

Запорізький національний університет
Навчально-науковий інженерний інститут ім. Ю.М. Потебні

Кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем

Пояснювальна записка
до магістерської роботи

рівень вищої освіти другий (магістерський) рівень

на тему Підвищення ефективності електроспоживання
ЦГПТЛ ПАТ «Запоріжсталь»

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1412-2

Червоненко М.В.

(прізвище та ініціали) (підпис)

спеціальності

141 Електроенергетика, електротехніка та

електромеханіка

(шифр і назва)

спеціалізація

(шифр і назва)

освітньо-професійна програма

141.00.11 Електроенергетика, електротехніка та

електромеханіка

(шифр і назва)

Керівник

Саблін О.І.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Запоріжжя
2023 рік

Запорізький національний університет

Навчально-науковий інженерний інститут ім. Ю.М. Потебні

(повне найменування вищого навчального закладу)

Кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем
(повна назва кафедри)

Рівень вищої освіти другий (магістерський) рівень
(повна назва кафедри)


Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва)

Спеціалізація _____
(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма 141.00.11 Електроенергетика,
електротехніка
(шифр і назва)
та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

д.т.н., доц.  В.Л. Коваленко
“ 07 ” грудня 2023 року

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу студенту

Червоненко Максим Вікторович

1. Тема роботи: Підвищення ефективності електроспоживання ЦГПТЛ ПАТ «Запоріжсталь»

Керівник роботи: Саблін О.І.

затверджені наказом ЗНУ від « 01 » травня 2023 року № 639 - с




2. Строк подання студентом роботи: 01 грудня 2023 року

3. Вихідні дані до роботи: поточний тариф вартості електроенергії; вихідні дані чисельної моделі; параметри та умови експлуатації кальценаторів

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які рекомендовано розробити): вступ; загальні відомості про підприємство ПАТ «Запоріжсталь»; аналіз ефективності споживання електроенергії обладнанням цеху ГПТЛ; заходи спрямовані на зниження споживання електроенергії обладнанням хвостової ділянки ЦГПТЛ

5. Перелік графічного матеріалу: Технологія виробництва продукції, технологічний процес хвостової ділянки БТЛС-1618, показники роботи підприємства, аналіз споживання електроенергії по цехам, схеми прямого та плавного пуску, результати впровадження енергозберігаючих заходів

6. Консультанти розділів дипломної роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|---------------|---|---|------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| Розділ 1 | Саблін О.І., професор |  | |
| Розділ 2 | Саблін О.І., професор |  | |
| Розділ 3 | Саблін О.І., професор |  | |
| Нормоконтроль | Бандуренко І.І., асистент | | |

7. Дата видачі завдання

01.06.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів дипломної роботи | Строк виконання етапів магістерської роботи | Примітка |
|-------|---|---|----------|
| 1 | Загальна характеристика підприємства ПАТ «Запоріжсталь» | 01.10.2023 | |
| 2 | Аналіз ефективності споживання електроенергії обладнанням цеху ГПТЛ | 01.11.2023 | |
| 3 | Розробка заходів для підвищення енергоефективності ЦГПТЛ | 01.12.2023 | |

Студент



Червоненко М.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник дипломної роботи



Саблін О.І.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтролер



(підпис)

Бандуренко І.І.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

АНОТАЦІЯ

У даному магістерській роботі було розглянуто можливі заходи щодо підвищення енергоефективності цеху гарячої прокатки тонких листів за допомогою впровадження енергозберігаючих заходів. Здійснено аналіз та проведено техніко-економічне обґрунтування енергозберігаючих заходів для оптимізації функціонування хвостової ділянки тонколистового прокатного стану. Зокрема, розглянуто впровадження пристрою плавного пуску для насосів оборотного циклу та заміну системи керування приводом конвеєру рулонів з релейно-контактної панелі на двигун з тиристорним перетворювачем.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: підприємство, цех, енергоефективність, енергозбереження, цехове обладнання, електропривод, економічний ефект

ABSTRACT

In this master's thesis, possible measures to increase the energy efficiency of the hot-rolling shop of thin sheets by means of the implementation of energy-saving measures were considered. An analysis was carried out and a technical and economic justification of energy-saving measures was carried out to optimize the functioning of the tail section of the thin-sheet rolling mill. In particular, the introduction of a soft start device for reverse cycle pumps and the replacement of the roll conveyor drive control system from a relay-contact panel to a motor with a thyristor converter were considered.

KEY WORDS: enterprise, shop, energy efficiency, energy saving, shop equipment, electric drive, economic effect

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| Вступ..... | 4 |
| 1 Загальна характеристика підприємства ПАТ «Запоріжсталь»..... | 6 |
| 1.1 Загальні відомості про ПАТ «Запоріжсталь»..... | 6 |
| 1.2 Виробничі потужності ПАТ «Запоріжсталь»..... | 7 |
| 1.3 Характеристика цеху гарячої прокатки тонкого листа (ЦГПТЛ). | 11 |
| 2 Аналіз ефективності споживання електроенергії обладнанням цеху ГПТЛ..... | 18 |
| 2.1 Технічні характеристики БТЛС-1680..... | 18 |
| 2.2 Аналіз схеми живлення та споживання електроенергії ЦГПТЛ... | 19 |
| 2.3 Аналіз споживання електроенергії та обладнання хвостової ділянки тонколистового стану | 25 |
| 3 Розробка заходів для підвищення енергоефективності ЦГПТЛ.... | 33 |
| 3.1 Аналіз роботи насосів оборотного циклу..... | 33 |
| 3.2 Аналіз систем керування електроприводів деякого цехового обладнання..... | 40 |
| 3.3 Техніко-економічне обґрунтування запропонованих заходів.... | 46 |
| 3.4 Питання, пов'язані з охороною праці..... | 56 |
| Висновки..... | 65 |
| Перелік посилань..... | 66 |
| Додаток..... | 69 |

ВСТУП

Енергозбереження представляє собою ключовий аспект в охороні природи та вирішенні екологічних проблем. Серед всіх споживачів електроенергії великий обсяг відводиться електродвигунам різної потужності, які витрачають більше половини загального обсягу виробленої енергії. Це підкреслює необхідність пошуку можливостей з ефективного використання енергії саме в цьому напрямі.

На сучасному етапі проблематичним є те, що значна кількість електродвигунів працює у нерегульованому режимі, що призводить до низької ефективності. Згідно з проведеними дослідженнями в цьому питанні, більшість машин має коефіцієнт завантаження, що не перевищує 50% при експлуатації електропривода. Це в свою чергу призводить до суттєвих втрат, оскільки не враховується знижене значення коефіцієнта потужності, особливо враховуючи, що загальна встановлена потужність асинхронних двигунів у країні становить приблизно 40...50 млн кВт.

Немає сумніву, що подальший розвиток енергоефективних технологій вимагатиме підвищення надійності та беззаварійної роботи машин і механізмів. В цьому контексті важливим є збільшення частки регульованого електропривода, як вказують фахівці, що може призвести до заощадження понад 46% енергоресурсів.

В сучасному контексті промисловість нашої країни потребує активної розробки та широкого впровадження методів і засобів керування засобами промислового електропривода з метою підвищення енергоефективності.

Енергозбереження представляє собою комплекс заходів, спрямованих на раціональне використання енергетичних ресурсів. Результати проведених заходів спрямовані на зниження потреби в паливно-енергетичних ресурсах на одиницю кінцевого продукту, а також на зменшення негативного впливу на навколишнє середовище.

Чорна металургія є ключовою галуззю важкої промисловості та важливою складовою національного господарства. Ефективність використання енергії та енергозбереження мають велике значення для цієї галузі. Продукція чорної металургії визначає розвиток інших галузей, таких як машинобудування, металообробка та будівництво.

Відкрите акціонерне товариство металургійний комбінат «Запоріжсталь» є одним з найбільших промислових підприємств України, виробляючи високоякісний сталевий гарячекатаний та холоднокатаний рулон, лист. Це підприємство активно розвиває енергозбереження, що є важливим аспектом у зв'язку із збільшенням складнощів у добутку та зростанням вартості основних енергоресурсів в країні.

1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА ПАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ»

1.1 Загальні відомості про ПАТ «Запоріжсталь»

Приватне акціонерне товариство металургійний комбінат «Запоріжсталь» є одним із найбільших промислових підприємств України. Продукція комбінату користується великим попитом як на внутрішньому ринку, так і в багатьох країнах світу. Спеціалізація комбінату охоплює виробництво високоякісних сталевих гарячекатаних і холоднокатаних рулонів, а також гарячекатаних і холоднокатаних листів товщиною від 0,5 до 8,0 мм з вуглецевих, низьколегованих, легованих і нержавіючих сталей, а також сталеві стрічки і жерсті [1].

Комбінат успішно утримує своє стабільне положення на ринку, регулярно підвищуючи своє місце серед найбільших виробників сталі. Зусилля фахівців ПАТ «Запоріжсталь» спрямовані на розвиток нових ринків та видів продукції, а також на зміцнення позитивного іміджу підприємства. Продукція комбінату користується визнанням у більш як 50 країнах світу, таких як Туреччина, Італія, Польща, Сирія, Ізраїль, Болгарія, Ефіопія, Нігерія та інші. Однак стратегічною спрямованістю залишається український ринок [1].

Основою успіху підприємства є дотримання та постійне вдосконалення технологічних процесів, висока якість продукції, чітке виконання договірних зобов'язань та орієнтація на потреби ринку. З метою підвищення конкурентоспроможності своєї продукції на світових ринках металу, ПАТ «Запоріжсталь» в 2015 році впровадило виробництво сталі з більш високим вмістом алюмінію. Ця нова продукція відповідає технічним характеристикам європейського стандарту EN 10025-1: 200 та має попит серед європейських виробників трубної продукції, оскільки підвищує

міцність і довговічність оцинкованих труб. Один з ключових клієнтів комбінату – світова італійська компанія Marcegaglia [1].

Продукцію комбінату «Запоріжсталь» з успіхом використовують підприємства автомобільного, сільськогосподарського та транспортного машинобудування, виробники зварних труб і побутової техніки. Сам комбінат складається з 8 основних та 56 допоміжних цехів, де зайнято близько 11 тисяч чоловік [1, 2].

Річно підприємство виробляє понад 3,1 млн т чавуну, 3,8 млн т сталі та 3,1 млн т прокату. Загальна виробнича потужність по виробництву листової сталі становить 3,5 млн тонн на рік і 600 тис. тонн холодногнутих профілів. У 2019 році комбінат досягнув показників в 3807,8 тис. т чавуну, 3979,5 тис. т сталі і 3354,0 тис. т прокату [2].

Металургійне виробництво включає чотири основні цехи: агломераційний, доменний, мартенівський та цех підготовки сталерозливних складів. Прокатне виробництво включає 4 прокатні цехи: обтискний, цех гарячої прокатки тонкого листа, цех холодного прокатки №1 та цех холодного прокатки №3. Ці цехи необхідні для виробництва гарячекатаної та холоднокатаної листової сталі, сталевих стрічки, білої жерсті та холодногнутих профілів [2].

Керівництво ПАТ «Запоріжсталь» здійснює комплекс заходів, спрямованих на підвищення ефективності виробництва, продуктивності праці та енергоефективності протягом останніх років.

1.2 Виробничі потужності ПАТ «Запоріжсталь»

Виробництво на ПАТ «Запоріжсталь» охоплює різні цехи, що включають:

- доменний цех: Обладнаний 4 доменними печами, спеціалізується на обробці сировини і виробництві чавуну;

- обтискний цех: Використовується для обтискання та обробки металевих деталей;
- агломераційний цех: Здійснює виробництво основного залізорудного агломерату, і відзначається високою ступенем автоматизації у всіх етапах виробництва, включаючи 6 агломашин;
- цех гарячої прокатки тонкого листа: Спеціалізується на виробництві тонкого прокату за допомогою гарячої прокатки;
- цех холодної прокатки № 1: Відповідає за обробку та виготовлення холоднокатаного прокату;
- цех холодної прокатки № 3: Спеціалізується на обробці та виробництві холоднокатаного прокату;
- ливарний цех: Займається відливанням різних металевих виробів та деталей;
- мартенівський цех: Має 7 мартенівських печей і 1 двохвантажний сталеплавильний агрегат, фокусуючись на виробництві сталі за допомогою мартенівського процесу;
- цех підготовки складів: Відповідає за підготовку необхідних складів для подальших етапів виробництва.

Доменне виробництво: Щорічно доменне виробництво ПАТ «Запоріжсталь» виплавляє приблизно 3,5 млн тон чавуну. Його особливість полягає в низькому вмісті сірки і фосфору, роблячи його якісним та екологічно безпечним.

Мартенівське виробництво: Мартенівське виробництво має щорічний обсяг приблизно 4,0 млн тон сталі. Використовує природний газ для плавлення і газифіковане обладнання для продування сталі киснем і аргоном. Вироблена сталь розливається в злитки, використовувані для виготовлення листового прокату.

Ливарне виробництво: Ливарне виробництво є основою для отримання литих заготовок, запчастин і металургійного устаткування.

Проектна потужність відділення виливниці становить 360 тис. тонн на рік, включаючи спеціалізоване відділення з виробництва виливниць.

Цех гарячої прокатки тонкого листа: Цей цех виробляє гарячекатаний прокат в листах і рулонах товщиною від 2,0 до 8,0 мм. За обладнанням, включаючи безперервний тонколистостан "1680", цех здатен обробляти до 3,7 млн тонн на рік. Прокат виробляється в листах і рулонах різних розмірів і ваги, а цех також має відділення обробки і відвантаження з агрегатами для різання металу поперечно і вздовж.

Цех гарячої прокатки тонкого листа: Цех гарячої прокатки тонкого листа виробляє більше 500 типорозмірів холодногнутих профілів з вуглецевих і низьколегованих марок сталі. Товщина профілю коливається від 1,0 до 8,0 мм, а ширина розгортки досягає 1440 мм.

Цех холодної прокатки №1: Цех холодної прокатки №1 спеціалізується на виробництві холоднокатаного плоского прокату товщиною від 0,5 до 2,0 мм та шириною від 850 до 1500 мм. Продукція доступна в листах завдовжки до 4000 мм і в рулонах масою до 16 т. Також виробляється холоднокатана стрічка товщиною від 0,2 до 2,0 мм.

Цех холодної прокатки №3: Цех холодної прокатки №3 на стані "2800" випускає холоднокатаний лист товщиною від 1,5 до 5,0 мм, шириною від 1000 до 2300 мм і довжиною до 3500 мм. У складі цього цеху є відділення, яке спеціалізується на виробництві шліфованих і полірованих листів і рулонів. Максимальна виробнича потужність: до 3,7 млн т для гарячекатаного прокату, 1,1 млн т для холоднокатаного прокату і до 500 тис. т для холодногнутого профілю.

На рисунку 1.1 представлена технологія виробництва продукції та роль кожного з цехів.

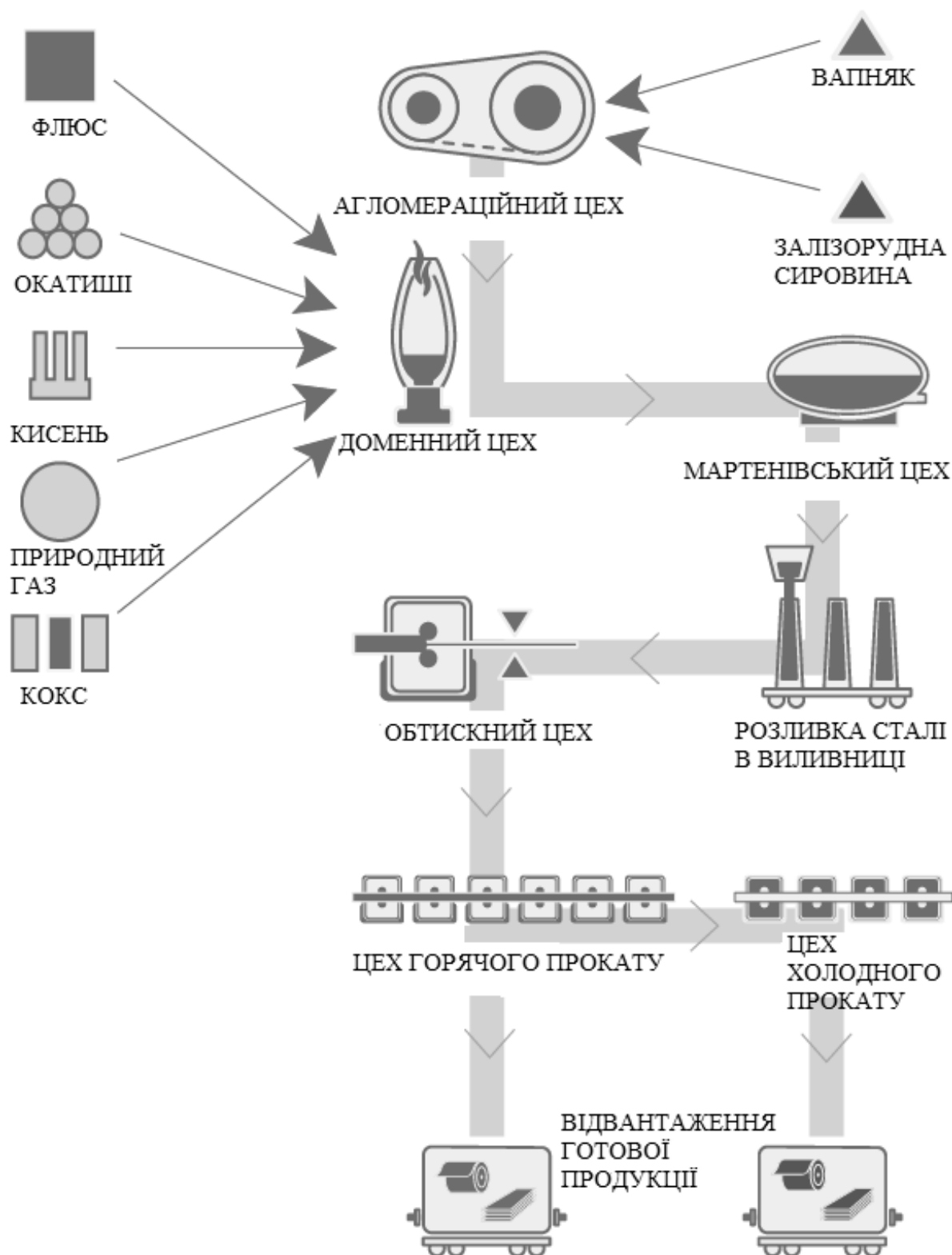


Рисунок 1.1 – Технологія виробництва продукції

1.3 Характеристика цеху гарячої прокатки тонкого листа (ЦГПТЛ)

Цех гарячої прокатки тонкого листа (ЦГПТЛ) відіграє ключову роль у технологічному процесі металургійного комбінату "Запоріжсталь". Зазначений цех оснащений сучасним обладнанням для виготовлення прокату у вигляді листів та рулонів.

