеності та складності, термінів окупності, наукоємності та інші.

ПАТ "Запоріжсталь" за обсягом виробництва входить в четвірку найбільших підприємств України. Комбінат є виробником високоякісної металопродукції - чавуну, сталі, листового прокату з вуглецевих, низьколегованих, легованих і нержавіючих сталей, гнутого профілю, жерсті, будівельних матеріалів і товарів народного споживання. Комбінат є одним з основних постачальників листового прокату і гнутих профілів для українського машинобудування, жерсті для харчової промисловості.

Комбінат "Запоріжсталь" щомісячно демонструє стабільну динаміку скорочення споживання природного газу та покупних енергоресурсів, слідуючи

технологічної стратегії групи "Метінвест", яка передбачає модернізацію виробництва та реалізацію енергозберігаючих заходів.

Основними енергетичними ресурсами, що споживаються при виробництві холодного прокату у ЦГПТЛ є природний газ, електрична енергія, пар, стиснуте повітря, захисний газ. До інших енергоресурсів віднесені технічна та питна вода, водень, азот, кисень.

Розглянемо енергоспоживання цеху гарячого прокату за даними 2016 року, таблиця 1.2. Обсяг виробництва склав 466606 т. прокату різного сортаменту.

Таблиця 1.2 – Споживання енергетичних ресурсів за рік

Енергоресурс	Обсяг споживання	Вартість, грн
Природний газ, $м^3$	92821931,5	592445260,5
Електроенергія, кВт·год	392289662,4	474278201,8
Пара, Ккал	242065860,7	408026214,8
Стиснуте повітря, $м^3$	411607150,8	69067679,9
Захисний газ, $м^3$	52633156,8	107371639,9
Інші	-	87497957,1

За наведеними даними будуємо діаграму та проводимо аналіз: які енергоресурси складають найбільшу частку в енергобалансі цеху, %. Діаграму наведено на рисунку 1.2 та 1.3.

З отриманої діаграми бачимо, що найбільшу частку в енергобалансі цеху при виробництві холодного прокату складає природний газ. Отже, надалі необхідно розглядати обладнання цеху, що споживає природний газ та електричну енергію задля підвищення енергоефективності.

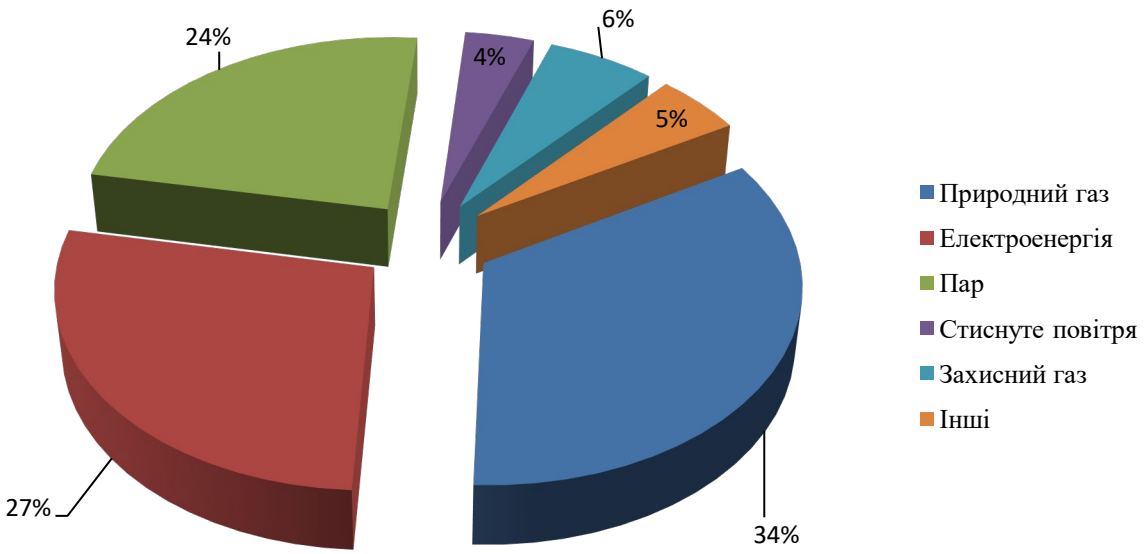


Рисунок 1.2 – Відсоткове співвідношення витрат енергоресурсів цеху

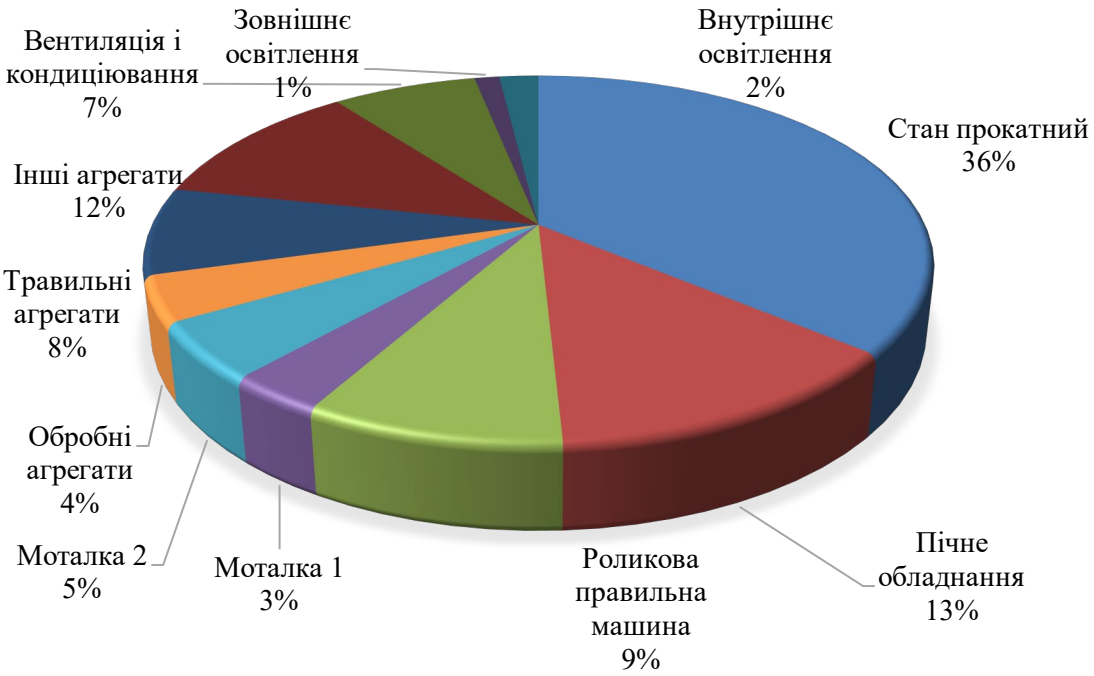


Рисунок 1.3 – Структура витрат електричної енергії за видами обладнання

Отже, розглянемо яке обладнання споживає найбільшу частку енергоресурсів в енергобалансі підприємства. Для цього за даними підприємства щодо середнього споживання ресурсів таблиці 1.3 та 1.4 -

збудуємо діаграми, наведені на рисунки 1.3 та 1.4 відповідно. Проаналізувавши отриману діаграму можна зробити висновок, що найбільшим споживачем природного газу є ковпакові печі, а найбільшим споживачем споживачем електричної енергії є прокатні стани цеху. В подальшому розглядатимемо саме це обладнання щодо підвищення енергоефективності прокатного виробництва.

Термічна обробка гарячекатаних рулонів проводиться з метою рекристалізації деформованого при гарячій прокатці металу та забезпечення необхідних пластичних властивостей при штампуванні, оскільки після гарячої прокатки, внаслідок наклепу, вуглецева сталь стає твердою і має знижену пластичність.

Таблиця 1.3 – Споживання електроенергії обладнанням цеху

№	Вид навантаження	Встановлена потужність, кВт	Споживання, кВт·год/рік	Відсоткове співвідношення
1	Стан прокатний	12121,5	106184278,5	33,5
2	Пічне обладнання	4373,8	38314759,5	12,1
3	Роликова правильна машина	3030,4	26546069,6	8,4
4	Моталка 1	1134,7	9940276,4	3,1
5	Моталка 2	1686,9	14777379,7	4,7
6	Обробні агрегати	1343,5	11768689,9	3,7
8	Травильні агрегати	2582,6	22623173,0	7,1
9	Інші агрегати	3821,7	33477656,1	10,5
10	Вентиляція і кондиціювання	2390,0	20936400,0	6,6
11	Зовнішнє освітлення	410,0	3591600,0	1,1
12	Внутрішнє освітлення	649,0	5685240,0	1,8
13	Всього	36230,9	317382902,4	100,0

Таблиця 1.4 – Споживання природного газу обладнанням цеху

Найменування	Споживання, $м^3$/рік
Ковпакові печі	80755080,5
Печі "EBNER"	12066851,11