Основною технічною одиницею є безперервний тонколистовий стан гарячої прокатки "1680" (БТЛС-1680), який є промисловою потужністю 3,5 млн тон на рік. Цей стан призначений для виробництва смуг з товщиною від 1,5 до 9,0 мм, шириною від 900 до 1500 мм, та рулонами масою до 16 тонн.

Додатково, ЦГПТЛ включає в себе відділ гнутого профілю. На трьох агрегатах цього відділу виробляється більше 500 сортних та спеціальних фасонних профільорозмірів гнутих профілів. Профілі виготовляються з вуглецевих, низьколегованих і неіржавіючих сталей, мають товщину стінки від 1,0 до 8,0 мм і ширину розгортання до 1500 мм.

Така інтеграція виробничих ланок робить ЦГПТЛ важливим вузлом в технологічному ланцюжку заводу "Запоріжсталь", забезпечуючи виробництво різноманітного прокату та гнутого профілю для різних виробничих потреб.

Прокатний процес на БТЛС-1680:

На безперервному тонколистовому стані гарячої прокатки "1680" (БТЛС-1680) на металургійному комбінаті "Запоріжсталь" впроваджено ряд технологічних інновацій для поліпшення якості та продуктивності прокатного процесу.

Типи прокату:

Одинарна маса: Смуги до 8 тон.

Подвійна маса: Смуги до 16 тон.

Технологічні особливості:

Транзитна прокатка: Основна частка металу прокатується транзитом, минуючи нагрів у методичних печах.

Прокатка після нагріву: Приблизно 5-7% прокатується після нагріву в печах.

Модернізація чорнових клітей:

Регульовані приводи: Встановлені на клітях ДУО, №3 та №4.

Автоматична перебудова: Система автоматичної перебудови механізмів чорнової ділянки стану.

Контроль якості:

Взяття проби: Мінімум один рулон з плавки металу вилучається для взяття проби якості сталі та перевірки розмірів смуги.

Переплавлення при невідповідності: Плавка, яка не відповідає параметрам, вилучається та піддається переплавленню.

Ці заходи спрямовані на підвищення ефективності та якості прокатного процесу, а також на забезпечення високих стандартів виробництва та відповідності продукції вимогам якості.

Структура та обладнання цеху гарячої прокатки тонкого листа (ЦГПТЛ) на ПАТ «Запоріжсталь»:

1) Дільниця методичних нагрівальних печей:

- методичні печі № 1, 2, 3, 4.

2) Дільниця стана БТЛС-1680:

- чорнова кліть зламування окалини (кліть ДУО);

- чорнова група клітей (кліті №1, 2, 3, 4);

- рольганги між клітями;

- намотувальний пристрій «Койл-бокс»;

- кінцеві ножиці;

- чистова кліть зламування окалини (кліть FSB);

- чистова група клітей (кліті №5, 6, 7, 8, 9, 10);

- рольганг, що відводить від кліті №10 («старий» гарячий рольганг);

- рольганг, що підводить до моталок («новий» гарячий рольганг);

- установка охолодження смуги;

- моталки (№1-3 та №4-6);

- конвеєр рулонів.

3) Дільниця підготовки виробництва:

- агрегат періодичного травлення – законсервований у 2010 році;
- агрегат поперечного різання (АПР-1) – законсервований з 2010 року;
- агрегат поперечного різання (АПР-2);
- агрегати поздовжнього різання (АПР-3 та АПР-4).

4) Гаряча листообробка:

- агрегати для порізки рулонів на листи необхідних розмірів.

5) Відділ гнutoго профілю:

- три профілезгинальні агрегати (ПГА 1-4; ПГА 2-7; ПГА 1-4а);
- цех гарячої прокатки тонкого листа включає в себе різноманітне обладнання та виробничі дільниці для забезпечення виробничого процесу від підготовки сировини до отримання готової продукції.

Продовження технологічного процесу БТЛС-1680 та хвостової ділянки стану на ПАТ «Запоріжсталь» [2]:

Збивання окалини:

Збивання окалини при плющенні смуг проводиться колекторами води високого тиску при роботі трьох насосів.

Тиск води при збитті окалини з поверхні смуг повинен бути не менше 80 атмосфер.

Збиття окалини повинне забезпечити повне її видалення з поверхні слябів та розкатів.

Койл-бокс:

Койл-бокс – моталка для змотування і розмотування проміжного прокату на смуговому стані гарячого плющення.

Розташовується перед чистовою групою клітей.

Обрізка і обтиснення:

Смуга після койл-боксу поступає на летючі ножиці для обрізання переднього і заднього кінця.

Обтиснення забезпечується чистовим зломлювачем окалини (кліть FSB), досягаючи обтиснення до 5%.

Чистова група клітей:

Розкат проходить через чистову групу клітей з додатковим обладнанням, де проводиться плющення смуги до потрібної товщини.

Залежно від довжини смуги і відстані між клітями, смуга прокатується одночасно в двох або більше клітях чистової групи.

Загальні відомості:

Практично при прокатці слябів подвійної довжини розкат знаходиться одночасно у всіх клітях чистової групи.

Таким чином, описаний технологічний процес на БТЛС-1680 та хвостовій ділянці стану на ПАТ «Запоріжсталь» включає кроки збивання окалини, застосування койл-боксу, обрізки і обтиснення, а також плющення смуги в чистовій групі клітей для досягнення необхідних розмірів та характеристик прокату.

Різновщинність смуг:

Смуги по довжині мають нерівномірну товщину.

Наявність поздовжньої різновщинності може викликати додаткові втрати металу або, у випадку перевищення допустимих відхилень, призводити до виникнення браку.

Фактичне граничне відхилення по ширині не повинно перевищувати +20-30 мм.

Допустимі відхилення від площинності смуг:

Для смуг товщиною від 2,0 до 3,9 мм, відхилення від площинності не повинно перевищувати 15 мм.

Для смуг товщиною від 4,0 до 9,0 мм, допустимі відхилення від площинності становлять 12 мм на довжині 1 м сталі, що поставляється в листах.

Обтиснення смуг:

Обтиснення виконується за допомогою натискного пристрою, який створює необхідний розчин між робочими валками.

Натискні пристрої розташовані на кожній з 6 клітей.

Вони, хоч і є другорядним обладнанням, відіграють одну з ключових ролей у забезпеченні високої якості прокату.

Гідрозбив окалини:

Після кожної з клітей проводиться гідрозбив окалини з смуги.

Гідрозбив здійснюється за допомогою колекторів води високого тиску та роботи трьох насосів.

Тиск води повинен бути не менше 80 атмосфер.

Такий комплекс заходів і контрольних вимірювань забезпечує необхідну якість прокату та відповідає встановленим нормам та стандартам, забезпечуючи при цьому мінімізацію втрат металу та виробничій бракованості.

Охолодження смуги:

Після прокатки в чистовій групі смуга транспортується до хвостової частини стану.

Встановлено два потужних вентилятора відсмоктування пилу №17, 17а, щоб уникнути викиду пилу і дрібної окалини в середовище і забруднення повітря та обладнання цеху.

Чистова частина починається з рольгангу, який відводить смугу від останньої десятої кліті ("старий" гарячий рольганг).

Рольганг є невід'ємною частиною стану БТЛС-1680 і відноситься до транспортуючого устаткування технологічної лінії ЦГПТЛ.

Вентиляція та відсмоктування пилу:

Для збереження чистоти повітря та обладнання цеху встановлені два потужних вентилятора відсмоктування пилу №17, 17а.

Це важливий захід для забезпечення безпечних та екологічних умов у цеху та навколишньому середовищі.

Лінія охолодження смуги:

Смуга, після проходження рольгангу, проходить через установку охолодження смуги.

Лінія охолодження має велике значення для технології прокатки гарячекатаних смуг, оскільки недотримання температурних режимів може призвести до виробничого браку.

Насоси оборотного циклу використовуються для забезпечення роботи лінії охолодження смуги.

Значення рольгангу:

Рольганг, що відводить смугу від останньої кліті, має важливе значення в технології прокатки гарячої смуги.

Його правильна робота визначає продуктивність цеху, а його зупинка може призвести до підвищення аварійності та зниження продуктивності.

Роль вентиляторів відсмоктування пилу:

Вентилятори відсмоктування пилу відіграють ключову роль у забезпеченні екологічних та санітарних норм в цеху та допомагають уникнути забруднення повітря.

Моталки №1-3:

Використовуються для намотування подвійних смуг довжиною приблизно 800 метрів.

Вага рулону близько 15 тон.

Моталки №4-6:

Використовуються для намотування одинарних смуг довжиною приблизно 400 метрів.

Вага рулону 10 тон.

Підйомно-поворотний стіл №1 (ППС-1):

Після намотування, готовий рулон транспортується до ППС-1.

Рулон піднімається на висоту 550 мм і в залежності від призначення повертається вправо або вліво на 90 градусів.

Транспортується по секціям конвеєру для подальшого переділу в ЦГПТЛ та ЦХП-3.

Прийомний рольганг та рольганг для переділу:

Рулон поступає на прийомний рольганг до прольоту складу рулонів.

Рулони, призначені для переділу в ЦХП-1, транспортуються до ППС-2 після 5-ї секції конвеєру рулонів.

Підйомно-поворотний стіл №2 (ППС-2):

Рулони, що йдуть до ЦХП-1, транспортуються до ППС-2 та встановлюються на ланцюги 8-ої секції конвеєра.

Транспортування до ЦХП-1 виконується через великі секції та перехідні секції конвеєра, а також поворотні рольганги.

Транспортування до ЦХП-1:

Для транспортування до ЦХП-1 використовуються великі секції № 9, 10, 11, перехідні секції № 8, 9, 10, 11 та поворотні рольганги.

Така система моталок та транспортування рулонів дозволяє ефективно організовувати потік виробництва, поділяти рулони відповідно до їхнього призначення та забезпечувати продуктивність в цеху.

Пристрій для передачі рулонів:

Встановлений на хвостовій ділянці тонколистового стану 1680.

Скорочує час доставки рулонів до ділянки відвантаження, поліпшуючи ефективність процесу.

Сприяє швидшому експорту рулонів.

Установки правки витків рулонів:

Перша установлена на прийомному рольгангу для відправлення якісних рулонів на експорт.

Друга розташована на 5-ій секції конвеєру рулонів для передачі якісних рулонів до ЦХП-1.

Поточні та капітальні ремонти:

Поточні ремонти БТЛС-1680 відбуваються 2-3 рази на місяць, зазвичай тривалість не перевищує добу.

Рисунок 1.2 відображає технологічний процес хвостової ділянки тонколистового стану 1680 [1, 2].

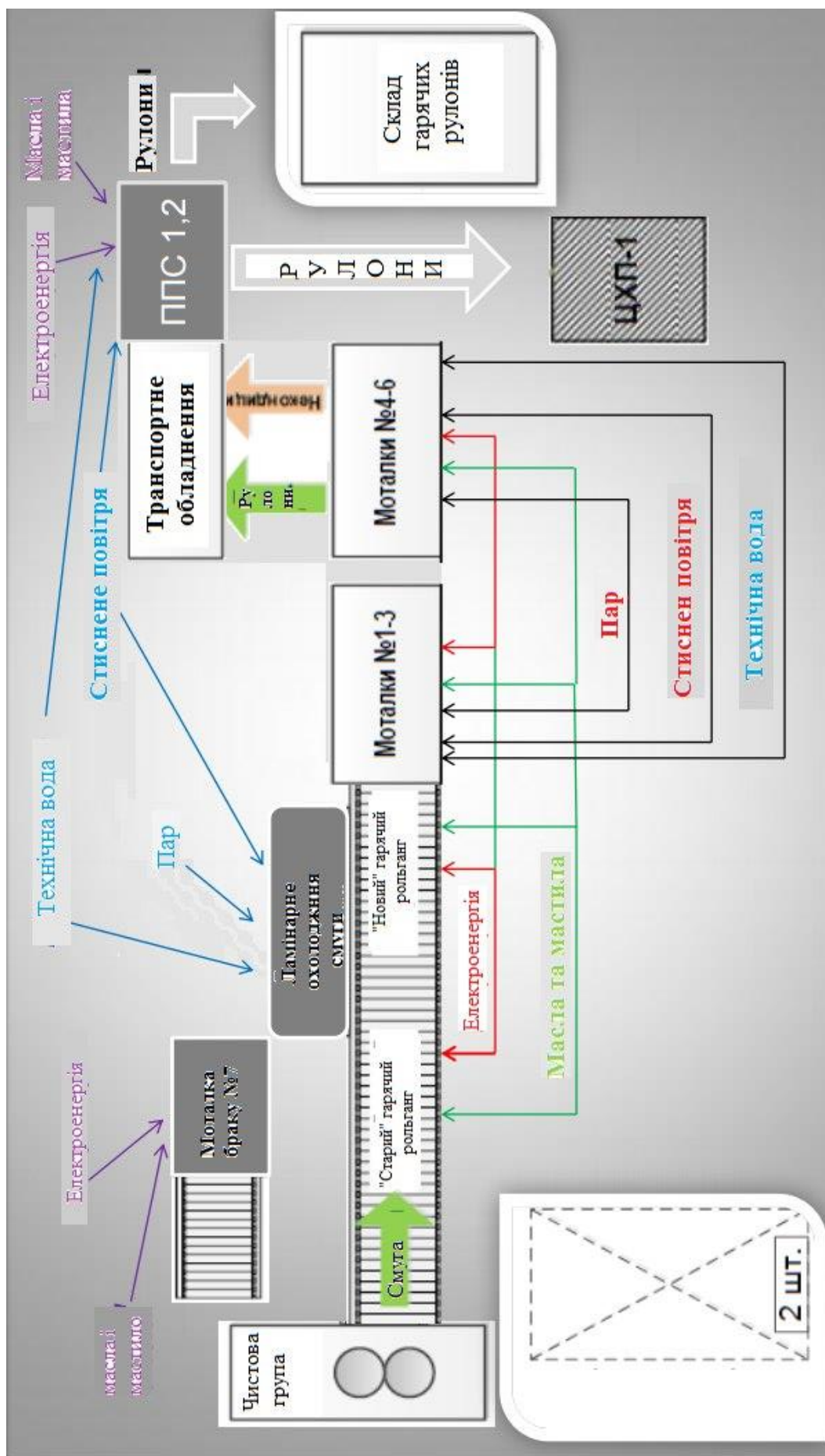


Рисунок 1.2 – Технологічний процес хвостової ділянки БТЛС-1680 [2]

Капітальний ремонт проводиться раз на рік і триває приблизно 10 днів.

Перевалка робочих валків клітей чистової групи:

Відбувається мінімум раз на зміну.

Тривалість перевалки варіюється від 20 до 40 хвилин.

Необхідна для заміни робочих валків через значні зусилля та термічний вплив при обтисненні металу.

Графік ремонтів та перевалок:

Поточні ремонти: 2-3 рази на місяць.

Капітальний ремонт: Раз на рік, тривалість 10 днів.

Перевалка робочих валків: Мінімум раз на зміну.

Робочий розклад.

Даний опис технологічного процесу та використання механізмів дозволяє краще розуміти етапи виробництва, удосконалювати ефективність процесів та підтримувати обладнання в робочому стані.

2 АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ОБЛАДНАННЯМ ЦЕХУ ГПТЛ

2.1 Технічні характеристики БТЛС-1680

1) Загальна інформація:

- виробник: «Юнайтед»;
- рік виготовлення: 1937 рік;
- призначення: прокат смуг з різних марок сталі;
- діапазон товщини смуг: від 1,5 до 8,0 мм;
- діапазон ширини смуг: від 900 до 1500 мм.

2) Структура груп клітей:

2.1) чорнова група:

- 1 двохвалкова кліть;
- 4 чотирьохвалкові кліті (№1, 2, 3, 4);
- 3 вертикальні кліті (еджери №1, 2, 3).

2.2) чистова група:

- 1 двохвалкова кліть;
- 6 чотирьохвалкових клітей (№5, 6, 7, 8, 9, 10);
- Летючі ножиці 28 × 1550 мм для обрізу переднього та заднього кінців смуги перед чистовою групою.

3) Моталки:

3.1) Моталки №1-3 (ролико-барабанні):

- товщина смуг: від 1,5 до 8 мм;
- ширина смуг: від 720 до 1500 мм;
- максимальна вага рулону: 1600 кг;
- зовнішній діаметр: від 900 до 1600 мм;
- швидкість змотування смуги: 6 – 15 м/с.

3.2) Моталки №4-6 (ролико-барабанні):

- товщина смуг: від 1,8 до 6 мм;

- ширина смуг: від 600 до 1470 мм;
- максимальна вага рулону: 7500 кг.

4) Конвеєр рулонів:

- швидкість руху ланцюгів конвеєра: від 4,5 до 9 м/хв;
- кількість ланцюгів: 2.

5) Підйомно-поворотний стіл №1:

- час повороту столу на 90°: 7,5 секунд;
- вантажопідйомність столу: 25 тон;
- швидкість задачі рулону на стіл: від 4,5 до 9 м/хв.

6) Підйомно-поворотний стіл №2:

- час повороту столу на 90°: 7 секунд.
- вантажопідйомність столу: 16 тон.
- швидкість секції конвеєра: від ППС-1 до ППС-2 (5-ої секції) від 3 до 6 м/хв.

Максимальна швидкість стану складає 9,3 м/хв. Проектна продуктивність складає 3,540 тис.т. в рік. На рисунку 2.1 зображені показники роботи БТЛС-1680 за останні роки (до вторгнення росії) [2, 3].

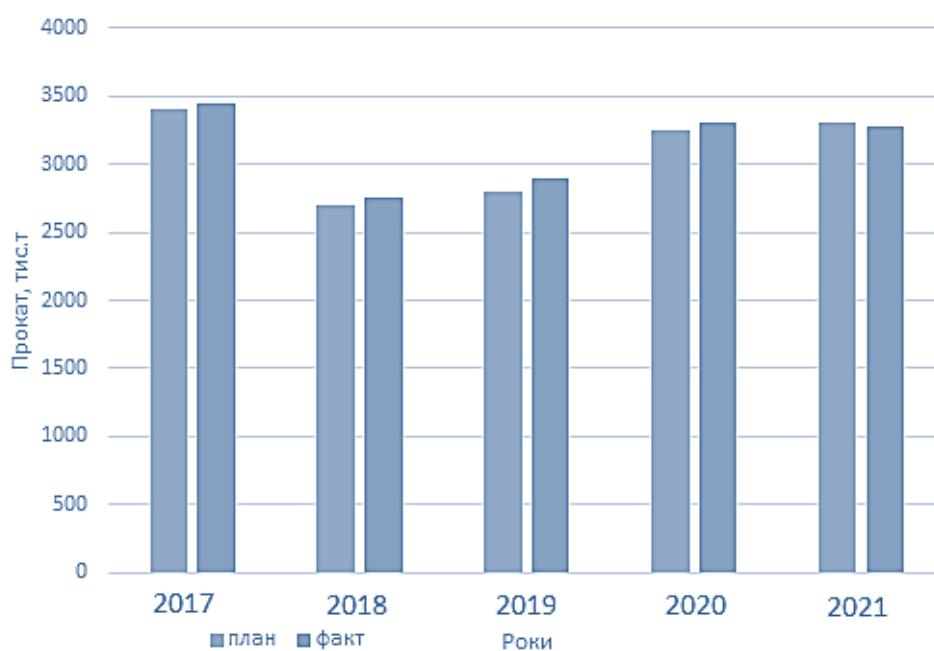


Рисунок 2.1 – Графік планових та фактичних показників прокату БТЛС-1680

2.2 Аналіз схеми живлення та споживання електроенергії ЦГПТЛ

Централізоване електрозабезпечення гарячопрокатного цеху тонкого листа (ЦГПТЛ) реалізується через систему живлення від підстанцій М1, М2, М3, М4, що належать мережам цеху та підстанціям (ЦМП). Схема подачі електроенергії в цех гарячої прокатки тонкого листа проілюстрована на рисунку 2.3.

Головними споживачами електроенергії в ЦГПТЛ є чистові кліті з номерами від 5 до 10. Кожен привід чистової групи AMZ-1600FF має встановлену потужність 7000 кВт. Витрати електроенергії, споживані клітями чистової групи, становлять від 42 до 45% від загальної кількості, залежно від сортаменту металу. Слід відзначити, що для живлення цих двигунів використовуються сучасні частотні перетворювачі типу ACS6000S, що виробляються концерном АВВ.

Другою групою обладнання, що споживає від 42 до 46% загальної кількості електроенергії, є кліті чорнової групи ДУО-4, а також допоміжні механізми чорнової та чистової груп, ножиці, еджери, натискні пристрої, рольганги, системи вентиляції та кондиціонування, обладнання Койл-боксу, моталок, насосів охолодження валків 1-3 стану, насоси високого тиску 1-4, насос оборотного циклу чорнової групи НОЦ-4, підстанція 27, освітлення цеху, частина кранових тролей цеху та інше.

Дільниця хвостової частини стану БТЛС-1680, хоч і є менш витратною щодо електроенергії, також має вузли механізмів, де можливе впровадження заходів для зменшення затрат електроенергії.

Важливо врахувати, що практично всі основні механізми БТЛС-1680 переведені на джерела живлення, такі як перетворювачі частоти і тиристорний електропривід, що сприяє підвищенню економічності. Основні живлячі підстанції цеху (див. рисунок 2.2) включають [3]:

- Підстанція 23 з 49 фідерами.
- Підстанція 231 з 39 фідерами - РУ1.

- Підстанція 231 з 37 фідерами - РУ2.
- Підстанція 128 з 12 фідерами.
- Підстанція 129 з 10 фідерами.
- Підстанція 130-130А з 19 фідерами.
- Підстанція 23А з 36 фідерами.
- Підстанція 24 з 21 фідером.
- Підстанція 24Б з 27 фідерами.
- Підстанція 338 з 22 фідерами.
- Підстанція 339 з 32 фідерами.
- Підстанція 340 з 22 фідерами.

Один з основних показників ефективності виробництва прокату ЦГПТЛ є залежність витрат електричної енергії на виготовлення однієї тони готової продукції.

Графік залежності витрат електроенергії на тону продукції представлений на рисунку 2.3.

Цех гарячої прокатки тонкого листа є одним з найбільших по витратам на використання електричної енергії на ПАТ «Запоріжсталь». ЦГПТЛ поділяється на декілька ділянок.

До основних ділянок цеху можна віднести:

- безперервний тонколистостан 1680;
- ділянка підготовки виробництва (ДПВ);
- ділянка обробки та відвантаження продукції.

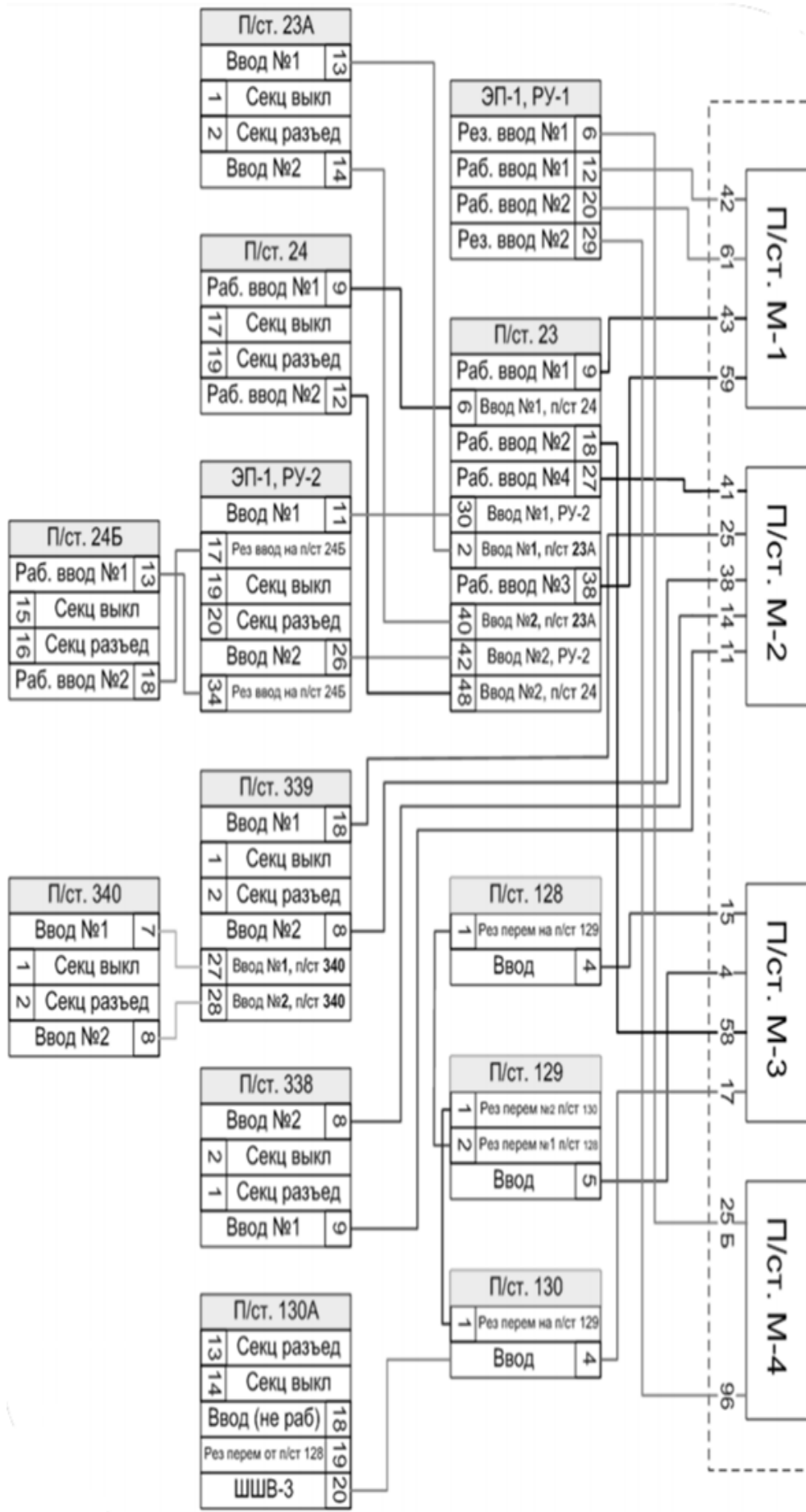


Рисунок 2.2 – Основні живлячі підстанції цеху [3]

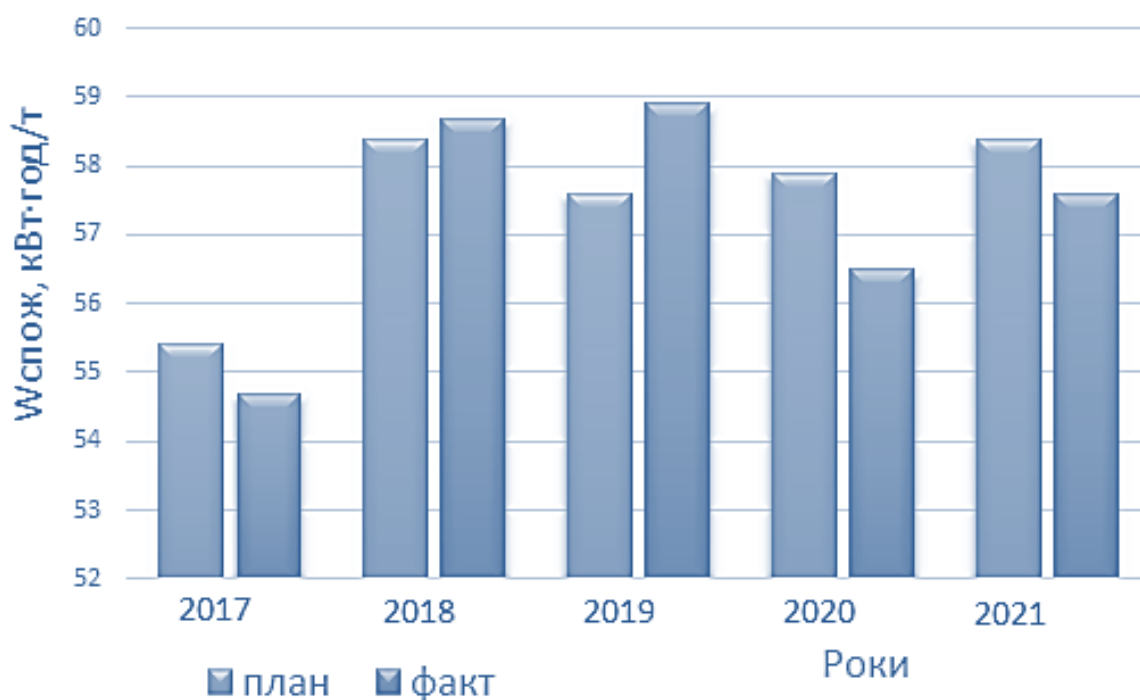


Рисунок 2.3 – Залежність витрат електроенергії на 1 тону продукції

Графік споживання електроенергії по основним ділянкам цеху показано на рисунку 2.4.

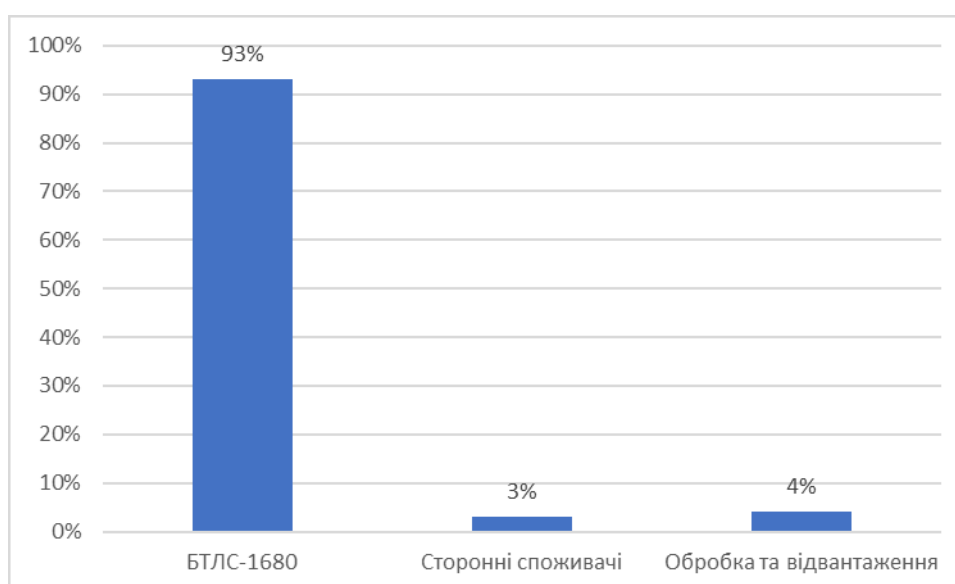


Рисунок 2.4 – Графік споживання електроенергії ділянками цеху

З діаграми (рисунок 2.4) робимо висновок, що основним споживачем електричної енергії цеху є прокатний стан БТЛС - 1680 так як він споживає до 93 % електричної енергії. Це можна пояснити тим що він працює майже безперервно і на ньому виготовляється великий об'єм продукції в порівнянні з іншими ділянками цеху, які працюють від замовлення або є менш енергоємними.

Безперервний тонколистовий стан 1680 в свою чергу складається з трьох основних ділянок споживання електроенергії:

- 1) Чорнової ділянки.
- 2) Чистої ділянки.
- 3) Хвостової ділянки.

На рисунку 2.5 приведені процентні співвідношення споживання електроенергії по ділянках БТЛС-1680, а на рисунку 2.6 споживання по добах місяця.