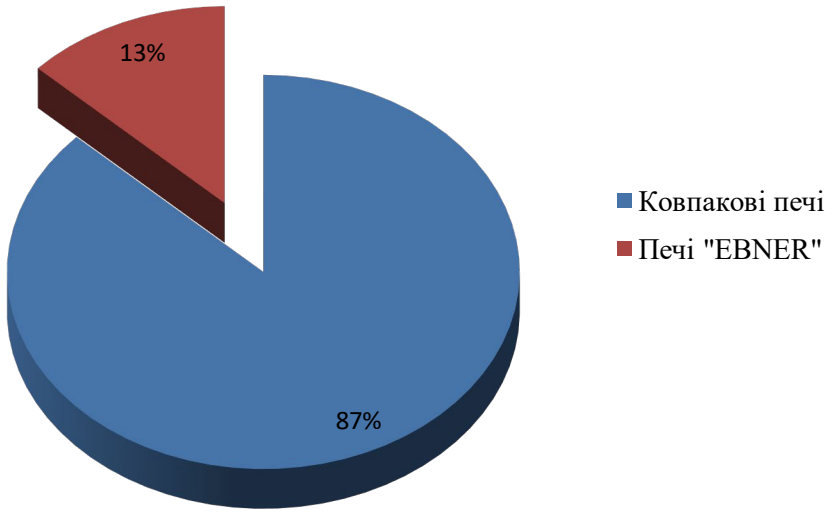


Рисунок 1.4 – Структура витрат природного газу за видами обладнання

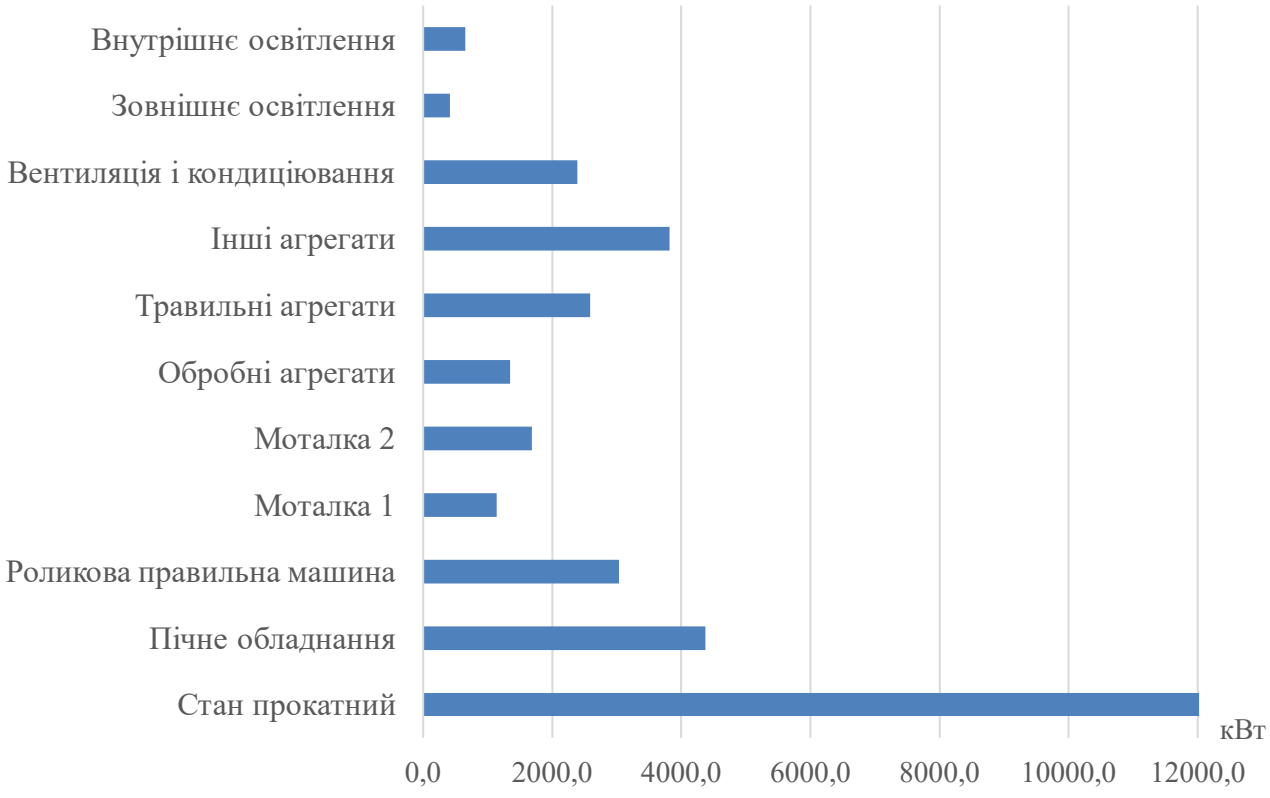


Рисунок 1.5 - Структура електроспоживання цеху

Розглянемо обладнання цеху, що споживає природний газ. Проліт термічного відділення складає близько 900 метрів, в якому розташовані 16 блоків печей. Блоки №№ 2-5, 7-11, 17-19 містять по 15 стендів у кожному, блок №6 складається з 12 стендів, блоки №№ 15 і 16 містять по 21 стенду і один блок № 14 містить 18 стендів висококонвективних печей « Ебнер».

Стенди стаціонарні (234 шт) встановлені в прольоті цеху блоками. До складу блоків 2-5, 7-11, 17 -19 входить по 15 стендів, 5 нагрівальних ковпаків, 15 муфелів, комплект конвекторних кілець. До складу блоку №6 входить 12 стендів, 4 нагрівальних ковпака, 12 муфелів, комплект конвекторних кілець. До складу блоків №№15,16 входить по 21 стенду, 7 нагрівальних ковпаків, по 21 муфель і по комплекту конвекторних кілець.

У загальному випадку на стенд встановлюють до 5 рулонів х/к листа, накривають муфелем, наводять пісчаний затвір (між стендом і муфелем) і встановлюють нагрівальний ковпак.

Нагрівання відбувається при спалюванні природного газу в 8 пальниках, встановлених на ковпаку. Продукти згоряння піднімаються вгору, передаючи тепло муфель. Між рулонами і муфелем циркулює захисний газ, який нагріваючись від муфеля передає тепло металу.

Муфель забезпечує герметичність садки, захищає метал від окисляє дії пічних газів. Герметичність підмуфельного простору забезпечується пісочним затвором.

Для запобігання металу від окислення передачі тепла в період нагріву і відведення тепла в період охолодження під муфель подається конверсивна захисна атмосфера протягом усього періоду нагрівання та охолодження металу, що має наступний склад H_2- 4-5,2%, CO не більше 0,1% , CO_2 не більше 0,1%, O_2 не більше 0,001% решта азот [5].

Нагрівальний ковпак являє собою металевий кожух циліндричної форми, всередині футерований шамотною цеглою. У нижній частині ковпака розташований пальниковий пояс з тангенціальним розташуванням інжекційних пальників. Паливом служить природний газ. Максимальна витрата газу на один

ковпак - 62-68 м³/год, максимальна витрата газу на один пальник 8,4 м³/год. Максимальна витрата повітря для двох ежекторів 400 м³/год, теплотворна здатність природного газу 8250 ккал. Продукти горіння змішаного газу видаляються з під нагрівального ковпака за допомогою двох ежекторів в димоходи і через витяжні труби - в атмосферу. Маса нагрівального ковпака 10 тн. Необхідні зміни теплового стану садки виробляються регулюючим органом, яким служить дросель, встановлений на трубопроводі природного газу.

1.5 Можливі заходи підвищення енергоефективності у галузі обробки металу тиском

Перехід на регульовані ЕП.

Основними джерелами нераціональних енерговитрат, невиправданих втрат енергії є нерегульовані приводи насосів закалювальної машини, вентиляторів методичних печей і вентиляторів охолодження головного приводу. Так, незалежно від марки сталі і товщини листа, всі механізми працюють з номінальними параметрами, тобто споживана електроприводом потужність і продуктивність вентиляторів залишаються незмінними. У випадку з насосом ситуація дещо інша, привід є нерегульованим, а подачу води регулюють засувкою, за рахунок зменшення площі вихідного трубопроводу знижується продуктивність до рівня 0,3 від номінальної. Крім того, при прокатці тонколистової сталі, гартівна машина взагалі не використовується, а витрата газу та повітря на нагрів може становити 75% номінального [6,9,10].

Суміщення НРС і прокатки.

Найефективнішим на сьогоднішній день, в плані економії енергії, став спосіб транзитної прокатки, тобто з'єднання безперервного розливання сталі (НРС) з прокаткою.

Майже всі сучасні ТЛС при плануванні та будівництві розташовують поряд з МНЛЗ (Машина безперервного лиття заготовок), що дозволяє використовуПАТи тепло ще не охололи литих слябів в повному обсязі і економити значні обсяги енергії. Другий сильною стороною є те, що можна скоротити цілий переділ - прибрати обтискні стани, а значить скоротити до 25% металу при угарі, обрези усадочноюраковини і т.д. Геометрична форма у литих слябів набагато краще і вони мають точні розміри, в литих слябах значно менше внутрішніх і зовнішніх дефектів. Об'єднання МНЛЗ з МЛС дозволить так само скоротити 2-3% металу, який йде у окалину при нагріванні слябів з обжимного цеху перед прокаткою.

Однак на діючих підприємствах цей спосіб має безліч недоліків:

- Стани знаходяться на значній відстані від МБЛЗ, що робить необхідним використання термосів.

- При прокатці з товстих слябів (Н> 220мм) відносно товстих і вузьких аркушів не виникає труднощів, але якщо сляб тонше, краю остигають настільки, що транзитна прокатка стає не можливим.