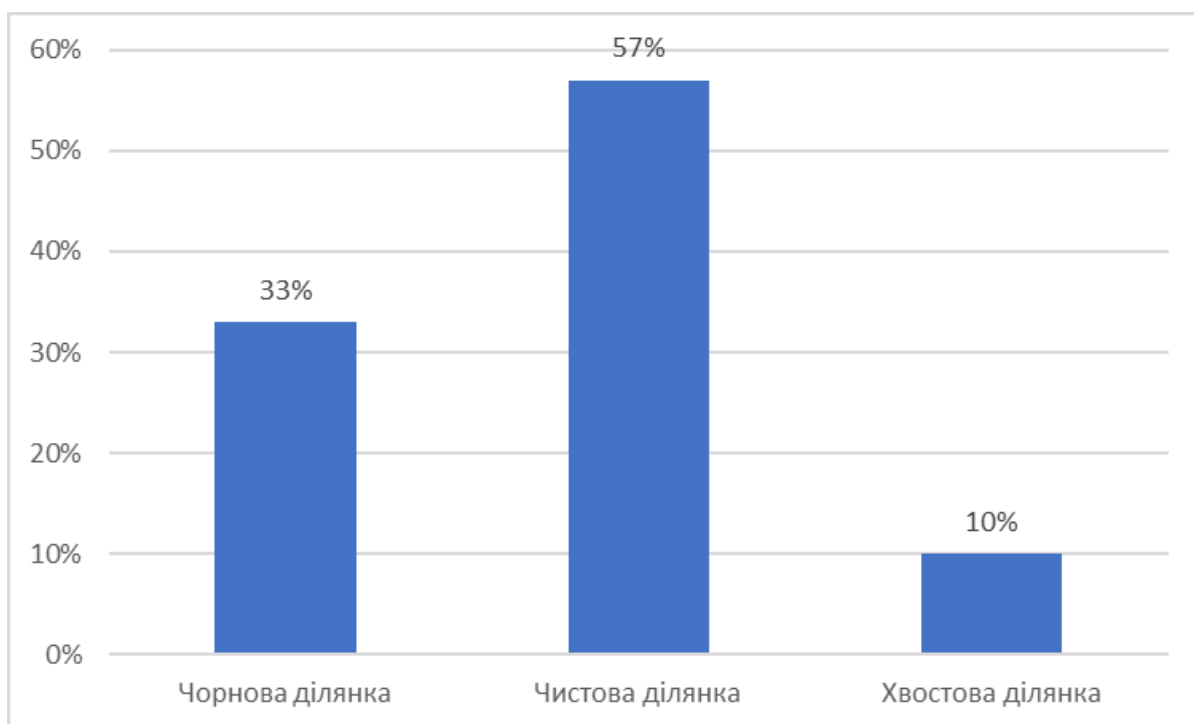


Рисунок 2.5 – Співвідношення споживання електроенергії по ділянкам БТЛС-1680

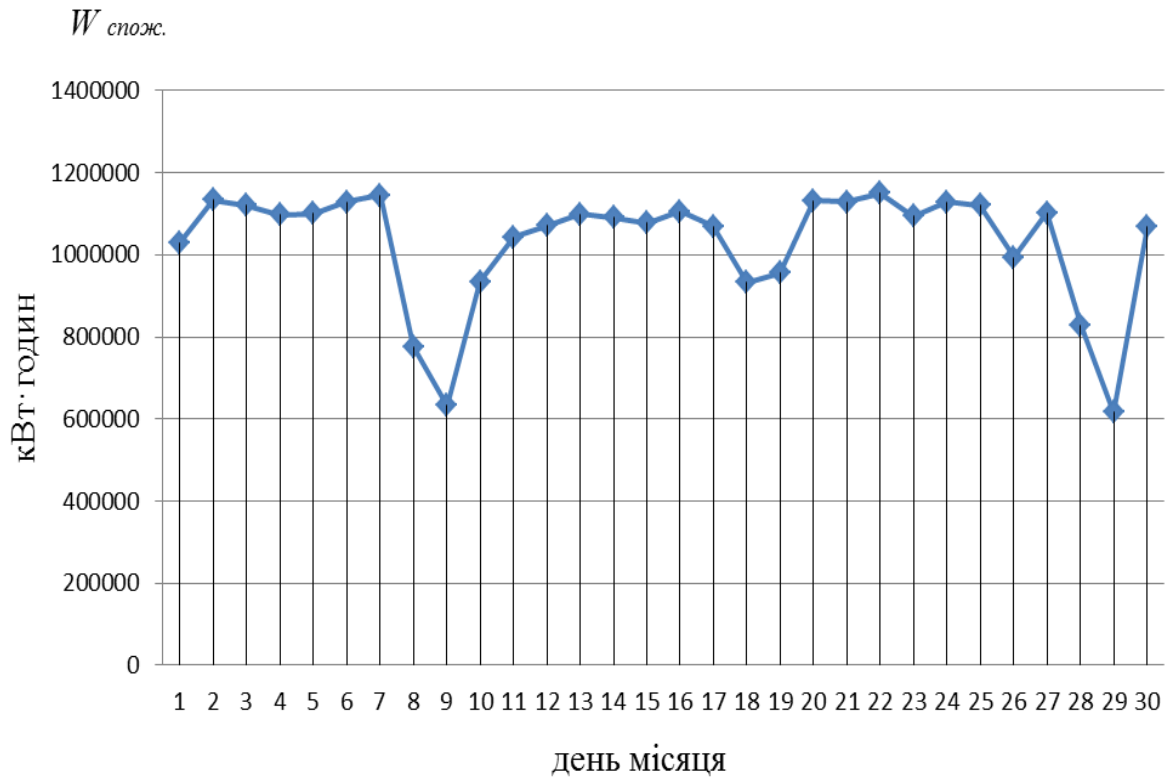


Рисунок 2.6 – Графік споживання електроенергії по добам за листопад 2021 року

2.3 Аналіз споживання електроенергії та обладнання хвостової ділянки тонколистового стану

Хвостова частина безперервного тонколистового прокатного стану 1680 включає в себе різноманітні вузли обладнання, які забезпечують надійну та ефективну роботу цього виробничого обладнання. До переліку важливих елементів та їх характеристик входять:

- Старий гарячий рольганг (або рольганг, що відводить від 10 кліті);
- Новий гарячий рольганг;
- Лінія охолодження смуги (або ламінарне охолодження смуги);

- Моталки № 1, 2, 3 з кантувачем рулонів, прийомними теліжками, підйомниками рулонів, конвеєром та балкою, яка передає рулон на 1-шу секцію НКР;
- Моталки № 4, 5, 6 з кантувачем рулонів;
- Конвеєр, що відводить (або перша секція конвеєру рулонів);
- Підйомник рулонів з 1-ої секції конвеєру;
- Підйомно-поворотний стіл №1 (ППС-1);
- Підйомно-поворотний стіл №2 (ППС-2);
- Конвеєр тонколистового цеху (секції 2-4 з переходами та поворотними рольгангами);
- Прийомний рольганг (з електронною системою зважування рулонів);
- П'ята секція конвеєру (секція між ППС-1 та ППС-2);
- Пристрої для правки витків рулонів;
- Конвеєр до цеху холодної прокатки №1 (конвеєр ЦХП включає в себе секції № 8, 9, 10, 11 з переходами та поворотними рольгангами).

У цьому контексті, хвостова частина тонколистового стану ЦГПТЛ також має значний обсяг електрообладнання, яке використовується для оптимізації та забезпечення ефективності виробничого процесу. Перелік обладнання та деякі його характеристики представлені в таблиці 2.1.

По добове споживання електроенергії хвостовою ділянкою БТЛС-1680 за грудень 2021 року показано на рисунку 2.7. Місяць обрано випадково, для прикладу і приблизно така саме тенденція споживання електричної енергії зберігається і в інші місяці року. Окрім місяця в якому проводиться плановий капітальний ремонт, під час якого обладнання тонколистового стану не працює приблизно 8 – 10 діб.

Таблиця 2.1 – Електрообладнання хвостової ділянки БТЛС-1680 [12]

| Механізм | Електродвигун | | | Джерело живлення | Встановлена потужність |
|------------------------------------|----------------|------------|-----------|--|------------------------|
| | Тип | Потужність | Кількість | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Старий гарячий рольганг (6 секцій) | АРФ-53/8 | 2.50 | 231 | Перетворювач частоти Transresch тип VCI-RP 400/425 - 2 штуки на кожену групу+1 резервний | 577.5 |
| Новий гарячий рольганг (5 секцій) | АРМ-53/8 | 2.50 | 290 | Перетворювач частоти Transresch тип VCI-RP | 725.0 |
| НОЦ 1-5 | А4-400Х-8УЗ | 250.0 | 5 | | 250.0 |
| Направляючі лінійки НГР | МТКН-312-8 | 11.0 | 2 | Панель з контакторами | 22.0 |
| Барабан моталок 1-3 | П2-800-175-8У4 | 710.0 | 3 | КТЕ-1600/440 (роб./рез.) | 2130 |
| Верхній ролик, що тягне мот. 1-3 | П2-500-141-5У4 | 160.0 | 3 | КТЕ-800/440 (роб./рез.) | 480.0 |
| Нижній ролик, що тягне мот.1-3 | П2-400-124-5У4 | 250.0 | 3 | КТЕ-800/440 | 750.0 |
| Формуючі ролики моталки 1-3 | Д806 | 22.0 | 12 | КТЕ800/220 - роб. КТЕ900/440 - рез. | 264.0 |
| Кантувач рулонів 1-3 | МССА-8 | 20.0 | 3 | Панель з контакторами | 60.0 |
| Конвєр рулонів у мот.1-3 | Д-812/35 | 35.0 | 2 | 2 КТЕ | 70.0 |

Продовження таблиці 2.1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|------------------------|------|---|-------------------------|------|
| Вентилятори обдування двигунів мот. 1-3 | 4AM200 M6Y3 | 22.0 | 3 | Панель з контакторами | 66.0 |
| Дренажний насос №1 мот.№1-3 | 4AM200 M4Y3 | 37.0 | 1 | Панель з контакторами | 37.0 |
| Комп. обв'язувальних машин №1, 2 | ДА7207 LPB81P Z | 22.0 | 2 | Компресор Voge | 44.0 |
| НАС мот. 1-3. Насос №242 | 5AM250 S4УПУ3 75 | 75.0 | 1 | Панель з контакторами | 75.0 |
| НАС мот. 1-3. Насос №243 | 5AM250 S4УПУ3 75 | 75.0 | 1 | Панель з контакторами | 75.0 |
| НАС мот. 1-3. Насос №244 | 5AM250 S4УПУ3 75 | 75.0 | 1 | Панель з контакторами | 75.0 |
| НАС мот. 1-3. Насос №245 | 5AM250 S4УПУ3 75 | 75.0 | 1 | Панель з контакторами | 75.0 |
| НАС мот. 1-3. Насос №246 | 5AM250 S4УПУ3 75 | 75.0 | 1 | Панель з контакторами | 75.0 |
| НАС мот. 1-3. Насос №60 | 5AM250 S4УПУ3 75 | 75.0 | 1 | Панель з контакторами | 75.0 |
| НАС мот. 1-3. Насос №61 | 5AM250 S4УПУ3 75 | 75.0 | 1 | Панель з контакторами | 75.0 |
| НАС мот. 1-3. Насос №62 | 5AM250 S4УПУ3 75 | 75.0 | 1 | Панель з контакторами | 75.0 |
| Бар. мот 4-6 | МП-82 | 100 | 3 | КТЕ-800/440 (роб./рез.) | 300 |

Продовження таблиці 2.1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|--|----------|-------|---|---|-------|
| Ролики, що тягнуть мот. 4-6 | МП-72 | 75.0 | 3 | КТЕ-800/440 загальний для тягнучих та формуючих роликів | 225 |
| Формуючі ролики моталки 1, 4(мот. 4-6) | МП-42 | 16.0 | 6 | КТЕ-800/440 загальний для тягнучих та формуючих роликів | 96.0 |
| Формуючі ролики моталки 2, 3(мот. 4-6) | Д-806 | 22.0 | 6 | КТЕ-800/440 загальний для тягнучих та формуючих роликів | 132 |
| Механізм переміщення барабану мот4-6 | МТК-22/6 | 7.5 | 1 | Панель з контакторами | 22.5 |
| Лінійки перед мот. 4-6 | АР-53/8 | 2.5 | 1 | Панель з контакторами | 7.5 |
| Перекидач рулонів | МП-62 | 46.0 | 1 | Панель контакторна | 46.0 |
| Переміщення кантувача | МП-72 | 75.0 | 1 | Панель з контакторами | 75.0 |
| НКР секція 1 | МП-72 | 75.0 | 1 | Панель з контакторами | 75.0 |
| НКР секція 2 | Д-814 | 110.0 | 2 | Панель з контакторами | 220.0 |
| НКР секція 3 | Д-814 | 110.0 | 2 | Панель з контакторами | 220.0 |
| НКР секція 4 | Д-814 | 110.0 | 2 | Панель з контакторами | 220.0 |
| НКР секція 5 | МП-72 | 75.0 | 1 | Панель з контакторами | 75.0 |
| НКР секція 8 | Д-814 | 110.0 | 1 | КТЕ-800/220 (роб./рез.) | 110.0 |
| НКР секція 9 | МП-72 | 75.0 | 1 | Панель з контакторами | 75.0 |
| НКР секція 10 | МП-72 | 75.0 | 1 | Панель з контакторами | 75.0 |

Продовження таблиці 2.1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-------------------------------|------------------------|------------|---------|-----------------------|--------------|
| Друга перехідна секція | МТКН-412/8 | 22 | 1 | Панель з контакторами | 22.0 |
| Сьома перехідна секція | МТКН-412/8 | 22 | 1 | Панель з контакторами | 22.0 |
| Восьма перехідна секція | МТКН-412/8 | 22 | 1 | Панель з контакторами | 22.0 |
| Дев'ята перехідна секція | МТКН-412/8 | 22 | 1 | Панель з контакторами | 22.0 |
| Десята перехідна секція | МТКН-412/8 | 22 | 1 | Панель з контакторами | 22.0 |
| Одинадцята перехідна секція | МТКН-412/8 | 22 | 1 | Панель з контакторами | 22.0 |
| Дванадцята перехідна секція | МТКН-412/8 | 22 | 1 | Панель з контакторами | 22.0 |
| Тринадцята перехідна секція | МТКН-412/8 | 22 | 1 | Панель з контакторами | 22.0 |
| 1-ий поворот | АРФ-43-6 | 1.1 | 36 | Панель з контакторами | 39.6 |
| 2-ий поворот | АРФ-43-6 | 1.1 | 22 | Панель з контакторами | 24.2 |
| 3-ий поворот | АРФ-43-6 | 1.1 | 26 | Панель з контакторами | 28.6 |
| 5-ий поворот | АРМ-64/8УЗ АРФ-53-6 | 3.6 2.5 | 4 18 | Панель з контакторами | 14.4 45.0 |
| Приймальний рольганг секція 1 | АОП АРМ-53/8УЗ | 1.7 2.5 | 5 9 | Панель з контакторами | 8.5 22.5 |

Продовження таблиці 2.1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-------------------------------|-------------|-------|----|--|------|
| Приймальний рольганг секція 2 | АРМ-53/8УЗ | 2.5 | 8 | Панель з контакторами | 20.0 |
| Приймальний рольганг секція 3 | АРМ-64/8УЗ | 3.6 | 12 | Панель з контакторами | 43.2 |
| Приймальний рольганг секція 4 | АРМ-53/8УЗ | 2.5 | 12 | Панель з контакторами | 30.0 |
| Приймальний рольганг секція 5 | АРМ-53/8УЗ | 2.5 | 10 | Панель з контакторами | 25.0 |
| Приймальний рольганг секція 6 | АРМ-53/8УЗ | 2.5 | 11 | Панель з контакторами | 27.5 |
| Приймальний рольганг секція 7 | АРМ-53/8УЗ | 2.5 | 10 | Панель з контакторами | 5.0 |
| Підйомник рулонів | П200/800УХЛ | 200.0 | 1 | КТЕ-500/440 1 робочий та 1 резервний | 200 |
| Переміщення балки | Д806У2 | 22.0 | 1 | КТЕ-200/220 робочий та резервний | 22.0 |
| Балки підйомн. рулонів | Д806У2 | 22.0 | 1 | КТЕ-200/220 робочий та резервний | 22.0 |
| ППС-1 поворот | КПВН-5Ш | 50.0 | 1 | Панель з контакторами | 50.0 |
| Вентил. охол. двигуна ППС1 | АИРУ112М4У2 | 5.5 | 1 | Панель з контакторами | 5.5 |
| ППС-2 поворот | В21R225S8 | 18.5 | 1 | Робочий перетворювач частоти VSI CX/CXL/CXS/ТХ4 2.2/500 + резерв | 18.5 |

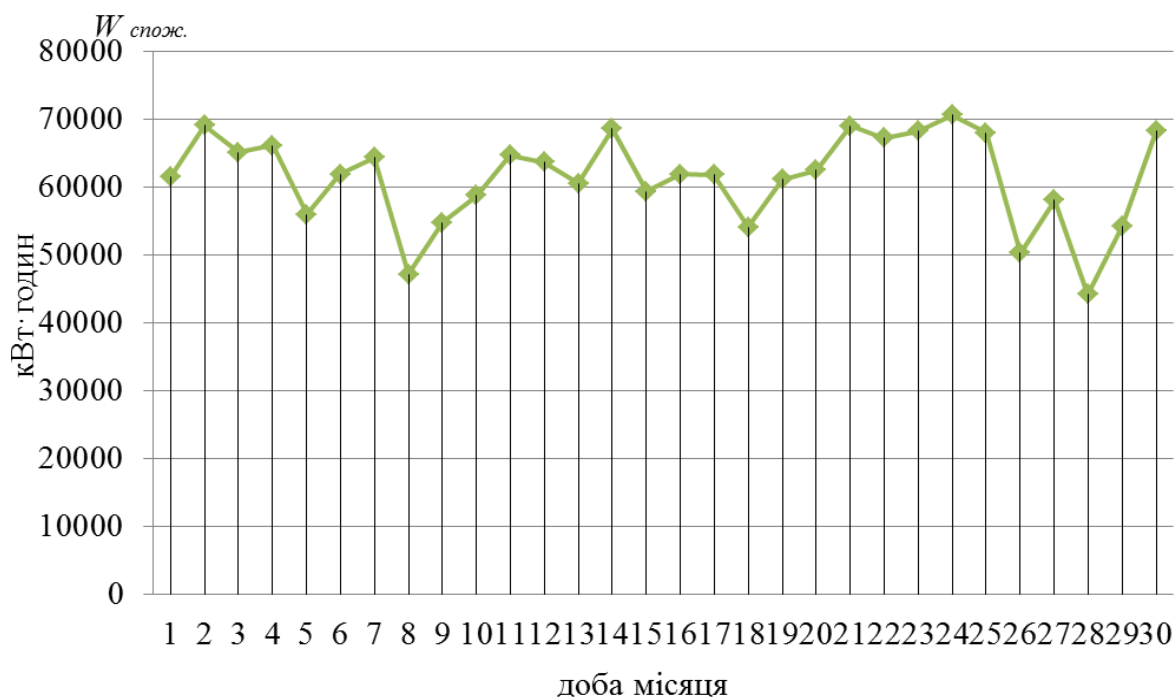


Рисунок 2.7 – Графік споживання електроенергії хвостовою ділянкою БТЛС-1680 за грудень 2021 року

Тобто доволі добре видно відносно великі показники споживання електричної енергії хвостовою ділянкою прокатного стану. Також можна помітити, що графік показників не є рівним, тобто споживання протягом показаного терміну коливається. Можна припустити, що ці коливання залежать від сортаменту металу, планових оглядів і ремонтів обладнання, а також технологічних простоїв тонколистового прокатного стану 1680.

Мінімальне споживання електричної енергії на хвостовій ділянці безперервного тонколистового прокатного стану 1680 становить приблизно 40500 кВт·год на добу під час ремонтних робіт БТЛС-1680. У той час як максимальні значення сягають приблизно 70000 кВт·год на добу під час прокату найбільшого обсягу тонкого металу, де товщина менше 2,3 мм. З метою оптимізації та зменшення споживання електроенергії, важливо розглянути можливість вдосконалення електрообладнання на хвостовій ділянці БТЛС-1680.

Аналіз технологічного процесу, технічних характеристик та електроспоживання обладнання хвостової ділянки дозволяє зробити

наступні висновки щодо можливостей оптимізації та зменшення споживання електроенергії.

Частина обладнання хвостової ділянки стану відповідає сучасним стандартам надійності та економічності. Проте, виявлено вузли механізмів, де використовується менш ефективно з точки зору споживання електроенергії обладнання. Зокрема, застосування застарілих систем релейно-контактних панелей живлення електропривода двигунів секцій конвеєра є недоцільним з точки зору ефективності споживання електроенергії. Заміна або модернізація цих систем може призвести до позитивних результатів у плані оптимізації витрат електроенергії.

Також ідентифіковано механізми, час роботи яких недостатньо великий, але їхнє відключення з різних причин не відбувається. До такого обладнання відносяться, наприклад, насоси оборотного циклу охолодження смуги. Вдосконалення роботи цих механізмів та їхнє оптимальне використання можуть призвести до подальшої ефективності витрат електроенергії.

Запропоновані заходи щодо оптимізації включають у себе:

- Заміну застарілих систем керування електроприводом на більш сучасні та економічні.
- Доповнення схем керування механізмами.
- Встановлення додаткових пристроїв у схеми керування механізмами.

Впровадження цих заходів може призвести до поліпшення технологічної ефективності та зниження витрат на електроенергію, що в свою чергу призведе до економії фінансових ресурсів на рівні структурного підрозділу та підприємства в цілому.

3 РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЦГПТЛ

3.1 Аналіз роботи насосів оборотного циклу

Насоси оборотного циклу (НОЦ) відіграють ключову роль у технологічному процесі хвостової ділянки стану 1680. Ці насоси використовуються для постачання технічної води з цеху водопостачання до лінії охолодження смуги (ЛОС) для ефективного охолодження гарячекатаних металевих смуг. Після цього вода, яка вже забруднена, збирається і, завдяки допомозі НОЦ, направляється до цеху водопостачання для подальшого очищення.

Система насосів оборотного циклу охолодження смуги включає п'ять насосів, один з яких постійно перебуває в резерві. Згідно з технологічним процесом та враховуючи можливі простой обладнання, передбачено можливість відключення НОЦ. Проте, через прямий пуск двигунів насосів, ця операція не ефективно виконується, що призводить до неоптимального споживання електроенергії.

Встановлення пристрою для плавного пуску вирішує цю проблему, надаючи можливість включати по одному двигуну і доповнювати систему поступово. Іншими словами, в залежності від технологічних вимог можна використовувати лише один насос, додаючи інші, якщо потрібно. Операції з запуску двигунів можна виконувати за допомогою одного пристрою для плавного пуску, який правильно інтегрований у систему насосів оборотного циклу.

Кількість вимкнень насосів, враховуючи технологічний процес та простой БТЛС-1680, становить 5 разів для кожного з двигунів, і кожне вимкнення триває 40 хвилин. Загальне споживання електроенергії насосами оборотного циклу представлено на рисунку 3.1.

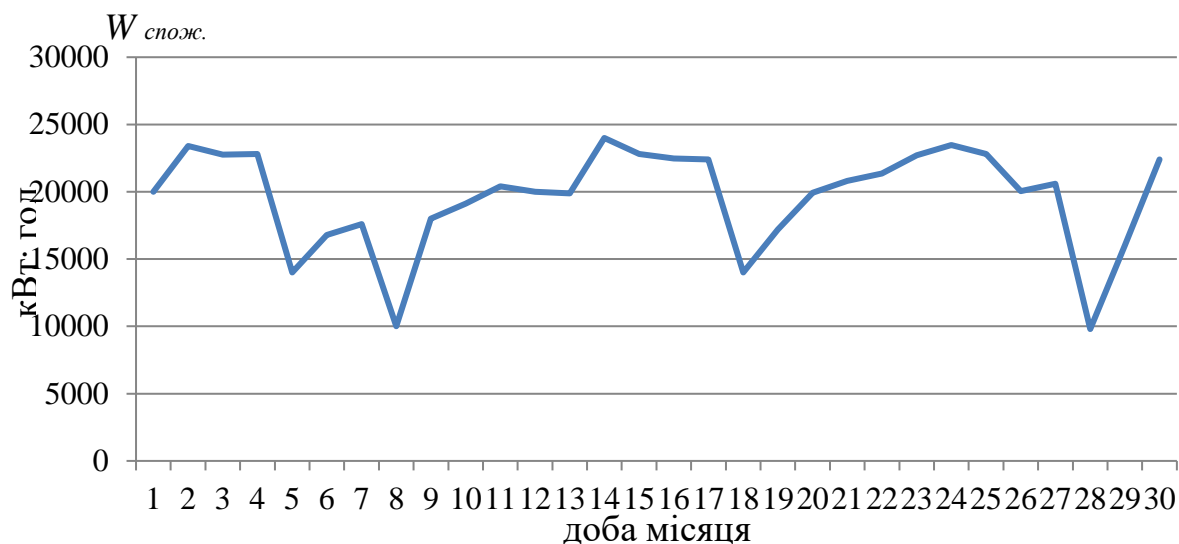


Рисунок 3.1 – Графік споживання електроенергії насосами оборотного циклу за грудень 2021 року

При використанні прямого пуску електродвигуна виникає проблема з високими пусковими струмами, що досягають значень в 5-7 разів вище, ніж у робочому режимі. Це може спричинити «просадку» напруги в електричній мережі, негативно впливаючи на інші споживачі та сам електродвигун. При такому пуску затягується час пуску, що може викликати перегрів обмоток та поступове пошкодження ізоляції, що в свою чергу може привести до передчасного виходу електродвигуна з ладу.

Із цього можна зробити висновок, що встановлення пристрою плавного пуску є дуже доцільним. Цей пристрій дозволяє знизити пускові струми та забезпечує стабільний пусковий момент. У момент запуску двигуна, момент на його валу є дуже нестабільним і перевищує номінальне значення більше ніж у п'ять разів. Тому пускові навантаження виконавчих механізмів також підвищені порівняно з роботою в сталому режимі, можуть досягати до 500% від номінального.

Неусталена робота моменту при пуску може викликати ударні навантаження на зуби шестерень, зрізання шпонок і навіть скручування валів. До найпростішої схеми керування трифазним асинхронним двигуном

М входить силовий контактор КМ, пристрій захисту від перевантажень QF, теплове реле КК та кнопки управління SB1, SB2 (рис. 3.2).

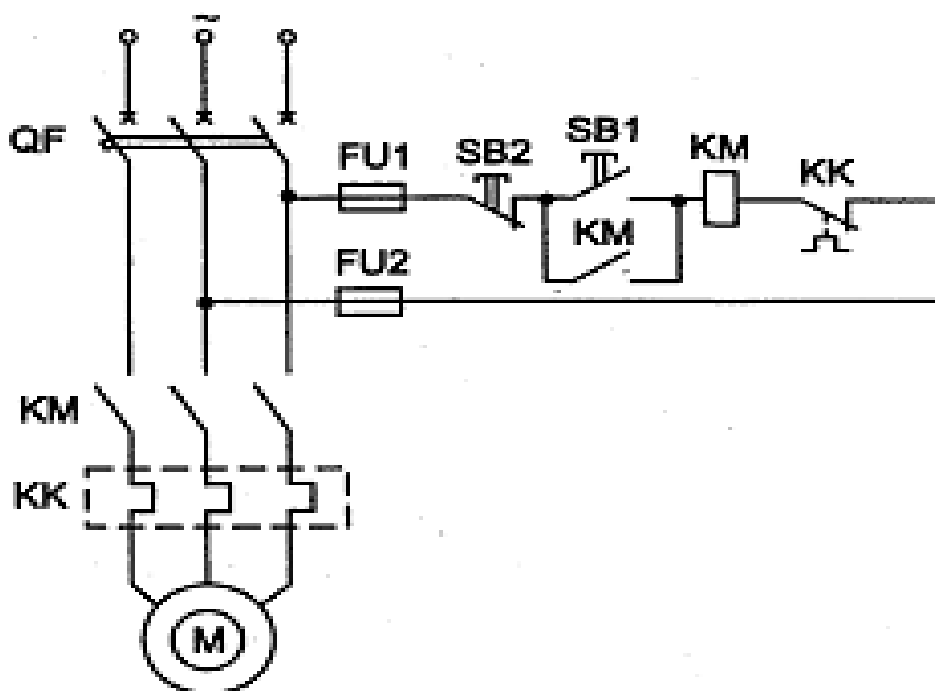


Рисунок 3.2 – Схема прямого пуску АД з короткозамкненим ротором [13]

На насосах оборотного циклу лінії охолодження смуги використовуються високовольтні асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором з характеристиками, які наведені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Характеристика двигунів НОЦів [14]

| Найменування | Значення | Одиниця виміру |
|-----------------------|-------------|----------------|
| Тип двигуна | A4-400X-8Y3 | |
| Номінальна напруга | 6000 | В |
| Номінальний струм | 32 | А |
| Номінальна потужність | 250 | кВт |

Пристрої плавного пуску електродвигунів і насосів вносять значні покращення в роботу технічних механізмів. Ці пристрої дозволяють плавно піднімати обороти електродвигуна, що сприяє зменшенню пускових навантажень на механізми, уникає великих струмів пуску та сприяє стабільності роботи.

У випадку насосів оборотного циклу, обрання та використання обладнання для групового плавного пуску двигунів має декілька переваг:

- Зменшення пускового струму: Відчутно знижується пусковий струм двигуна (в 3-4 рази), що допомагає уникнути "ударних" навантажень та зменшує вплив на стан інших споживачів електроенергії в мережі.

- Менші динамічні навантаження: Істотно зменшуються динамічні навантаження на підшипниках двигуна і в кінематиці механізмів, що покращує їхню тривалість служби.

- Поліпшені умови експлуатації обладнання: Поліпшуються умови експлуатації електротехнічного обладнання, такого як двигуни, трансформатори, комутаційні апарати і інші.

- Зменшення втрат електроенергії: Зменшуються втрати електроенергії в електрообладнанні під час пуску двигунів, що призводить до економії електроенергії.

- Зменшення просадок напруги: Зменшуються просадки напруги в електричній мережі під час пуску двигунів.

- Економія електроенергії: Забезпечує раціональне використання енергоємного обладнання, що призводить до економії електроенергії.

- Підвищення надійності і терміну служби обладнання: Збільшується надійність та термін служби обладнання.

- Збільшення кількості допустимих пусків: Підвищується кількість можливих пусків, що важливо для ефективної експлуатації.

При виборі пристрою плавного пуску для насосів лінії охолодження смуги слід враховувати параметри, такі як напруга мережі, якість електропостачання та технічні характеристики самого обладнання.

Напруга мережі живлення має відповідати паспортному значенню пристрою:

$$U_{\text{мережі}} \leq U_{\text{ППП}},$$

– струм електродвигуна. Необхідно вибирати пристрій плавного пуску по струму двигуна, який не повинен перевищувати струм ППП:

$$I_{\text{двиг.}} < I_{\text{ППП}}$$

– потужність двигуна. Вона не повинна перевищувати потужність пристрою плавного пуску:

$$P_{\text{двиг.}} < P_{\text{ППП}}$$

– максимальне число запусків на годину. Зазвичай воно обмежене. Необхідно, щоб кількість запусків на годину електродвигуна не перевищувало цей параметр:

$$n_{\text{запуск}} \leq I_{\text{ППП}}$$

Щоб підібрати пристрій плавного пуску для двигуна нам необхідні паспортні характеристики двигуна (таблиця 3.1) та кількість включень на годину, яка дорівнює не більше чотирьох включень.

Порівнюємо умови:

$$\blacktriangle U_{\text{мережі}} = 6000\text{В} \leq U_{\text{ППП}} = 6000\text{В},$$

$$I_{\text{двиг.}} = 32\text{А} < I_{\text{ППП}} = 40\text{А},$$

$$P_{\text{двиг.}} = 250\text{кВт} < P_{\text{ППП}} = 300\text{кВт},$$

$$n_{\text{запуск}} = 4 \leq I_{\text{ППП}} = 5$$

Необхідним вимогам відповідає пристрій плавного пуску UNT-HVSS-BZ-D-40 (Advanced Electric Systems).

Вибір пристрою плавного пуску, описаний вами, є правильним, оскільки він відповідає умовам технічного процесу та має необхідні заходи захисту. Використання пристрою групового плавного пуску дозволить ефективно здійснювати пуск електродвигуна насосів лінії охолодження смуги, зменшуючи пускові навантаження та поліпшуючи загальну надійність та ефективність електрообладнання.

Описані види захисту, такі як токова відсічка, захист від затягнутого запуску, від обриву фази, від неприпустимого зниження напруги мережі та інші, свідчать про високий рівень безпеки та захищеності системи. Такий пристрій дозволяє уникати потенційних проблем та забезпечує надійну роботу обладнання в різних умовах експлуатації.

Зазначені можливості плавного пуску, зокрема формування заданого темпу наростання напруги на двигуні, допомагають уникнути негативних ефектів, таких як великі пускові струми, що можуть призводити до просадок напруги та перегріву обмоток. Однолінійну схему групового пристрою плавного пуску для насосів оборотного циклу показано на рисунку 3.3.

Вибраний пристрій плавного пуску має наступні технічні характеристики [16]:

- характер навантаження: трифазний короткозамкнутий асинхронний двигун;
- робоча напруга 6кВ;
- робоча частота 50 Гц \pm 2 Гц;
- напруга оперативного живлення 220 В;
- охолодження: природне повітряне;
- режим пуску: нахил характеристики розгону, пуск з постійним значенням струму, Kick start – пуск з поштовхом;
- час пуску: 1 – 20 секунд, з можливістю регулювання;

- пусковий струм: 1 – 4 номінального струму, з можливістю регулювання;
- стартова напруга: 30 – 100 % від номінальної, з можливістю регулювання.