- Труднощі з дотриманням температурного режиму. Навіть однакові сляби можуть надходити в цех з різною температурою [7].

За цим доцільно ввести гарячий посад литих слябів в нагрівальні печі. Це дозволить нагрівати метал набагато швидше, що заощадить значну частину палива (до 30%) і зменшить угар металу.

Відомо так само, що тільки близько 50% енергії витрачається на саму деформацію, інша частина витрачається на подолання сил тертя, реверс двигуна і т.д. Виходячи з цього, рекомендується так само зменшити загальне число проходів до технологічного мінімуму або скоротити кількість проходів з малими обтисканнями.

Асиметрична прокатка.

Одним з найбільш перспективних методів впливу на метал є асиметрична прокатка (АП). Поштовхом до цього стало запровадження в експлуатацію робочих клітей з індивідуальним приводом валків. Практика дослідження та

застосування процесів АП при гарячої та гарячої прокатки листів свідчить про можливість управління при цьому практично всім спектром параметрів прокатки і службових властивостей листів і смуг. Найбільш керований і ефективний параметр АП співвідношення лінійних швидкостей ведучого V_1 і веденого V_2 валків, що характеризується коефіцієнтом асиметрії $a_V = V_1/V_2$.

Швидкісна асиметрія поряд з поліпшенням службових властивостей готового прокату істотно змінює ступінь завантаженості трансмісій ведучого (що має велику швидкість) і веденого валків. Навантаження на трансмісію і привід ведучого валка зростає, а ведений валок і його привід розвантажуються аж до переходу в генераторний режим.

Дослідження впливу основного параметра швидкісний асиметрії на енергосилові параметри прокатки проводилися в лабораторних і промислових умовах. На лабораторному стані 340 моделювали умови прокатки в останніх пропусках чистової кліті стану 3000. Використовували свинцеві зразки. Експерименти показали, що сила прокатки знижується при збільшенні коефіцієнта асиметрії до 1,20.

Виходячи з отриманих даних можна зробити висновки про ефективність асиметричною прокатки у зв'язку зі зменшенням сили прокатки, а отже і зниження витрати електроенергії, отримання більш точних розмірів і гарна якість поверхні металу [8].

Енергозберігаючі технології індукційного нагріву.

Структурні зміни в металургійній промисловості привели до широкого використання технологій індукційного нагріву металів. Зокрема, індукційний нагрів слябів перед прокаткою дозволяє істотно підвищити якість прокату і вихід придатного металу

Найбільш економічно вигідний підхід, що знижує вартість нагріву тонни металу при істотному зменшенні окалинообразования і обезуглероживания, полягає в нагріванні металу після виходу з газової печі (900-1150 ° С) до температури прокатки (1150-1250 ° С).

Проблему нагріву-підігріву слябів можна розділити на дві частини: нагрівання з холодного стану (або підігрів "товстих" слябів товщиною 200-300 мм) і підігрів на ділянці проміжного рольганга між чорновими і чистовими клетями прокатного стану стійких слябів (смуги підкату) товщиною 20- 50 мм. Після розробки установок безперервного розливання сталі з товщиною сляба 20-50 мм зникла стадія попередньої прокатки, однак необхідність підігріву слябів залишилася. В обох випадках індукційний нагрів може використовуватися для формування необхідного температурного поля сляба перед чистової прокаткою.

У промисловості для нагріву слябів використовуються різноманітні типи індукційних печей. Найбільшого поширення набули овальні індуктори з поздовжнім магнітним полем.

В даний час реалізовані три типи установок для нагріву товстих сталевих слябів перед прокаткою. Найбільш поширені такі установки:

- нагрівачі періодичної дії з вертикальним розміщенням овальних індукторів, які охоплюють сляб, що стоїть на вузькій грані. Очевидно, реалізація такої схеми розміщення індукторів можлива тільки для відносно товстих слябів.

- нагрівачі безперервної дії, що складаються з лінії горизонтально розташованих овальних індукторів.

- нагрівачі безперервної дії, що складаються з лінії горизонтально розташованих овальних індукторів зі зворотно-поступальним рухом слябів.

Кожна з конструкцій нагрівача володіє своїми достоїнствами і недоліками, і в кожному конкретному випадку вибір залежить від багатьох факторів.

Комбінована робота індукційної нагрівальної установки спільно з газовою піччю (можливість використання доменних газів).

Доведено температурного поля сляба до необхідних кондицій безпосередньо перед прокаткою можна здійснювати в індукційних нагрівачах

завдяки ряду переваг, таких як хороші енергетичні показники, висока швидкість нагріву, невеликі габарити установок і т.д.

Слід зазначити, що економічні оцінки для вибору методу підігріву повинні враховувати специфіку країни і місце розташування заводу, так як ці фактори будуть впливати на вартість електроенергії та газу. Виходячи з економічної вигоди, можливий вибір або газового, або індукційного устаткування, або їх комбінації.

Установки індукційного нагріву споживають на 73-80% менше кінцевої енергії, ніж газові установки. Наступною перевагою індукційних установок є широкі можливості регулювання нагріву, що призводить до підвищення якості продукту і збільшенню терміну служби прокатного стану. Вибір же деяких підприємств на користь газових установок для підігріву кромок викликаний відносно високою вартістю індукційного обладнання і нерідко дуже високою ціною на електроенергію.

У прокатному виробництві, де необхідно нагрівати сляби від кімнатної температури до температури прокатки, індукційні установки становлять лише незначну частку нагрівального обладнання. В принципі, і тут можна скоротити споживання кінцевої енергії та окалинообразования шляхом використання індукційного нагріву, але ці переваги незначні у зв'язку з тим, що техніка полум'яних печей високорозвиненою, і поперечні перерізи нагрівається матеріалу великі, і, отже, переваги ІНУ не такі значні, так як вирівнювання температури по перетину заготовки відбувається, в основному, за рахунок теплопровідності матеріалу (так само, як і для газової печі). Навіть тривалий час розігріву газових печей не сильно позначається на споживанні кінцевої енергії. Тому чисто індукційний спосіб нагріву слябів від кімнатної температури рекомендується в тому випадку, якщо якість продукту безумовно є пріоритетним завданням, або якщо доступний джерело дешевої електроенергії.

У зв'язку зі сказаним хочеться відзначити, що гібридна система, що складається з газової і індукційних печей, включає в себе ряд позитивних моментів, притаманних кожній з них окремо. Вона вимагає менше місця, ніж

тільки газова система, і надає велику гнучкість. Зручно використовувати газову піч як буфер слябів у разі короткочасної поломки прокатного обладнання, і застосування ІНУ дає можливість знизити температуру газової печі, тим самим буде знижена кількість що утворюється окалини.

Низькотемпературна прокатка.

Розглядаються два нових способи, які майже не вимагають для свого впровадження капітальних витрат. Це низькотемпературна прокатка (НТП).

Сутність НТП полягає в значному, на 100...400 ° С, зменшенні температури початку прокатки. НТП відносно давно і успішно застосовується на тонколистових широкосмугових станах, а також на дротяних і сортових станах. Проведені дослідження показали, що завдяки зниженню температури початку прокатки досягнута економія енергії 120 МДж /т на средньосортному стані і 195 МДж / т - на мілкосортному. При зниженні цієї температури до 750° С якість продукції залишається відповідним стандартам, а витрата енергії, незважаючи на збільшення навантаження двигунів стана, зменшується. При зниженні температури прокатки нержавіючих сталей до 800-950° С витрати енергії зменшуються на 13-20%.

Однак до теперішнього часу не відомі факти впровадження або хоча б дослідження можливості ведення НТП на МЛС. Причина - в особливостях швидкісного режиму прокатки на реверсивних станах, до яких відносяться всі МЛС. На відміну від безперервних станів, де швидкість прокатки доходить до 25 м / с і більше, час охолодження при транспортуванні розкатів від кліті до кліті невелике, на МЛС, при максимальній швидкості 6 м / с, тривалість пауз між проходами, особливо в чистової кліті, значно більше. Збільшення швидкості прокатки неможливо. Тому при істотному зниженні температури нагріву металу температура кінця прокатки стає настільки малою, що процес деформації стає неможливим.

Для НТП товстих листів доцільно використовувати стани з клітями, які мають великі допустимі зусилля прокатки і потужні двигуни, оскільки це дозволяє більшою мірою знижувати температуру початку прокатки.

Збільшення витрати електроенергії, обумовлене збільшенням кількості проходів, на потужних станах незначне. Враховуючи низький ККД нагрівальних печей порівняно з ККД електроприводу, можна стверджувати, що збільшення витрати електроенергії набагато буде перекриватися економією газу на нагрівання металу [11].

Все вищевказане дозволяє рекомендувати НТП як ефективний спосіб зменшення витрат газу при виробництві прокату на реверсивних станах. НТП - високоефективний і доступний спосіб. Для його впровадження не потрібні значні зміни в обладнанні та можливо при мінімальних капітальних витратах. Однак НТП для товстих листів можна використовувати тільки зі станами, які мають високі допустимі зусилля, моменти прокатки і мають потужні двигуни.

Застосування технологічних мастил.

Застосування традиційних мастильних матеріалів (мінерального, рослинного масла, синтетичних мастил з вмістом поверхнево-активних речовин та ін.) На товстолистових станах важко піддається реалізації через дефіцитності і недостатній ефективності, можливого суттєвого забруднення охолоджуючої води відходами мастила.

За даними технічної літератури, одним з матеріалів, перспективних для використання в якості технологічного мастила при гарячої прокатці, є полімери.

Плівка при прокатці з полімерним матеріалом зберігається навіть після прокатки п'яти зразків після одноразового нанесення мастила.

Промислові експерименти по застосуванню технологічних мастил показують значне зниження сили прокатки, що впливає на зниження енерговитрат при прокатці.

Застосування технологічних мастил при гарячої прокатці дозволяє підвищити стійкість робочих і опорних валків чистових і чорнових клітей широкосмугових станів за рахунок зниження інтенсивності їх зносу, зменшити з'їм металу валків при їх перешліфовуванні, знизити зусилля прокатки, крутний момент на валу приводного двигуна кліті і витрата споживаної електроенергії,

підвищити якість поверхні гарячекатаних смуг, зменшити кількість окалини і попередити утворення дефекту "вкатаною окалиною" на смузі і за рахунок цього збільшити швидкість проходження смуги через агрегати безперервного травлення, зменшити кількість перевалок і збільшити продуктивність широкосмугових станів за рахунок збільшення фактичного часу роботи стану [12].

1.6 Аналіз можливих заходів з підвищення енергетичної ефективності цеху гарячої прокатки

Аналіз показує, що основна економія палива і енергії шляхом зниження їх питомих витрат на випуск продукції і виробництво робіт досягається за рахунок реалізації великих технологічних і технічних заходів з високим потенціалом енергозбереження та значними початковими витратами.

Разом з тим в загальному комплексі енергозберігаючих заходів поряд з великими і відносно капіталомісткими (впровадження нових видів великого устаткування і технологій, реконструкція виробництв з модернізацією та заміною застарілого обладнання та ін.) повинні мати місце і такі заходи, які можна здійснити в короткі терміни при витратах в 5-10 разів менших, ніж на еквівалентний за обсягом приріст виробництва енергоресурсів.

Розглянемо всі можливі заходи щодо зниження споживання енергії у ЦГПТЛ.

Зниження витрати природного газу за рахунок впровадження системи регульованою ежекції повітря на колпакових печах ЦГПТЛ.

В даний час під час проміжної технологічної витримки (420^0C - 3 години) і основний (680-700ºС - 4-7 годин) регулювання температури здійснюється автоматичним відключенням і включенням подачі природного газу за

допомогою електромагнітного клапана, який управляється приладом регулювання температури.

При цьому в існуючій схемі регулювання, під час відключення подачі природного газу подача ежекторного повітря не відключається, тим самим, прискорюючи падіння температури в період паузи в роботі пальників і наближаючи момент їх подальшого включення. Є можливість доповнити схему подачі ежекторного повітря автоматичним пристроєм регулювання його подачі (двох позиційний клапан), електрично пов'язаним з електромагнітним клапаном подачі природного газу під час технологічних витягів.

Зниження витрати електроенергії за рахунок установки реле часу на стенди прискореного охолодження у відділенні обробки х/к металу.

У відділенні по обробці х/к металу була відсутня технічна можливість контролю за часом роботи стендів прискореного охолодження рулонів після відпалу, що призводило до підвищеної витрати електроенергії.

Необхідна установка реле часу на стендах прискореного охолодження, що дозволить контролювати час їх роботи.

Зниження витрати природного газу за рахунок рециркуляції продуктів спалювання газового палива в колпакових печах.

В даний час при відпалі холоднокатаних рулонів в одностопних газових колпакових печах із захисною ЦГПТЛ продукти спалювання природного газу після віддачі тепла муфелем видаляються через вихлопну трубу, врізану у верхній частині нагрівального ковпака, в борів і через загальну димову трубу в атмосферу. З метою вторинного використання відпрацьованих газів і зниження витрати палива пропонується впровадити систему рециркуляції відхідних газів.

Зниження витрати електроенергії за рахунок модернізації системи управління включенням-виключенням емульсійних насосів на стані .

В даний час під час перевалки робочих валків на стані емульсійні насоси залишаються включеними. Пропонується модернізувати систему керування включенням і вимиканням насосів на стані , що дозволить проводити їх відключення в період перевалки робочих валків.

Зниження витрати природного газу за рахунок вдосконалення режиму нагріву при відпалі рулонного прокату в одностопних газових колпакових печах.

В даний час режим відпалу холоднокатаного рулонного прокату передбачає нагрів садки металу до температури основний витримки зі стендової термопарі, безпосередньо витримку після чого проводиться відключення пальників нагрівального ковпака, охолодження з нагрівальним ковпаком протягом однієї години і наступного охолодження без нагрівального ковпака до досягнення температури розпакування.

Пропонується скоротити тривалість основної витримки і відповідно періоду нагріву на одну годину, компенсувавши даний час збільшенням охолодження садки під нагрівальним ковпаком на дві години (3 години замість 1 години) при цьому для збереження тепла нагрівального ковпака і відповідного знаходження металу при більш високих температурах більш тривалий період часу необхідно дообладнати вихлопні труби нагрівальних ковпаків шиберними заслінками, що знизить втрати тепла за рахунок відсічення природної тяги після повного відключення нагрівального ковпака.

Зниження витрати електроенергії з допомогою модернізації електроприводів стану із заміною системи Г-Д на ТП.

Система електроприводу стану виконана на базі морально застарілій системі Г-Д, (генератори і електродвигуни електричні машини) з ему (електромашинний підсилювач). Електричні машини фізично зношені і виробили свій ресурс і потребують проведення ремонтів. Модернізація передбачає перехід на систему ТП-Д (тиристорний перетворювач-двигун), що підвищить стабільність режимів роботи агрегату, внаслідок чого поліпшиться якість металу. Збільшиться міжремонтний період в 2 рази.

Зниження витрати природного газу за рахунок заміни матеріалу футеровки одностопних газових колпакових печей.

Існує проблема втрат тепла через корпус печі. Матеріал футеровки шамотна цегла зношений, вимагає заміни. Пропонується замінити шамотну

цегла новим волокнистим матеріалом, що дозволить набагато знизити тепловтрати та кількість споживаного газу для виходу печі на робочу температуру та цикл відпалу відповідно.

1.7 Обгрунтування доцільності впровадження заходів

Висока енергоємність металургійних виробництв при зростанні цін на паливно енергетичні ресурси (ПЕР) ставить проблему енергозбереження на одне з перших місць. Найбільш повне вирішення питань оптимізації структури енергетичного господарства об'єктів чорної металургії дає системний підхід. Розгляд енергогосподарства в якості складної системи, оптимізація роботи кожного елементу і облік їх впливу на роботу об'єкта в цілому можуть дати значущий результат, особливо на реконструйованих і проектованих об'єктах.

Особливість потенціалу енергозбереження на металургійних підприємствах полягає в тому, що існує значний моральний і фізичний знос основного енерготехнологічного устаткування і спостерігається істотна неритмічність роботи металургійних комбінатів, пов'язана з особливістю сучасного ринку продукції. Ці два фактори разом з проблемою системи обліку та контролю витрат ПЕР, що вимагає докорінного поліпшення на всіх рівнях виробництва, в основному визначають значну частину нераціональних втрат ПЕР на виробництві.

На основі вивчених можливих заходів оберемо до впровадження такі заходи підвищення енергоефективності: зниження витрат електроенергії за рахунок модернізації системи управління включенням-виключенням емульсійних насосів на стані , зниження витрат електроенергії за рахунок установки реле часу на стенди прискореного охолодження у відділенні обробки х/к металу, зниження витрат електроенергії за рахунок заміни електродвигуна розмотувача стану на менш потужний, зниження витрат природного газу за

рахунок заміни матеріалу футеровки одностопних газових колпакових печей, зниження витрат природного газу за рахунок рециркуляції продуктів спалювання газового палива в ковпакових печах.

Заходи відносно зниження витрати електричної енергії обираємо виходячі з того, що перш за все необхідно виключити будь-які простої увімкненого обладнання та встановлення обладнання завищеної потужності, за моливості автоматизувати процеси.

Застосування в футеровці печей і димових трактах виробів і матеріалів з керамічного волокна з малою тепловою інерцією і низьку теплопровідність, дозволяє скоротити втрати тепла теплопровідністю, зменшити акумуляцію тепла кладкою (для печей періодичної дії), а також скоротити час на розігрів і охолодження печей. Дозволяє зменшити температуру на зовнішній обшивці стін печей до 45-55ºС, подин і склепінь печей - до 55-65ºС при одночасному зменшенні товщини футеровки печей (на 150-300мм), або деякому (на 300-600мм) збільшенні ширини і висоти робочого простору.

Оптимальним рішенням системи опалення колпакових печей є рекуперація тепла відхідних продуктів згоряння для підігріву повітря горіння. У цьому випадку представляється можливим домогтися підвищення якості нагріву, стійкості печі і зниження витрати палива.

Отже, в роботі прийнято рішення впровадити наступні заходи з підвищення ефективності електроспоживання:

1. Модернізації системи управління емульсійних насосів;
2. Автоматизація стендів прискореного охолодження;
3. Заміна електродвигуна розмотувача.