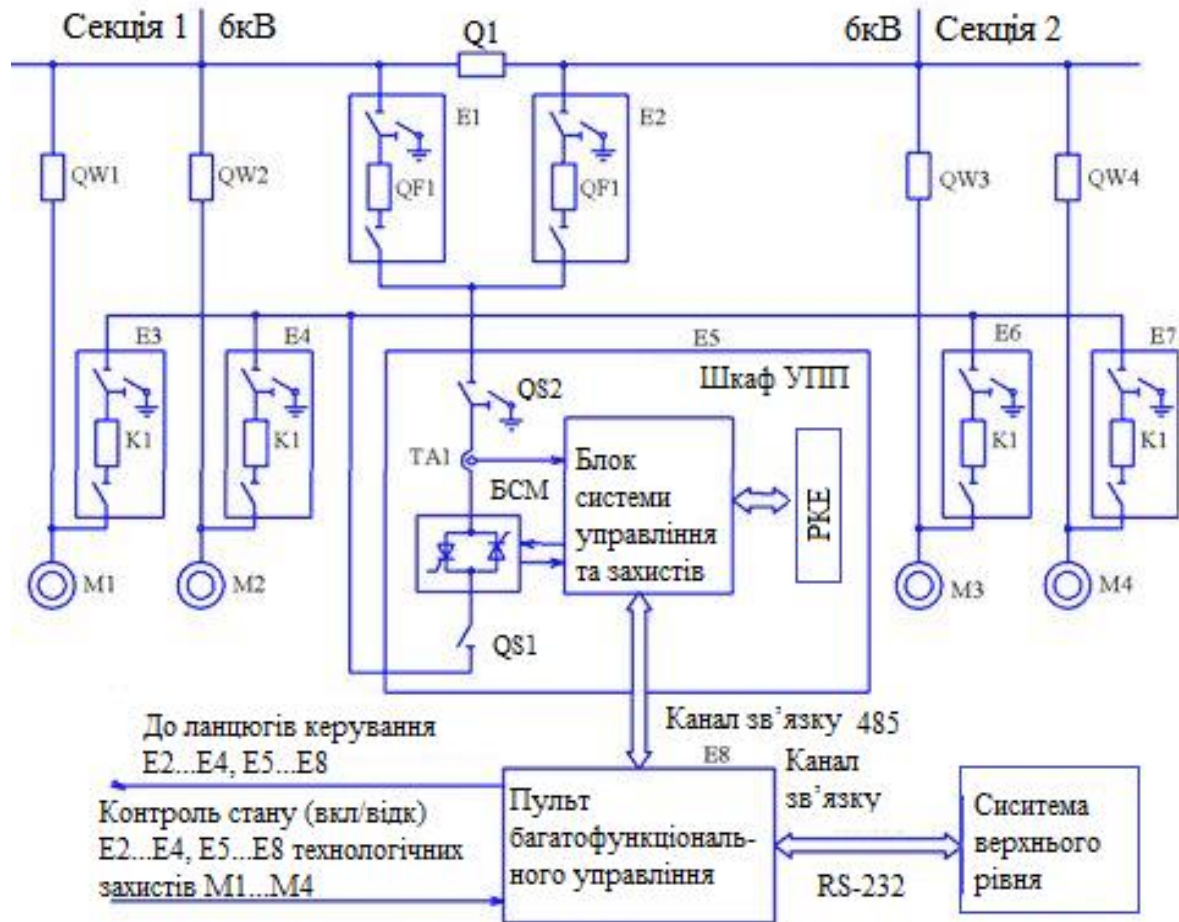


Рисунок 3.3 – Функціональна однолінійна схема пристрою плавного пуску для чотирьох двигунів насосів [15]:

Е5 – шафа управління пристроєм плавного пуску; Е1, Е2 – комірки з головними вимикачами; Е3, Е4, Е6, Е7 – комірки з контактором К1; Е8 – пульт керування; БСМ – блок силових модулів; ТА1 – трансформатор струму; М1...М4 – двигуни насосів оборотного циклу; РКЕ – внутрішній пульт введення параметрів; Q1 – секційний вимикач

Характеристика запуску двигуна насосу оборотного циклу приведена на рисунку 3.4 [17].

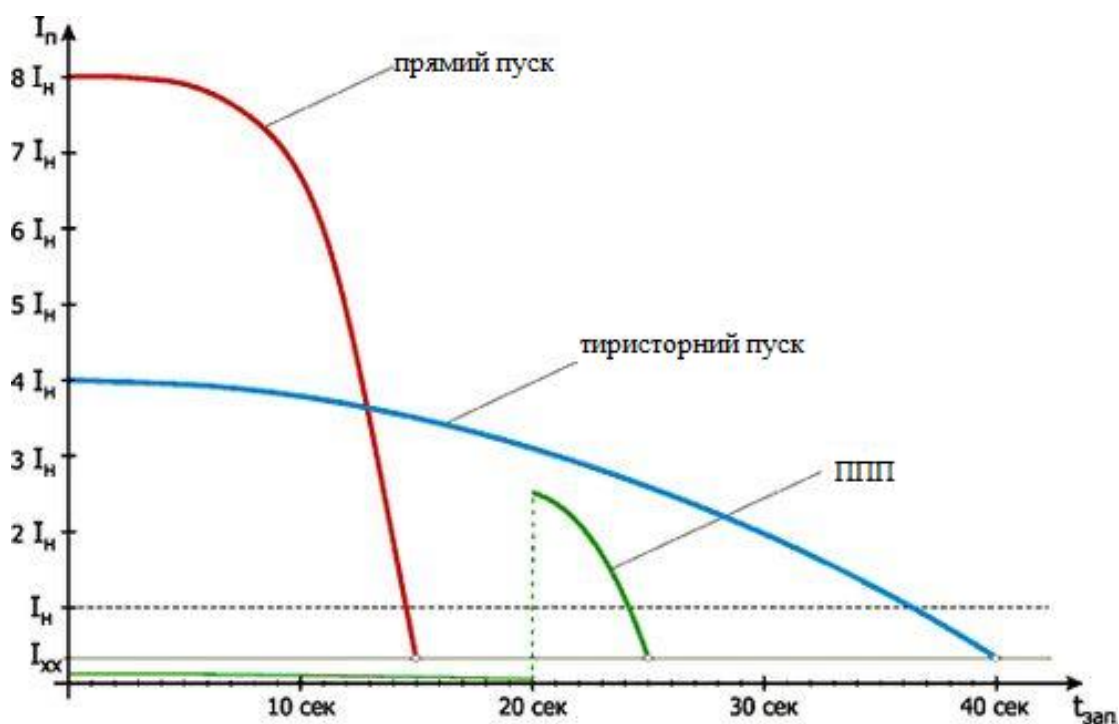


Рисунок 3.4 – Характеристика запуску насоса НОЦ з використання пристрою плавного пуску [17]

3.2 Аналіз систем керування електроприводів деякого цехового обладнання

Заміна системи керування електроприводом на тиристорний перетворювач для двигунів секцій №1 та №5 конвеєру рулонів на хвостовій ділянці прокатного стану є доцільним заходом для підвищення енергоефективності (рис. 3.5). Нова система надає можливість здійснення пуску, регулювання швидкості, гальмування, реверсу та підтримки режиму роботи приводу відповідно до вимог технологічного процесу.

Основні переваги тиристорного перетворювача – двигун включають:

- Зниження споживання електричної енергії: Тиристорний перетворювач дозволяє ефективно регулювати швидкість роботи приводу,

що призводить до зменшення енергоспоживання в порівнянні з традиційною релейно-контактною панеллю.

- Покращення точності регулювання: Така система забезпечує точне та плавне регулювання швидкості, що важливо для оптимального контролю технологічного процесу та забезпечення якісного прокату.

- Зменшення зносу обладнання: М'яке регулювання та відсутність різких перепадів навантаження сприяють зниженню зносу механізмів і збільшенню терміну служби обладнання.

- Зниження негативного впливу на мережу: Використання тиристорного перетворювача дозволяє зменшити вплив пускових струмів на електричну мережу, що важливо для стабільності роботи інших споживачів електроенергії.

- Можливість дистанційного керування і моніторингу: Багато сучасних тиристорних перетворювачів обладнані функціями дистанційного керування та моніторингу, що полегшує експлуатацію та обслуговування.

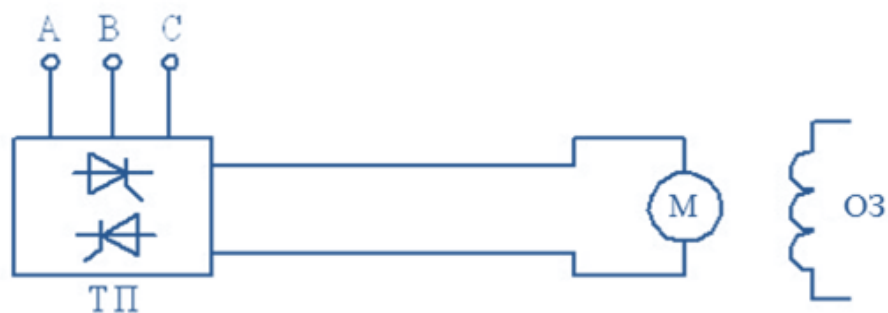


Рисунок 3.5 – Система «тиристорний перетворювач – двигун»

В даний час майже всі секції конвеєру працюють за допомогою системи релейно-контактної панелі – двигун. Традиційні релейно-контактні системи не задовольняють вимогам сучасного рівня автоматизації через недостатню швидкість і невисоку надійність контактів і інших рухомих частин.

Проте з необхідністю підвищення продуктивності агрегатів та з огляду на енергозбереження все більше розповсюдження отримують регульовані електроприводи різних виробничих механізмів.

Основним елементом перетворювачів є комутаційні пристрої, які періодично переривають струм, або змінюють його напрям. Основним елементом комутаційного пристрою є тиристор. Вентильні перетворювачі на тиристорах зараз стали основним видом перетворювачів для системи перетворювач-двигун постійного струму. Нереверсивні перетворювачі найчастіше виконують за трифазною мостовою схемою із дроселем згладжування.

До переваг системи тиристорний перетворювач – двигун можна віднести:

- відсутність частин, що обертаються, у тиристорного перетворювача;
- висока ступінь швидкодії;
- високий ККД (92-96%);
- мала потужність керування;
- при використанні тиристорного перетворювача знижується час на монтаж і наладку;
- поліпшення якості роботи двигуна;
- спрощення обслуговування обладнання, зменшення часу простою;
- відсутність втрат холостого ходу;
- економія електроенергії за рахунок зниження напруги при різних режимах роботи механізму.

Недоліки системи:

- необхідність високої кваліфікація ремонтного персоналу;
- знижується коефіцієнт мережі живлення;
- неможливість використання тиристорного електроприводу для компенсації реактивної потужності;

- у приводі по системі ТП-Д через живлення двигуна пульсуючим струмом збільшуються електричні втрати;

- низький і змінний в широкому діапазоні коефіцієнт потужності при обміні енергією з мережею.

У сучасний період, майже усі відділи конвеєра використовують систему управління, що базується на релейно-контактній панелі для керування електродвигунами. Зазвичай традиційні релейно-контактні системи, через низьку швидкість та нестабільність контактів та інших рухливих частин, не відповідають сучасним вимогам автоматизації.

Однак, з огляду на підвищення продуктивності та стратегії енергозбереження, розширення використання регульованих електроприводів для різноманітних виробничих механізмів стає актуальним. Ключовим елементом цих перетворювачів є комутаційні пристрої, які періодично відключають або змінюють напрямок струму. Тиристори є основними елементами комутаційних пристроїв.

Вентильні перетворювачі, засновані на тиристорах, на сьогоднішній день є найпоширенішим видом перетворювачів для систем, де використовується перетворювач-двигун постійного струму. В основному, нереверсивні перетворювачі використовують трифазну мостову схему з дроселем для згладжування.

Маючи на увазі систему тиристорного перетворювача – двигун, слід відзначити ряд переваг:

- Відсутність обертаючихся частин у тиристорного перетворювача;

- Висока швидкість реакції;

- Високий коефіцієнт корисної дії (від 92% до 96%);

- Невелика потужність керування;

- Зменшення часу на монтаж та наладку при використанні тиристорного перетворювача;

- Покращення якості роботи двигуна;

- Спрощення обслуговування обладнання, що веде до зменшення часу простою;
- Відсутність втрат холостого ходу;
- Економія електроенергії через зниження напруги при різних режимах роботи механізму.

Проте існують і певні недоліки використання цієї системи:

- Потреба у висококваліфікованому ремонтному персоналі;
- Зниження коефіцієнта потужності мережі;
- Неможливість використання тиристорного електроприводу для компенсації реактивної потужності;
- Пульсації струму при живленні двигуна, які збільшують електричні втрати;
- Змінний і низький коефіцієнт потужності при обміні енергією з мережею.

Розглянемо принцип роботи за допомогою прикладу. В даний момент до якоря двигуна M підведена випрямлена напруга, яка регулюється за допомогою напівпровідникового випрямляча $V1 - V6$. Цей випрямляч зібраний за принципом мостової схеми. Силова частина випрямляча складається з трьох тиристорів $V1 - V3$ і трьох некерованих діодів $V4 - V6$. Управління здійснюється зміною фази відкриття тиристорів. Принципова схема силової частини тиристорного перетворювача наведена на рисунку 3.6.

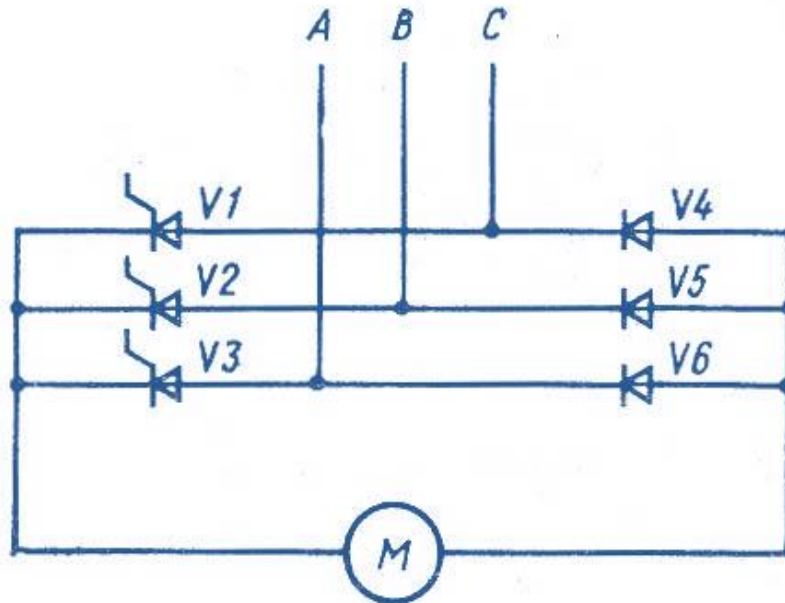


Рисунок 3.6 – Принципова схема силової частини тиристорного перетворювача.

При впровадженні тиристорного перетворювача можна досягти економії електроенергії шляхом регулювання напруги. Згідно з технологічним процесом відсутня необхідність в роботі двигунів на максимальній швидкості. Навіть навпаки, іноді є потреба у мінімальній швидкості роботи двигунів конвеєра. У відповідності з технологічним процесом та темпом прокатки смуг на тонколистовому стані 1680 можна сумарно знизити швидкість секцій на 35%.

Для плавного регулювання швидкості та вибору різних режимів роботи двигунів секцій конвеєру рулонів встановлюється система тиристорний перетворювач – двигун. Важливо відзначити, що встановлення нової системи не виключає роботу старої, надаючи додатковий резерв для функціонування секцій конвеєра.

Для заміни системи керування двигунами 1 та 5 секцій конвеєра рулонів потрібно вибрати тиристорний перетворювач. Під час вибору такого перетворювача необхідно враховувати наступні умови:

- номінальна вихідна напруга з тиристорного перетворювача повинна перевищувати або дорівнювати розрахунковій напрузі:

$$U_{тир.роб} \geq U_{тир.розр.}$$

- робочий вихідний струм з тиристорного перетворювача повинен бути більше або дорівнювати розрахунковому струму:

$$I_{тир.роб} \geq I_{тир.розр.}$$

Для розрахунку означених умов наведемо паспортні дані електродвигуна, для якого підбирається тиристорний перетворювач (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Паспортні данні двигунів 1-ї та 5-ї секцій конвеєра

| Найменування | Значення | Одиниця виміру |
|-----------------------|----------|----------------|
| Тип двигуна | МП-72 | |
| Номінальна напруга | 220 | В |
| Номінальний струм | 365 | А |
| Номінальна потужність | 75 | кВт |
| ККД | 0,91 | |
| $\cos \varphi$ | 0,8 | |

Розраховуємо середній струм вентиля для трифазної мостової схеми:

$$I_{вент.} = \frac{I_{двиг.ном.}}{3}$$

де $I_{\text{двиг.ном.}}$ – номінальний струм двигуна;

$$I_{\text{двиг.ном.}} = 365 \text{ А.}$$

$$I_{\text{вент.}} = \frac{365}{3} = 121,7 \text{ А}$$

Розраховуємо робочий вихідний струм тиристора:

$$I_{\text{тир.розр.}} = \frac{I_{\text{вент.}}}{K_{\text{зан.}}}$$

де $K_{\text{зан.}}$ – коефіцієнт запасу, що враховує умови охолодження тиристорів;

$K_{\text{зан.}} = 0,3$ – при примусовому охолодженні,

$$I_{\text{тир.розр.}} = \frac{121,7}{0,3} = 405,7 \text{ А}$$

Розраховуємо номінальну робочу напругу тиристорного перетворювача:

$$U_{\text{тир.розр.}} = K_z \cdot K_{\text{кп}} \cdot U_{\text{ном.двиг.}}$$

де K_z – коефіцієнт запасу;

$K_{\text{кп}}$ – коефіцієнт, що враховує комутаційне перенапруження;

$U_{\text{ном.двиг.}} = 220 \text{ В}$ – номінальна напруга двигуна.

$$U_{\text{тир.розр.}} = 1,1 \cdot 1,4 \cdot 220 = 338,8 \text{ В}$$

Розрахувавши параметрами а саме, робочу напругу та робочий струм тиристорного перетворювача приймаємо до роботи наступний тиристорний перетворювач типу: КТЕ 600/400 – 0121 – 21 – А105.