2 РОЗРАХУНОК ЗАХОДІВ З ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ ЦГПТЛ ПАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ»

2.1 Розрахунок зниження витрати електричної енергії за рахунок модернізації системи управління емульсійних насосів

Оскільки під час перевалки робочих валків на стані емульсійні насоси залишаються включеними. Пропонується модернізувати систему керування включенням і вимиканням насосів на стані , що дозволить виключати їх в період перевалки робочих валків.

На перевалку робочих валків у місяць витрачається 33 години.

Потужність одного двигуна насосу - 75кВт.

Оскільки одночасно працює два двигуни, потужність складає 150 кВт.

Визначимо економію електричної енергії:

$$E_w = t \cdot P, \tag{2.1}$$

де t – час , необхідний на перевалку валків в місяць;

P – потужність працюючих двигунів емульсійних насосів.

Отже,

$$E_w = 33 \cdot 150 = 4950 \text{ кВт}.$$

Тобто, 4950 кВт на місяць, або 59400 кВт на рік.

Обираємо для установки вимикач ВА3002/3Б, ціна якого складає 2600 гривень.

2.2 Розрахунок зниження витрати електричної енергії за рахунок автоматизації стендів прискореного охолодження

На даний час у відділенні по обробки металу відсутня технічна можливість контролю за часом роботи стендів прискореного охолодження рулонів після відпалу. Що призводить до підвищеної витрати електроенергії, оскільки має місце простій обладнання. Отже, необхідна установити реле часу на даних стендах, що дозволить контролювати час їх роботи.

Середня споживана потужність двигуна СУО = 20 кВт·год.

Середній час переробки стендів прискореного охолодження за добу - 12 год, що за місяць складає 360 годин.

Визначимо економію електричної енергії:

$$E_w = t \cdot P, \tag{2.2}$$

де t – час, переробки стендів за добу;

P – потужність працюючих двигунів стендів.

Отже,

$$E_w = 360 \cdot 20 = 7200 \text{ кВт}.$$

Тобто, 7200 кВт на місяць, або 86400 кВт на рік.

За вихідними параметрами вибираємо реле часу іскробезпечне РВІ.1М, ціна якого складає 10560 грн.

В результаті впровадженого заходу значно скоротилося споживання електричної енергії за рахунок установки реле часу на стендах прискореного охолодження, що дозволяє контролювати час їх роботи.

2.3 Розрахунок зниження витрати електричної енергії за рахунок заміни електродвигуна розмотувача

У цеху гарячої прокатки наявні агрегати завищеної потужності. Необхідна заміна двигунів розмотувача на одному зі станів на двигуни необхідної потужності [28].

Статична потужність електроприводу розмотувача при максимальній швидкості і найбільшому натягу смуги може бути розрахована за формулою:

$$P_{ст} = \frac{T_{\max} \cdot V_{\max} \cdot \eta}{102}, \qquad (2.3)$$

де $T_{\max}$ - максимальний натяг смуги,

$V_{\max}$ - максимальна швидкість,

η - ККД редуктора.

Звідси,

$$P_{ст} = \frac{3100 \cdot 200,9}{102} = 547 \text{ кВт.}$$

У розрахунку на один двигун це становить 547кВт.

Враховуючи дію динамічної потужності коефіцієнтом запасу який для дводвигуновому системи прийнятий рівним 1,1, маємо:

$$P = K_д \cdot P_{ст}. \qquad (2.4)$$

Отже,

$$P = 1,1 \cdot 547 = 602 \text{кВт}$$

На розмотувачі стану встановлено 2 двигуна П2ПМ-500-141-4У3 по 315 кВт згідно каталогу на електричні машини.

Двигун 315 кВт працює із завантаженням в 50%, отже його споживана потужність в заданих умовах 160 кВт·год, ККД двигуна дорівнює 0,95.

При заміні даного двигуна на менш потужний 160 кВт він буде завантажений на 100% від номіналу. ККД його так само 0,95.

Втрати потужності електродвигуна 315 кВт на нагрів, втрати в сталі, втрати від намагнічування складають:

$$\Delta P = \frac{P}{\eta} - P, \tag{2.5}$$

де P – потужність двигуна,

η - ККД двигуна.

$$\Delta P_1 = \frac{315}{0,95} - 315 = 16,57\,\text{кВт}.$$

Втрати потужності електродвигуна 160 кВт на нагрів, втрати в сталі, втрати від намагнічування складають:

$$\Delta P_2 = \frac{160}{0,95} - 160 = 8,42\,\text{кВт}.$$

Різниця втрат становить:

$$\Delta p = \Delta P_1 - \Delta P_{2,} \tag{2.6}$$

де ΔP_1, ΔP_2 - втрати потужності електродвигуна на нагрів, втрати в сталі, втрати від намагнічування для двигуна 315 та 160 кВт відповідно.

$$\Delta p = 16{,}57 - 8{,}42 = 8{,}14 \text{ кВт}.$$

Економія електроенергії складе 8,14 кВт·год, але, при цьому, двигун з меншою потужністю буде завантажений за номіналом.

Річна економія електроенергії складе:

$$E_w = \Delta p \cdot t, \tag{2.7}$$

де Δp - різниця втрат,

t – час роботи двигунів за рік.

Отже, річна економія складатиме:

$$E_w = 8{,}42 \cdot 8300 = 69886 \text{ кВт}.$$

Для заміни вибираємо двигун AIP355S6 (AIP 355 S6) 160 кВт. Ціна якого дорівнює 126791 грн.

Характеристики обраного двигуна.

Електродвигун трифазний AIP355S6 (AIP 355 S6) відноситься до серії загальнопромислових асинхронних електродвигунів змінного струму з короткозамкненим ротором. Цей електродвигун має дві схеми підключення (трикутник/зірка) залежно від напруження токоподаючої мережі - 380/660 В. Потужність електродвигуна AIP 355S6 становить 160 кВт, а частота обертів - 1000 об/хв. Висота осі обертання (габарит) електродвигуна AIP355 S6 - 355 мм, діаметр валу - 75 мм. Двигун AIP355 S6 призначений для роботи в режимі S1 - тривалий режим роботи, при якій навантаження на електродвигун незмінне тривалий час. Ступінь захисту IP55 - підвищений захист електродвигуна від вологи і пилу. Клас ізоляції обмоток статора "F" - пікова температура нагріву 150°C.

Основні характеристики електродвигуна AIP 355S6 160 кВт:

- виробник - Сібелектромотор;
- країна виробник – Росія;
- тип двигуна – Асинхронний;
- потужність 160,0 (кВт);
- коефіцієнт потужності 0,88;
- частота обертання 1000 (об/хв);
- режими роботи – тривалий;
- система охолодження двигуна – повітряна;
- спосіб монтажу - на лапах;
- ККД не менше 95%;
- габаритні розміри: довжина 1560 (мм), висота 1010 (мм), діаметр 800(мм), діаметр валу 75 (мм).

3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ З ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЦГПТЛ

3.1 Загальні питання ефективності енергозберігаючих заходів

Питання енергозбереження та енергоефективності з кожним роком стають все більш актуальними. При цьому напрямок викликає інтерес не тільки у держави та власників бізнесу, а також у представників простих домогосподарств.

Цьому служить ряд причин: - дефіцит і постійне зменшення природних ресурсів; - питання енергетичної безпеки України; - висока енергоємність української економіки; - поступове збільшення споживання; - щорічне зростання цін на імпортовані Україною енергоресурси (газ, нафта).

Висока енергоємність галузей економіки пояснюється низкою факторів, серед яких найвпливовішими є:

1) значна частка витрат паливно-енергетичних ресурсів у загальній структурі собівартості продукції;

2) високий ступінь фізичного зносу основних фондів, у тому числі виробничого обладнання (65-70 %);

3) дефіцит інформації про програми і технології енергозбереження;

4) порівняно невеликий досвід фінансування таких проектів і, як результат, неактивна їх реалізація.

Представники великих виробничо-промислових компаній України вже сьогодні приділяють велику увагу показникам енергоспоживання, енергозбереження та підвищення енергоефективності виробництва.

В результаті аудиту було виявлено великий потенціал енергозбереження, і стало зрозумілим, що інвестиції в енергоефективність приведуть в майбутньому до скорочення щорічних витрат.

Під час проведення аудиту, були визначені основні споживачі природного газу на електроенергії, розміри їх споживання. Ними є ковпакові печі та прокатні стани відповідно.

Вирішено розглядати такі проекти підвищення енергоефективності цеху: зниження витрат природного газу за рахунок заміни матеріалу футерування одностопних газових колпакових печей, зниження витрат природного газу за рахунок рециркуляції продуктів спалювання газового палива в ковпакових печах, зниження витрат електроенергії за рахунок модернізації системи управління включенням-виключенням емульсійних насосів на стані , зниження витрат електроенергії за рахунок установки реле часу на стенди прискореного охолодження у відділенні обробки х/к металу, зниження витрат електроенергії за рахунок заміни електродвигуна розмотувача стану «1700-1» на менш потужний. На основі розрахунків економії енергоресурсів у другій главі наведемо заходи на рисунку 3.1.

Розглянуті проекти енергозбереження є незалежними, тобто їх реалізація може відбуватися як спільно, так і окремо. Наведемо результати розрахунку економії енергоресурсів за рік від впровадження заходів у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Економія енергоресурсів за рік від впровадження заходів

Заходи	Одиниці вимірювання	Економія
1.Модернізація системи управління насосів стану	кВт·год/рік	59 400
2.Автоматизація стендів прискореного охолодження	кВт·год/рік	86 400
3.Заміна двигуна розмотувача стану	кВт·год/рік	69 886

Наведемо методику оцінки ефективності заходів [29].

Економічний ефект заходів визначається за рахунок зменшення споживання електроенергії.

Розраховуємо економічний ефект:

$$E = E_{W,Q} \cdot тариф, \tag{3.1}$$

де E_W *або* E_Q – економія електроенергії;

тариф – тариф на електроенергію 1,56 грн./кВт·год.

Визначаємо період простої окупності проекту – це найбільш простий метод оцінки проекту, при котрому розраховується період часу, протягом якого, вигоди від проекту будуть рівними витратам на проект, років:

$$T = \frac{E}{K}, \tag{3.2}$$

де K – капітальні витрати, тис.грн;

E – економічний ефект, тис.грн.

Чиста теперішня вартість проекту (NPV) – це сумарна сьогоднішня вартість чистих грошових потоків або різниця між дисконтова ними сумарними доходами та сумарними дисконтова ними витратами. Для розрахунку NPV проекту необхідно визначити ставку дисконту, використати її для дисконтування потоків витрат та вигод і підсумувати. В економічному аналізі ставка дисконту являє собою закладену вартість капіталу, тобто прибуток, який міг би бути одержаний при інвестуванні найприбутковіших альтернативних проектів. Якщо ЧТВ позитивна, то проект можна рекомендуПАТи для фінансування. Якщо ЧТВ дорівнює нулю, то надходжень від проекту вистачить лише для відновлення вкладеного капіталу. Якщо ЧТВ менше нуля – проект не приймається.

$$NPV = \sum_{t=0}^{T} \frac{(B_t - C_t)}{(1+\alpha)^t}, \quad (3.3)$$

де *Bt-Ct* – чистий грошовий потік;

α - ставка дисконту. Для проектів енергоефективності приймається рівною 10%;

t – життєвий цикл проекту, років.

Метод розрахунку чистої теперішньої вартості полягає у порівнянні величини початкових інвестицій з загальною сумою дисконтованих чистих грошових надходжень, які генеруються ними протягом прогнозованого строку.

Визначення NPV від реалізації проекту проведемо в таблицях за формулами:

Балансовий прибуток:

$$БП = Е_{ПЕР} – ЕВ \ – Ам\ , \quad (3.4)$$

де *ЕВ* – експлуатаційні витрати, тис.грн.;

Ам – амортизаційні витрати, тис.грн.

Амортизація:

$$Ам = К/t\ , \quad (3.5)$$

де *К* – капітальні витрати, тис.грн.

Чистий прибуток:

$$ЧП = БП – ПнП\ , \quad (3.6)$$

де *ПнП* – податок на прибуток, тис.грн.,

$$ПнП = БП \cdot Р, \quad (3.7)$$

де P – ставка податку.

Ставка податок складає 18% від балансового прибутку ЧГП (суми чистого прибутку та амортизації обладнання).

Дисконтований грошовий потік (ДГП) знаходимо за формулою:

$$ДГП = ЧГП \cdot К_Д \ . \tag{3.8}$$

Кумулятивний грошовий потік (КГП) знаходимо як суму *КГП* попереднього року та *ДГП* даного року.

За допомогою розрахованих даних знаходимо значення NPV.

Внутрішня норма рентабельності (IRR) – це рівень ставки дисконтування, при якому NPV проекту за його життєвий цикл дорівнює нулю. ВНР проекту дорівнює ставці дисконту, при якій сумарні дисконтоваі вигоди дорівнюють сумарним дисконтовим витратам, тобто ВНР є ставкою дисконту, при якій NPV проекту дорівнює нулю .

Для розрахунку за даною формулою необхідно підібрати таку ставку дисконтування, щоб NPV при цій ставці була від'ємна.

$$IRR = \alpha_1 + \frac{NPV_1 \cdot (\alpha_2 - \alpha_1)}{(NPV_1 - NPV_2)} \ , \tag{3.9}$$

де α_1 – ставка дисконту, при якій ЧТВ позитивна;

α_2 – ставка дисконту, при якій ЧТВ – від'ємна;

NPV_1 – величина позитивної ЧТВ при ставці дисконту α_1;

NPV_2 – величина від'ємної ЧТВ при ставці дисконту α_2.

Індекс доходності або ануїтет NPV визначається за формулою:

$$PI = \frac{NPV + K}{K}. \tag{3.10}$$

Дисконтований термін окупності (PBP) визначається графічно, знаходиться як перетин лінії кумулятивного дисконтованого грошового потоку з віссю X, але проводити за даним показником оцінку не будемо.

Надалі проводимо розрахунки ефективності заходів за даною методикою.

3.2 Проект №1. Модернізація системи управління насосів стану

Проводиться встановлення вимикача для виключення насосів під час перевалки валків стану .

Капітальні витрати на встановлення вимикача.

В таблиці 3.2 зведені дані про вартість капітальних вкладень для заходу. Розрахунки базуються на тому, що прийнято до встановлення вимикач ВА3002/3Б.

Таблиця 3.2 - Вартість капітальних вкладень для заходу

№	Найменування	Капітальні вкладення, тис. грн.
1	Вимикач ВА3002/3Б	260
2	Монтажні роботи	52,0
	Вартість всього	312,0

Визначаємо економічний ефект проекту Е за формулою (3.1):

$$E = 59\ 400 \cdot 1{,}36 = 80,\ 784 \text{ тис. грн./рік.}$$

Визначаємо термін окупності проекту $T_{ок}$ за формулою (3.2):

$$T_{ок} = \frac{3{,}12}{80{,}784} = 0{,}04 \text{ років.}$$

Визначаємо та заносимо в таблиці 3.3 результати розрахунків потоку чистих грошових надходжень від проекту.

Таблиця 3.3 – Розрахунок потоку чистих грошових надходжень від проекту встановлення вимикача

№	Показники, тис. грн.	Рік життєвого циклу	
		0	1-5
1	2	3	4
1	Капітальні витрати	3,12	-
2	Збільшення обсягу реалізації	-	-
3	Економія ПЕР	-	80,784
4	Інші надходження	-	-
5	Експлуатаційні витрати	-	-
6	Інші витрати	-	-
7	Амортизація	-	0,624
8	Балансовий прибуток	-	80,16
9	Податок на прибуток	-	14,43
10	Чистий прибуток	-	65,73
11	Потік чистих грошових надходжень	-3,12	66,36

Потік чистих грошових надходжень від проекту ЧГН=66,36 тис. грн.

Визначаємо та заносимо в таблиці 3.4 результати розрахунків чистої теперішньої вартості проекту NPV.

Визначаємо внутрішню норму рентабельності проекту IRR, %.

Для цього обчислюємо та заносимо в таблицю 3.5 результати розрахунків чистої теперішньої вартості проекту при ставці дисконту 3000%:

Таблиця 3.4 – Розрахунок дисконтованого грошового потоку від проекту встановлення вимикача

Рік	Грошовий потік, тис. грн.	$K_д$ α=10%	Дисконтований грошовий потік, тис. грн.	Кумулятивний дисконтований грошовий потік, тис. грн.
1	2	3	4	5
0	-3,12	1	-3,12	-3,12
1	66,35	1,1	60,32	57,2
2	66,35	1,21	54,84	112,04
3	66,35	1,33	49,89	161,93
4	66,35	1,46	45,45	207,38
5	66,35	1,61	41,21	248,59

Чиста теперішня вартість проекту NPV=248,59 тис. грн.

Таблиця 3.5 – Дисконтовані грошові потоки проекту встановлення вимикача при ставці дисконту 3000%

Роки	Чистий грошовий потік, тис. грн.	Чисті дисконтовані грошові потоки, тис. грн.	
		α =10%	α =3000%
1	2	3	4
0	-3,12	-3,12	-3,12
1	66,3552	60,32291	2,1404903
2	66,3552	54,83901	0,0690481
3	66,3552	49,89113	0,0022274

Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4
4	66,3552	45,44877	$7{,}18 \cdot 10^{-5}$
5	66,3552	41,21441	$2{,}31 \cdot 10^{-6}$
Всього	-	248,59	-1

Величина внутрішньої норми рентабельності проекту визначається за формулою (3.9):

$$IRR = 10 + \frac{248{,}59 \cdot (3000 - 10)}{248{,}59 - (-1)} = 2898{,}38\ \%.$$

Визначаємо індекс доходності проекту PI за формулою (3.10):

$$PI = \frac{248{,}59 + 3{,}12}{3{,}12} = 80{,}68.$$

Проаналізуємо доцільність впровадження проекту:

1)термін окупності $T_{ок}$=0,04<5;

2)значення чистої теперішньої вартості *NPV*=248,59>0;

3)величина внутрішньої норми рентабельності *IRR*=2898,38>0;

4)величина індексу доходності *PI*=80,68>1.

Отже проект ефективний та його доцільно впроваджувати.

3.4 Проект №2. Автоматизація стендів прискореного охолодження

Проводиться встановлення реле часу для виключення стендів в той час, коли вони не потрібні.

Капітальні витрати на встановлення вимикача.

В таблиці 3.6 зведені дані про вартість капітальних вкладень для заходу. Розрахунки базуються на тому, що прийнято до встановлення вимикач ВА3002/3Б.