Перевіряємо виконання умов:

$$U_{\text{тир.роб.}} = 400 \text{ В} \geq U_{\text{тир.розр.}} = 338,8 \text{ В}$$

$$I_{\text{тир.роб.}} = 600 \text{ А} \geq I_{\text{тир.розр.}} = 405,7 \text{ А}$$

З урахуванням наведених умов можна зазначити, що вибір тиристорного перетворювача був виконаний правильно. Для обох секцій конвеєру рулонів прийнято однакові перетворювачі, оскільки типи двигунів та параметри керування є ідентичними.

Обраний комплектний тиристорний електропривод має наступні конструктивні особливості:

- шафове і блочне виконання;
- силовий випрямляч і систему управління;
- реактори на стороні змінного струму або силовий трансформатор;
- вимикач на боці змінного струму;
- засоби місцевого контролю і управління;
- прилади струму і напруги збудження;
- лампова сигналізація;
- вказівник «Завдання ручне»;
- пультовий термінал.

3.3 Техніко-економічне обґрунтування запропонованих заходів

Розрахуємо кількість годин простою кожним насосом за один місяць:

$$t_{\text{прост.}} = \frac{t_{\text{пр.день}} \cdot n \cdot d}{60}$$

де $t_{пр.день}$ – час одного з насосів оборотного циклу, $t_{пр.день} = 40$ хв;

n – кількість таких простоїв;

d – кількість днів роботи насосів в місяць, $d = 28$ діб;

$$t_{прост.} = \frac{40 \cdot 5 \cdot 28}{60} = 93 \text{ год.}$$

Розраховуємо кількість зекономленої електричної енергії за один місяць:

$$W_{екон.} = t_{прост.} \cdot P_{двиг.} \cdot n$$

де $P_{двиг.} = 250$ кВт – потужність одного двигуна;

$n = 4$ – кількість двигунів.

$$W_{екон.} = 93 \cdot 250 \cdot 4 = 93000 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Для подальшого порівняння розраховуємо витрати електричної енергії на двигуни НОЦ без впровадження пристрою плавного пуску:

$$W_{витр.} = t_{роб.} \cdot P_{двиг.} \cdot n,$$

де $t_{роб.}$ – час роботи двигунів НОЦ в місяць,

$$t_{роб.} = 24 \cdot 28 = 672 \text{ год};$$

$$W_{\text{випр.}} = 672 \cdot 250 \cdot 4 = 672000 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Визначаємо обсяги витрат електроенергії на НОЦ після встановлення пристрою плавного пуску:

$$W_{\text{екон.}} = W_{\text{випр.}} \cdot W_{\text{екон.}}$$

$$W_{\text{екон.}} = 672000 - 93000 = 579000 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Загальні обсяги споживання та економії електричної енергії насосами плавного пуску лінії охолодження смуги представлені на рисунку 3.7, а на рисунку 3.8 приведені споживання та економія електричної енергії по дням місяця.

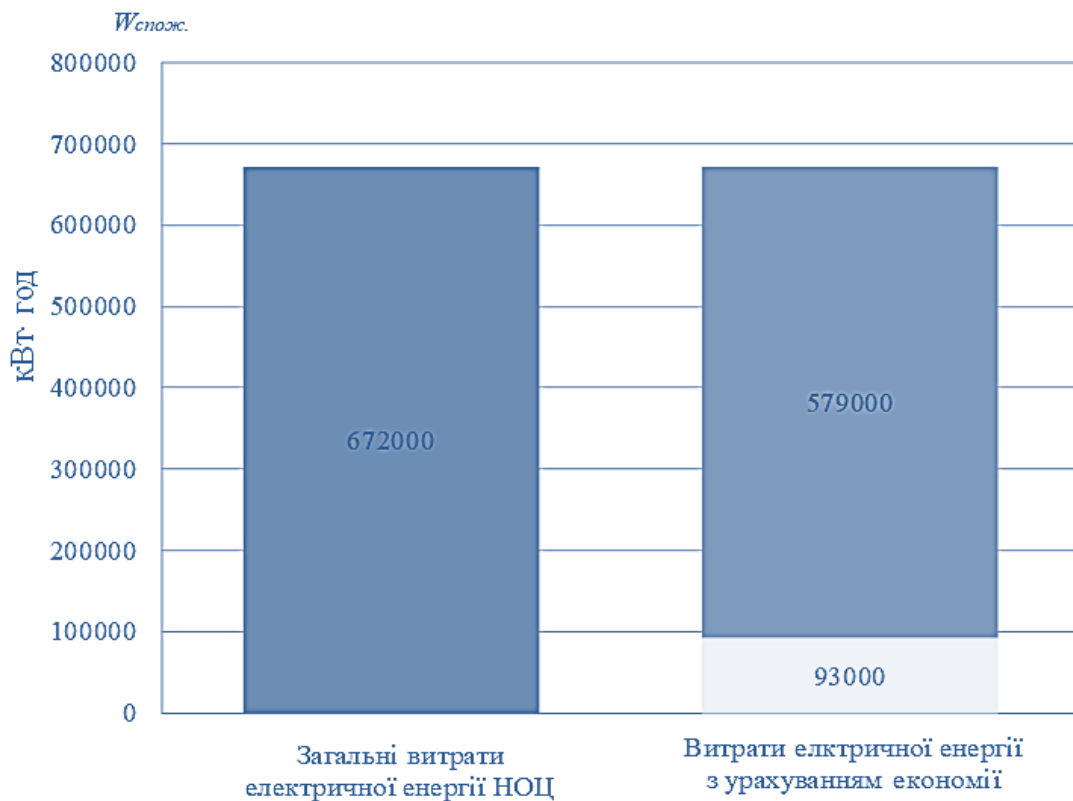


Рисунок 3.7 – Обсяги витрат та економії електричної енергії насосами оборотного циклу

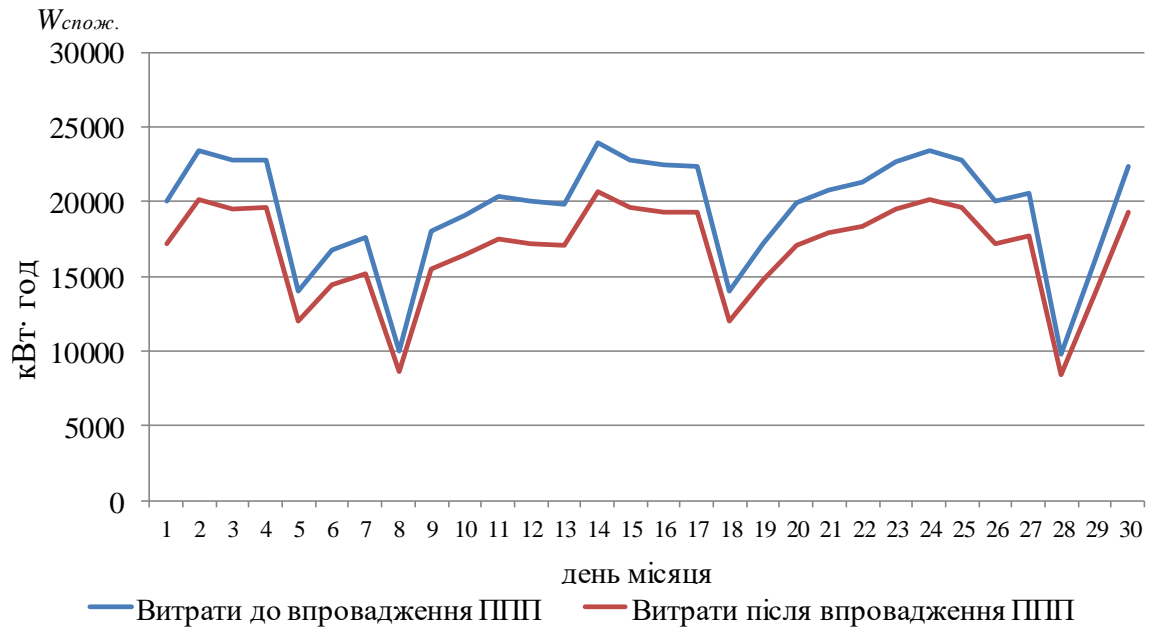


Рисунок 3.8 – По добове споживання електричної енергії насосами оборотного циклу після впровадження пристрою плавного пуску

Розрахуємо економію за один місяць в грошовому еквіваленті:

$$C_{\text{екон.міс.}} = W_{\text{екон.}} \cdot B_{\text{ел.}}$$

де $B_{\text{ел}}$ – середня вартість 1 кВт.

$$C_{\text{екон.міс.}} = 93000 \cdot 1,45 = 134850 \text{ грн}$$

Розрахуємо економію за один рік в грошовому еквіваленті:

$$C_{\text{екон.рік.}} = C_{\text{екон.міс.}} \cdot 12$$

$$C_{\text{екон.рік.}} = 134850 \cdot 12 = 1618200 \text{ грн}$$

Витрати на впровадження пристрою плавного пуску для електродвигунів насосів оборотного циклу охолодження смуги БТЛС-1680 наведені на діаграмі (рисунок 3.9). На рисунку приведені витрати на встановлення одного групового пристрою плавного пуску.

Отже термін окупності можна розрахувати за формулою:

$$T_{\text{окуп.}} = \frac{C_{\text{витр.}}}{C_{\text{екон.рік}}},$$

де $C_{\text{витр.}} = 2500000$ грн – витрати на встановлення пристрою плавного пуску;

$$T_{\text{окуп.}} = \frac{2500000}{1618200} = 1,6 \text{ року}$$

Термін окупності заходу по встановленню пристрою плавного пуску насосів оборотного циклу склав 1,6 року. Це є позитивним результатом, що дає змогу втілювати проект до роботи.

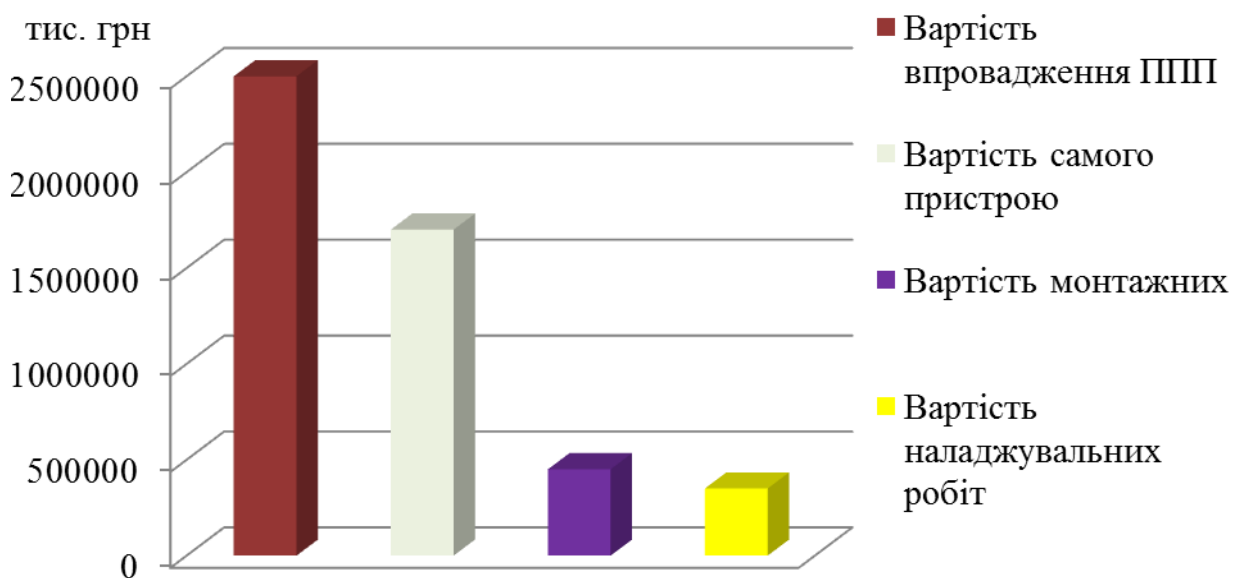


Рисунок 3.9 – Витрати на встановлення групового пристрою плавного пуску для двигунів НОЦ

Для визначення економічного ефекту від заміни системи керування двигунами секцій конвеєру рулонів необхідно спочатку визначити потужність двигуна з урахуванням зниження напруги на 35 %:

$$P_{\text{дв.роб.}} = U_{\text{тир.}} \cdot I_{\text{дв.роб.}} \cdot \cos \varphi \cdot \eta ,$$

де $U_{\text{тир.}}$ – знижена напруга з урахуванням встановлення тиристорного перетворювача, $U_{\text{тир.}} = 143 \text{ В}$;

$I_{\text{дв.роб.}}$ – струм при роботі двигуна з системою тиристорний перетворювач – двигун, $I_{\text{дв.роб.}} = 583 \text{ А}$;

$\cos \varphi$ – з паспортних даних двигуна, $\cos \varphi = 0,9$

η – з паспортних даних двигуна, $\eta = 0,82$.

$$P_{\text{дв.роб.}} = 143 \cdot 582 \cdot 0,9 \cdot 0,81 = 60,7 \text{ кВт}$$

Для подальших розрахунків визначаємо загальний час роботи двигунів секцій конвеєру. В розрахунку використовуємо середні значення простоїв обладнання ділянки:

$$t_{\text{роб.}} = t_{\text{зас.}} \cdot (t_{\text{пр.день}} + t_{\text{ін}})$$

де $t_{\text{пр.день}} = 90 \text{ хв}$ – час простоїв обладнання хвостової ділянки;

$t_{\text{ін}} = 180 \text{ хв}$ – час роботи обладнання без допомоги 1-ої та 5-ої секцій конвеєра. Передача рулонів іншими секціями;

$t_{\text{заг.}} = 1440 \text{ хв}$ – загальний час роботи ЦГПТЛ.

$$t_{роб.} = 1440 - (90 + 180) = 1170 \text{ хв} = 19,5 \text{ год}$$

Визначаємо сумарну кількість електроенергії, яка споживається двигунами двох секцій конвеєра:

$$W_{стож.} = t_{роб.} \cdot P_{двиг.} \cdot n,$$

де $P_{двиг.}$ – потужність одного двигуна, $P_{двиг.} = 75 \text{ кВт}$;

$n = 2$ – кількість двигунів;

$t_{роб.} = 19,5 \text{ год}$.

$$W_{стож.} = 19,5 \cdot 75 \cdot 2 = 2925 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Тоді сумарна кількість споживаної електричної енергії після встановлення тиристорного перетворювача:

$$W_{стож.вст.} = t_{роб.} \cdot P_{дв.роб.} \cdot n,$$

$$W_{стож.вст.} = 19,5 \cdot 60,7 \cdot 2 = 2367,3 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Визначаємо кількість електроенергії, яку вдалось зекономити від впровадження тиристорного перетворювача:

$$W_{екон.} = (W_{стож.} - W_{стож.вст.}) \cdot 28$$

$$W_{екон.} = (2925 - 2367,3) \cdot 28 = 15624 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Розрахунок економії електроенергії може бути проведений на основі визначення різниці у споживанні електроенергії двигунами 1-ої та 5-ої секцій конвеєру до та після встановлення системи керування тиристорний перетворювач – двигун. Дані щодо споживання наведено на рисунках 3.10 і 3.11.