Таблиця 3.6 - Вартість капітальних вкладень для заходу

№	Найменування	Капітальні вкладення, тис. грн.
1	Реле часу іскробезпечне РВІ.1М	100,56
2	Монтажні роботи	12,11
	Вартість всього	112,67

Визначаємо економічний ефект проекту Е за формулою (3.1):

$$E = 86\,400 \cdot 1{,}36 = 112{,}32 \text{ тис. грн./рік.}$$

Визначаємо термін окупності проекту $T_{ок}$ за формулою (3.2):

$$T_{ок} = \frac{12{,}67}{112{,}32} = 0{,}1 \text{ років.}$$

Визначаємо та заносимо в таблицю 3.7 результати розрахунків потоку чистих грошових надходжень від проекту.

Таблиця 3.7 – Розрахунок потоку чистих грошових надходжень від проекту встановлення реле часу

№	Показники, тис. грн.	Рік життєвого циклу	
		0	1-5
1	2	3	4
1	Капітальні витрати	12,67	-
2	Збільшення обсягу реалізації	-	-
3	Економія ПЕР	-	112,32
4	Інші надходження	-	-

Продовження таблиці 3.7

1	2	3	4
5	Експлуатаційні витрати	-	-
6	Інші витрати	-	-
7	Амортизація	-	2,534
8	Балансовий прибуток	-	109,78
9	Податок на прибуток	-	19,76
10	Чистий прибуток	-	90,02
11	Потік чистих грошових надходжень	-12,67	92,56

Потік чистих грошових надходжень від проекту ЧГН=92,56 тис. грн.

Визначаємо та заносимо в таблицю 3.8 результати розрахунків чистої теперішньої вартості проекту NPV.

Таблиця 3.8 – Розрахунок дисконтованого грошового потоку від проекту встановлення реле часу

Рік	Грошовий потік, тис. грн.	$К_д$ α=10%	Дисконтований грошовий потік, тис. грн.	Кумулятивний дисконтований грошовий потік, тис. грн.
1	2	3	4	5
0	-12,67	1	-12,67	-12,67
1	92,56	1,1	84,14	71,47
2	92,56	1,21	76,49	147,97
3	92,56	1,33	69,59	217,56
4	92,56	1,46	63,39	280,96
5	92,56	1,61	57,49	338,45

Чиста теперішня вартість проекту NPV=338,45 тис. грн.

Визначаємо внутрішню норму рентабельності проекту IRR, %.

Для цього обчислюємо та заносимо в таблицю 3.9 результати розрахунків чистої теперішньої вартості проекту при ставці дисконту 3000%:

Таблиця 3.9 – Дисконтовані грошові потоки проекту встановлення реле часу при ставці дисконту 3000%

Роки	Чистий грошовий потік, тис. грн.	Чисті дисконтовані грошові потоки, тис. грн.	
		α =10%	α =3000%
1	2	3	4
0	-12,67	-12,67	-12,67
1	92,55852	84,14411	2,9857587
2	92,55852	76,49464	0,0963148
3	92,55852	69,59287	0,0031069
4	92,55852	63,39625	0,0001002
5	92,55852	57,48976	-12,67
Всього	-	338,45	-10

Величина внутрішньої норми рентабельності проекту визначається за формулою (3.9):

$$IRR = 10 + \frac{338,45 \cdot (3000 - 10)}{338,45 - (-10)} = 2826,77\%.$$

Визначаємо індекс доходності проекту PI за формулою (3.10):

$$PI = \frac{338,45 + 12,67}{12,67} = 27,71.$$

Проаналізуємо доцільність впровадження проекту:

1)термін окупності $T_{ок}$=0,1<5;

2)значення чистої теперішньої вартості NPV=338,45>0;

3)величина внутрішньої норми рентабельності IRR=2826,77>0;

4)величина індексу доходності PI=27,71>1.

Отже проект ефективний та його доцільно впроваджувати.

3.4 Проект №3. Заміна електричного двигуна розмотувача стану

Проводиться заміна електричних двигунів на двигуни меншої потужності, оскільки наявні завищеної потужності.

Капітальні витрати на встановлення двигунів.

В таблиці 3.10 зведені дані про вартість капітальних вкладень для заходу. Розрахунки базуються на тому, що прийнято до встановлення два двигуни AIP355S6 (AIP 355 S6) 160 кВт.

Таблиця 3.10 - Вартість капітальних вкладень для заходу

№	Найменування	Капітальні вкладення, тис. грн.
1	Двигун AIP355S6 - 160 кВт, 2 шт.	253,582
2	Монтажні роботи	25,36
	Вартість всього	278,94

Визначаємо економічний ефект проекту Е за формулою (3.1):

$$E = 69\ 886 \cdot 1{,}36 = 95{,}044 \text{ тис. грн./рік.}$$

Визначаємо термін окупності проекту $T_{ок}$ за формулою (3.2):

$$T_{ок} = \frac{278{,}94}{95{,}044} = 2{,}93 \text{років.}$$

Визначаємо та заносимо в таблицю 3.11 результати розрахунків потоку чистих грошових надходжень від проекту.

Таблиця 3.11 – Розрахунок потоку чистих грошових надходжень від проекту заміни двигунів

№	Показники, тис. грн.	Рік життєвого циклу	
		0	1-5
1	2	3	4
1	Капітальні витрати	278,94	-
2	Збільшення обсягу реалізації	-	-
3	Економія ПЕР	-	95,044
4	Інші надходження	-	-
5	Експлуатаційні витрати	-	-
6	Інші витрати	-	-
7	Амортизація	-	55,788
8	Балансовий прибуток	-	39,256
9	Податок на прибуток	-	7,066
10	Чистий прибуток	-	32,18
11	Потік чистих грошових надходжень	-278,94	87,97

Потік чистих грошових надходжень від проекту ЧГН=87,97 тис. грн.

Визначаємо та заносимо в таблицю 3.12 результати розрахунків чистої теперішньої вартості проекту NPV.

Таблиця 3.12 – Розрахунок дисконтованого грошового потоку від проекту заміни двигунів

Рік	Грошовий потік, тис. грн.	$К_д$ α=10%	Дисконтований грошовий потік, тис. грн.	Кумулятивний дисконтований грошовий потік, тис. грн.
1	2	3	4	5

0	-278,94	1	-278,94	-278,94

Продовження таблиці 3.12

1	2	3	4	5
1	87,97792	1,1	79,97992727	-198,96
2	87,97792	1,21	72,70902479	-126,251
3	87,97792	1,33	66,14881203	-60,1022
4	87,97792	1,46	60,25884932	0,156613
5	87,97792	1,61	54,64467081	54,80128

Чиста теперішня вартість проекту NPV=54,8 тис. грн.

Визначаємо внутрішню норму рентабельності проекту IRR, %.

Для цього обчислюємо та заносимо в таблицю 3.13 результати розрахунків чистої теперішньої вартості проекту при ставці дисконту 20%.

Величина внутрішньої норми рентабельності проекту визначається за формулою (3.9):

$$IRR = 10 + \frac{54,8 \cdot (20 - 10)}{54,8 - (-10)} = 18,45\%.$$

Таблиця 3.13 – Дисконтовані грошові потоки проекту заміни двигунів при ставці дисконту 20%

Роки	Чистий грошовий потік, тис. грн.	Чисті дисконтовані грошові потоки, тис. грн.	
		α =10%	α =20%
1	2	3	4
0	-278,94	-278,94	-278,94
1	87,97792	79,97993	73,314933
2	87,97792	72,70902	61,095778
3	87,97792	66,14881	50,913148

Продовження таблиці 3.13

1	2	3	4
4	87,97792	60,25885	42,427623
5	87,97792	54,64467	35,356353
Всього	-	54,8	-16

Визначаємо індекс доходності проекту PI за формулою (3.10):

$$PI = \frac{54,8 + 278,94}{278,94} = 1,19.$$

Проаналізуємо доцільність впровадження проекту:

1)термін окупності $T_{ок}$=2,93<5;

2)чистої теперішньої вартості NPV=54,8>0;

3)величина внутрішньої норми рентабельності IRR=18,45>0;

4)величина індексу доходності PI=1,19>1.

Отже проект ефективний та його доцільно впроваджувати.

3.5 Загальний комплексний проект

Для збільшення грошових надходжень від енергозберігаючих проектів обираємо варіант впровадження п`яти розглянутих проектів як загального комплексного проекту.

Визначаємо сумарний економічний ефект загального комплексного проекту.

$$E_{сум}=E_1+E_2+E_3+E_4+E_5, \quad (3.11)$$

де E_1, E_2, E_3, E_4, E_5 – економічний ефект від впровадження першого, другого, третього, четвертого та п`ятого проектів, тис. грн./рік.

$E_{сум}$=61 390,56+142 945,8+80,784+112,32+95,044=204624,51 тис. грн./рік.

Визначаємо сумарні капітальні витрати комплексного проекту:

$$K_{сум}=K_1+K_2+K_3+K_4+K_5, \quad (3.12)$$

де K_1, K_2, K_3 – капітальні витрати на впровадження першого, другого та третього проектів, тис. грн.

$К_{сум}$ =27 903,3+61 151,14+3,12+12,67+278,94=89 349,17 тис. грн.

Визначаємо термін окупності проекту за формулою (3.2):

$$T_{ок}=\frac{89349,17}{204624,5}=0,44 \text{ років.}$$

Визначаємо та заносимо в таблицю 3.14 результати розрахунків потоку чистих грошових надходжень від комплексного проекту, тис. грн.:

Таблиця 3.14 – Розрахунок потоку чистих грошових надходжень загального комплексного проекту

№	Показники, тис. грн.	Рік життєвого циклу	
		0	1-5
1	2	3	4
1	Капітальні витрати	89 349,17	-
2	Збільшення обсягу реалізації	-	-

Продовження таблиці 3.14

1	2	3	4
3	Економія ПЕР	-	204624,5
4	Інші надходження	-	-
5	Експлуатаційні витрати	-	-
6	Інші витрати	-	-
7	Амортизація	-	17 869,83
8	Балансовий прибуток	-	186 754,7
9	Податок на прибуток	-	33 615,84
10	Чистий прибуток	-	153 138,8
11	Потік чистих грошових надходжень	-89 349,17	171008,7

Потік чистих грошових надходжень від проекту ЧГН=117008,7 тис. грн.

Визначаємо та заносимо в таблицю 3.15 результати розрахунків чистої теперішньої вартості проекту NPV:

Таблиця 3.15 – Розрахунок дисконтованого грошового потоку загального комплексного проекту

Роки	Грошовий потік, тис. грн.	$К_д$ α=10%	Дисконтований грошовий потік, тис. грн.	Кумулятивний дисконтований грошовий потік, тис. грн.
0	-89349,2	1	-89349,17	-89349,2
1	171008,7	1,1	155462,4257	66113,26
2	171008,7	1,21	141329,478	207442,7
3	171008,7	1,33	128577,9461	336020,7
4	171008,7	1,46	117129,2249	453149,9
5	171008,7	1,61	106216,5642	559366,5

Чиста теперішня вартість проекту NPV=559 366,5 тис. грн.

Визначаємо внутрішню норму рентабельності проекту IRR.

Для цього обчислюємо та заносимо в таблицю 3.16 результати розрахунків чистої теперішньої вартості проекту при ставці дисконту 195%:

Таблиця 3.16 – Дисконтовані грошові потоки загального комплексного проекту при ставці дисконту 195%

Роки	Чистий грошовий потік, тис. грн.	Чисті дисконтовані грошові потоки, тис. грн.	
		α =10%	α =195%
0	-89349,2	-89349,2	-89349,17
1	171008,7	155462,4	57969,04
2	171008,7	141329,5	19650,522
3	171008,7	128577,9	6661,1939
4	171008,7	117129,2	2258,0318
5	171008,7	106216,6	765,43452
Всього	-	559 366,5	-2045

Величина внутрішньої норми рентабельності загального проекту визначається за формулою (3.9):

$$IRR = 10 + \frac{559366,5 \cdot (195 - 10)}{559366,5 - (-2045)} = 182,06\%.$$

Визначаємо індекс прибутковості PI за формулою (3.10):

$$PI = \frac{559366,5 + 89349,17}{89349,17} = 7,26.$$

Проаналізуємо доцільність впровадження проекту:

1)термін окупності $T_{ок}$=0,44<5;

2)значення чистої теперішньої вартості NPV=559 366,5>0;

3)внутрішньою норми рентабельності IRR=182,06>0;

4)величина індексу доходності PI=7,26>1.

Отже проект ефективний та його доцільно впроваджувати.

Зводимо показники ефективності всіх проектів в табл. 3.17:

Таблиця 3.17 – Показники ефективності проектів

Проект	$T_{ок}$, років	NPV, тис. грн.	IRR,%	PI
1.Модернізація системи управління насосів стану	0,04	248,59	2898,38	80,68
2.Автоматизація стендів прискореного охолодження	0,1	338,45	2826,77	27,71
3.Заміна двигуна розмотувача стану	2,93	54,8	18,45	1,19
Комплексний проект	2,44	559 336,5	182,06	7,26

Проаналізуємо отримані показники ефективності всіх проектів. Строки окупності знаходяться в межах доцільності впровадження енергозберігаючих проектів. Всі проекти мають великий ступінь ефективності, їх чиста теперішня вартість має велике додатне значення та внутрішня норма рентабельності складає великий відсоток. Для отримання більших грошових надходжень доцільно впровадити загальний комплексний енергозберігаючий проект, який враховуватиме одночасне впровадження всіх трьох проектів. Такий загальний комплексний проект має гарні значення показників ефективності.

ВИСНОВКИ

Відкрите акціонерне товариство металургійний комбінат «Запоріжсталь» - це одне з найбільших металургійних підприємств України. В даний час ВАТ МК «Запоріжсталь» має 7 основних цехів, таких як: агломераційний, доменний, мартенівський, обжимний, цех гарячої прокатки тонкого листа (ЦГПТЛ) і холодного прокату (ЦХП - 1 і ЦХП - 3). Основним напрямком діяльності підприємства, що розглядається, є виробництво чавуну, сталі , та сталепрокату.

Одним із основних цехів підприємства є цех гарячої прокатки тонкого листа. ЦГПТЛ призначений для гарячої прокатки тонкого листа з вуглецевої, легованої і нержавіючої сталі. Готовою продукцією цеху є гарячекатаний лист товщиною від 2 до 7 мм. Річна виробнича потужність цеху становить 3 млн.т.

Основним обладнанням цеху є безперервний тонколистовий стан гарячої прокатки «1680». Допоміжним обладнанням цеху є - методичні печі, 13 - роликова правильна машина, моталки, обробні агрегати, мийний агрегат, травильні агрегати, гартівна машина і т. ін. Цех, як і підприємство в цілому є споживачем надзвичайно великої кількості енергетичних ресурсів, серед яких особливе місце займає електрична енергія. Найбільша її кількість, а саме 36%, споживається безпосередньо прокатним станом. Решта енергії приходиться на допоміжне обладнання, а також вентиляцію і кондиціювання 6,6%, та освітлення близько 3%.

Виходячи з теми роботи та на основі аудиту прокатного цеху, було запропоновано наступні заходи з енергозбереження:

- Модернізації системи управління емульсійних насосів;
- Автоматизація стендів прискореного охолодження;
- Заміна електродвигунів розмотувача на енергоефективні;

1. Отже, оскільки під час перевалки робочих валків на стані емульсійні насоси залишаються включеними на час, коли це не потрібно, пропонується модернізувати систему керування включенням і вимиканням насосів, що

дозволить виключати їх тільки в період перевалки робочих валків. Потужність одного двигуна насосу - 75кВт, оскільки одночасно працює два двигуни, то сумарна потужність складає 150 кВт.

2. В роботі також пропонується модернізувати систему керування включенням і вимиканням двигунів стендів прискореного охолодження в той час, коли вони не потрібні, шляхом застосування відповідної автоматичної та комутаційної апаратури. Це дозволить запобігати неефективному використанню ними електричної енергії.

3. Крім того, наявні двигуни розмотувача, як виявилося, мають завищену потужність, морально застаріли та вичерпали свій ресурс, тому доцільно їх замінити і встановити нові енергоефективні двигуни відповідної продуктивності типу AIP355S6 - 160 кВт, 2 шт.

4. При капітальних вкладеннях близько 0,7 млн. грн. річний економічний ефект складе 0,29 млн. грн, а сумарний строк окупності не перевищить 2,5 роки, що свідчить про доцільність запропонованих заходів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Овчаренко, А.С., Розинський, Д.І. Підвищення ефективності електропостачання промислових підприємств [Текст]. – К.: Техніка, 1989. – 276 с.

2. Тайтц, Н.Ю. Розрахунки нагрівальних печей [Текст]. – К.: Будівельник, 2011. – 212 с.

3. Тимчак, В.М., Гусовський, В.Л. Розрахунок нагрівальних термічних печей [Текст]. – М.: Металургія, 1983. – 186 с.

4. Комбінат «Запоріжсталь» – флагман української металургії [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.google.com.ua/url?u.

5. Пристрої плавного пуску асинхронних електродвигунів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://prtech.com.ua/Docs/Softstart.pdf.

6. Обслуговування прокатних станів. Листові стани [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://ohrana-bgd.narod.ru/prokat_23.html.

7. Холодна прокатка листів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.km.ru/referats/92979F5EEEE846EDBB0B2F663B14050B.

8. Структура виробництва «Запоріжсталь» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.zaporizhstal.com/uk/pidpriyemstvo/struktura-virobnictva/.

9. Міжнародна науково-технічна конференція молоді [Електронний ресурс]. XXVI. – Режим доступу: http://journal.esco.co.ua/2010_6/art284.pdf.

10. Проектування листопрокатних цехів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.ssau.ru/files/education/uch_posob/Дипломное%20проектирование-Каргин%20ВР.pdf.

11. Енергоємність термічної обробки прокатного листа та шляхи її зниження [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://ea.dgtu.donetsk.ua:8080/jspui/bitstream/123456789/6115/1/211_Jegorow.PDF.

12. Робочі кліті прокатних станів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://shop.sike.ru/wp-content/uploads/2015/08/E`P-Rabochie-kleti-prokatnyih-stanov.pdf](http://shop.sike.ru/wp-content/uploads/2015/08/E`P-Rabochie-kleti-prokatnyih-stanov.pdf).