Розрахуємо економію за один місяць в грошовому еквіваленті:

$$C_{\text{екон.міс.}} = W_{\text{екон.}} \cdot B_{\text{ел.}},$$

$$C_{\text{екон.міс.}} = 15624 \cdot 1,45 = 22655 \text{ грн.}$$

Розрахуємо економію за один рік в грошовому еквіваленті:

$$C_{\text{екон.рік.}} = C_{\text{екон.міс.}} \cdot 12,$$

$$C_{\text{екон.рік.}} = 22655 \cdot 12 = 271857 \text{ грн.}$$

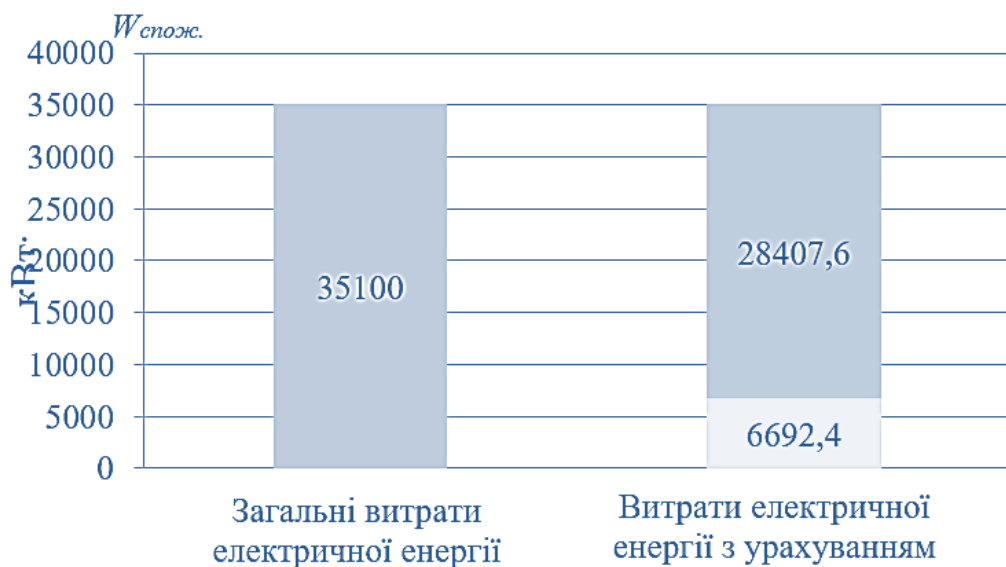


Рисунок 3.10 – Витрати та економія електроенергії при встановленні тиристорного перетворювача

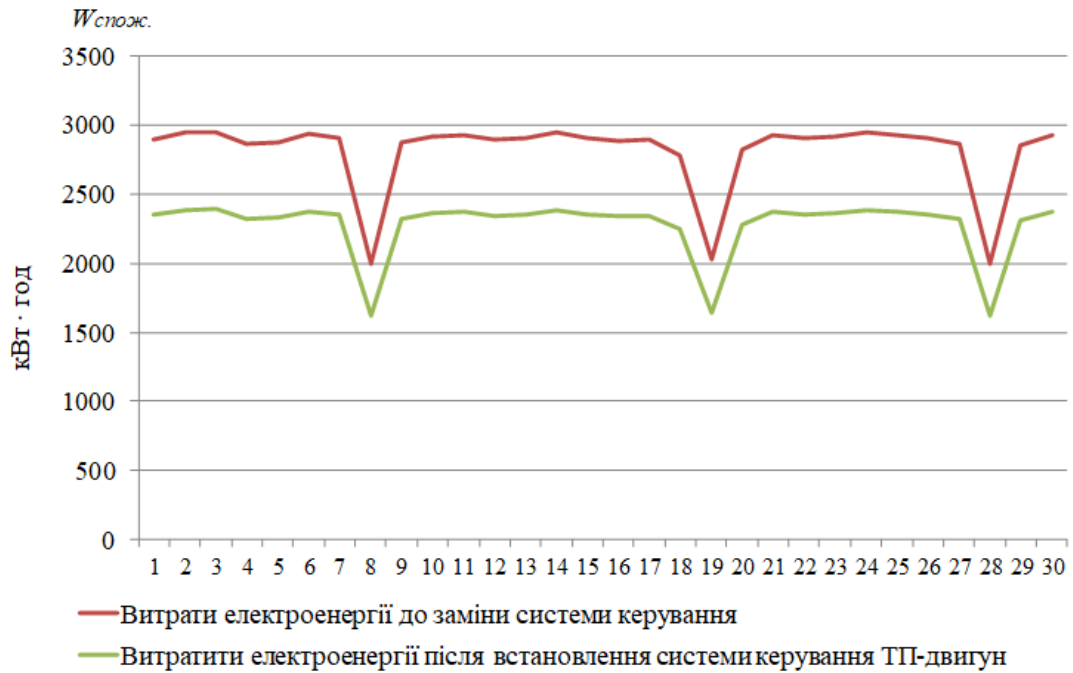


Рисунок 3.11 – Споживання електричної енергії секціями конвеєра до та після встановлення тиристорного перетворювача

На рисунку 3.12 наведено витрати на впровадження системи «тиристорний перетворювач – двигун представлені». Представлені на рисунку дані одразу для встановлення двох тиристорних перетворювачів на секції конвеєру рулонів.

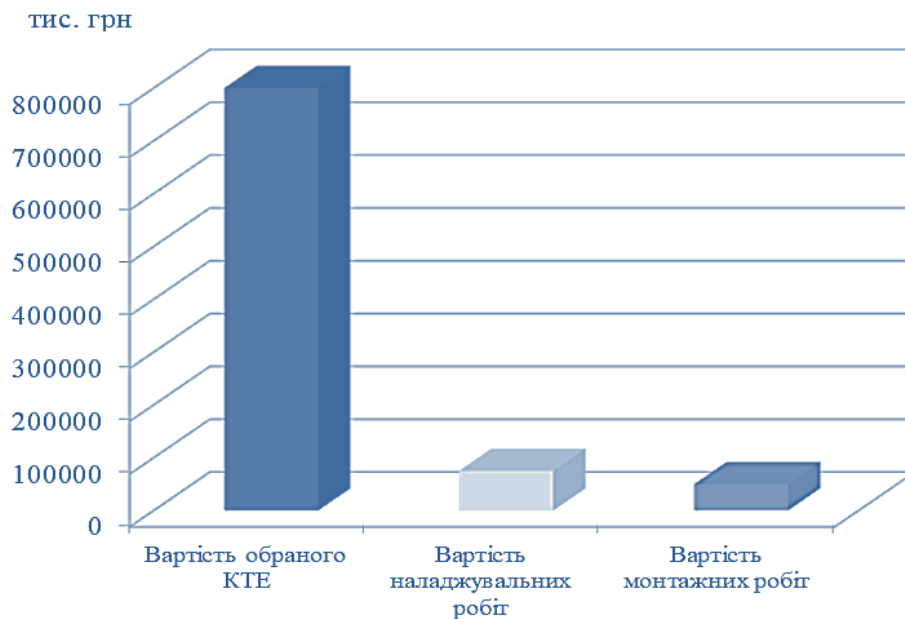


Рисунок 3.12 – Витрати на закупівлю та встановлення системи «тиристорний перетворювач – двигун представлені» секцій конвеєру

Отже термін окупності можна розрахувати за формулою:

$$T_{\text{окуп.}} = \frac{C_{\text{витр.}}}{C_{\text{екон.рік}}},$$

де $C_{\text{витр.}} = 1115900$ грн – витрати на встановлення пристрою плавного пуску.

$$T_{\text{окуп.}} = \frac{1115900}{271857} = 4,1 \text{ року}$$

Термін окупності проекту щодо заміни системи керування секціями конвеєра склав 4,1 роки. Даний термін є хорошим показником, що дає змогу втілювати даний захід по ефективному використанню електроенергії в роботу хвостової ділянки тонколистового стану 1680.

3.4 Питання, пов'язані з охороною праці

Однією з важливих областей діяльності формувальника є формування виробів із динасових, магнезійних та шамотних матеріалів різної конфігурації. Це включає в себе вручну або за допомогою хвостового молотка обробку виробів з виступами, поглибленнями, виїмками та гострими кутами. Також формувальник виконує роботи з карбідокремнієвими стержнями на механічному вібраційному верстаті і здійснює виливання гіпсових форм. Йому також доручається формування плавлених вогнетривів і смолопекової заготовки.

Основні обов'язки формувальника включають в себе заповнення форм формовою масою, трамбування і відливання заготовок, а також їхнє оправлення, маркування і обробка дрібним піском або шамотом. Сформовані вироби складаються на рівні щитки і переносяться на вагонетки

або в сушила. Формувальник також здійснює складання, розбирання і змащення форм, а також транспортування сформованих виробів у сушила.

Крім того, формувальник повинен мати глибокі знання про будову та правила технічної експлуатації різноманітного обладнання, такого як хвостовий молоток, механічний вібраційний верстат, вимірювальний інструмент. Він повинен орієнтуватися в будові та експлуатації підйомних механізмів, знати склад та властивості формових мас і суспензій, а також правила їх підготовки. Формувальник також має розуміти види і розміри форм, способи їхнього готування та правила транспортування виробів. Знання режиму сушіння виробів, способів формування, технік опрацювання виробів і боротьби з браком є важливими в умовах виробництва. Також формувальник повинен мати навички читання креслень та володіти слюсарською справою.

При обслуговуванні обладнання шамотного цеху важливо враховувати потенційні небезпечні та шкідливі фактори, які можуть впливати на працівників. Серед небезпечних факторів слід виділити:

- рухомі машини і механізми, такі як вантажопідйомні крани та пересувні бункери;
- перевезення вантажів кранами, що також може становити певну небезпеку;
- ризик падіння предметів, таких як деталі форм і інструменти.

Основними шкідливими виробничими факторами є:

- підвищена запиленість повітря робочої зони, що може впливати на здоров'я працівників;
- високий рівень шуму на робочому місці, що може викликати проблеми з слухом та загальне негативне впливати на благополуччя працівників;
- підвищений рівень вібрації, що може викликати дискомфорт та проблеми з опорно-руховим апаратом;

- знижена температура повітря робочої зони, що може призводити до гіпотермії та інших проблем зі здоров'ям.

Для забезпечення безпеки та комфорту працівників важливо вживати технічні заходи по гігієні праці та виробничій санітарії. Наприклад, визначення оптимального мікроклімату в приміщенні, яке враховує температуру, вологість, теплове випромінювання тощо. Важливість цих заходів підтверджується таблицею 3.3, яка містить припустимі (оптимальні) параметри повітряного середовища для робочої зони.

Таблиця 3.3 – Нормовані величини температури, відносної вологості й швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень

| Період року | Категорія робіт | Температура | | | Відносна вологість | | Швидкість руху, м/с | |
|-------------|--------------------------|-------------|-------------|------------|--------------------|---------------|--------------------------|-----------------------------|
| | | Оптимальна | Допустима | | Оптимальна | Допустима | Оптимальна, не більш ніж | Допустима на робочих місцях |
| | | | Верхня межа | Нижня межа | | | | |
| | | | Постійна | Постійна | | | | |
| Холодний | Середньої важкості 2а | 18... 20 | 23.0 | 17.0 | 40...60 | 75.0 | 0,2 | Не більш ніж 0 |
| Теплий | Середньої важкості 2а | 21... 23 | 27.0 | 18.0 | 40...60 | 60 при 270 °С | 0,3 | 0.2...0.4 |

Для розрахунку штучного освітлення за методом світлового потоку необхідно врахувати розміри приміщення та його особливості. Для надання

точних результатів, важливо визначити площу приміщення та визначити необхідний рівень освітлення відповідно до виду виконуваних робіт.

Нехай S буде площею приміщення, Інтенсивність освітлення - E , а ККД (коефіцієнт використання світлового потоку) - K . Тоді можна використати наступну формулу для розрахунку світлового потоку (Φ):

$$\Phi = S \cdot E \cdot K$$

Заданий розрахунковий метод передбачає врахування індексу приміщення, який визначається за його конфігурацією та колірною обстановкою. Для конкретного методу слід також визначити висоту розташування робочої зони та освітлювальний прилад.

Виконаємо розрахунок штучного освітлення по методу світлового потоку. Довжина приміщення – 8 м, ширина – 6 м, висота – 3 м. Розрахункова висота:

$$h = 3 - 0,8 = 2,2 \text{ м,}$$

де 0,8 м – висота розрахункової поверхні.

Площа приміщення:

$$S = 6 \cdot 8 = 48 \text{ м}^2.$$

Визначимо індекс приміщення:

$$i = \frac{A \cdot B}{(A + B) \cdot h}$$

де A і B – довжина та ширина приміщення, м;

h – висота підвісу світильників над розрахунковою поверхнею, м.

$$i = \frac{6 \cdot 8}{(6 + 8) \cdot 2,2} = 1,56$$

Оскільки стіни і стеля приміщення бетонні, то приймаємо коефіцієнт віддзеркалення стелі і стін $\rho_{стелі} = 50 \%$, $\rho_{стін} = 30 \%$ відповідно.

Коефіцієнт використання світлового потоку становить $\eta = 50 \%$.

Необхідний світловий потік ламп світильників:

$$F = \frac{E \cdot k_3 \cdot S \cdot z}{N \cdot \eta},$$

де E – найменша нормована освітленість, $E = 300$ лк, так як розряд зорових робіт дорівнює 3;

k_3 – коефіцієнт запасу, $k_3 = 1,4$;

S – площа приміщення, м^2 ;

z – поправочний коефіцієнт для переходу від найменшої освітленості до середньої (зазвичай значення його набувають в межах $1,1 - 1,2$), $z = 1,1$;

N – кількість світильників;

η – коефіцієнт використання, тобто відносна доля потоку лампи, падаюча на поверхню S .

Розрахуємо добуток $F \cdot N$.

$$F \cdot N = \frac{300 \cdot 1,4 \cdot 48 \cdot 1,1}{0,5} = 44352 \text{ лм.}$$

Знайдемо необхідне число ламп. Для освітлення виробничих приміщень вибір джерел світла проводять з врахуванням освітленості. При освітленості від 150 до 300 лк доцільно застосовувати джерела світла типа ЛБ, ДРЛ, ЛБХ. Вибираємо люмінесцентні лампи типа ЛХБ80 (2×80 Вт);

довжина лампи – 1,5 м, ширина – 0,4 м, світловий потік даної лампи – 3840 лм.

Отже, потрібне число ламп:

$$N = \frac{44352}{3840} \approx 12 \text{ шт.}$$

Враховуючи вказані параметри та розташування світильників, можна розрахувати загальний світловий потік, який буде забезпечений у приміщенні.

1. Розрахунок світлового потоку одного світильника:

одного = потужність лампи × кількість ламп × коефіцієнт використання світлового потоку,

де:

- Потужність лампи = 2 × 80 Вт,
- Кількість ламп = 2,
- Коефіцієнт використання світлового потоку може бути вказаний в технічних характеристиках світильника.

2. Загальний світловий потік у приміщенні: загальний = одного світильника × кількість світильників

де:

- Кількість світильників = 6.

З урахуванням цих розрахунків ви зможете визначити, чи задовольняє отриманий світловий потік нормам освітленості для вашого приміщення.

Схема розташування світильників представлена на рисунку 3.13.

Всі необхідні розрахунки для розташування світильників проводимо за формулами:

$$l_a = \frac{1}{2} \cdot L_a,$$

$$l_b = \frac{1}{3} \cdot L_b$$

$$la = 1,25 \cdot m, \cdot le = 0,6 \cdot m,$$

де L – відстань між сусідніми світильниками (рядами люмінесцентних світильників).

La – відстань між сусідніми світильниками по довжині приміщення,
 $La = 2,5$ м.

Lb – відстань між сусідніми світильниками по ширині приміщення,
 $Lb = 1,8$ м.

l – відстань від крайніх світильників або рядів світильників до стіни.

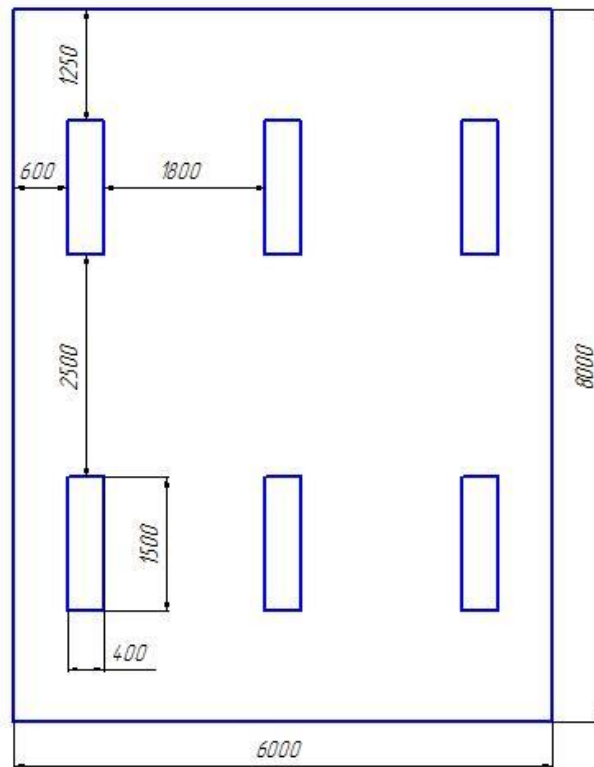


Рисунок 3.13 – Схема розташування світильників

Електробезпека є важливим аспектом в обслуговуванні електричного обладнання. У випадку виявлення несправностей формувальник повинен терміново зупинити роботу, інформувати майстра і викликати електрика для усунення проблем. Самостійне усунення несправностей в електрообладнанні заборонено, і після їх усунення пуск обладнання повинен виконувати лише кваліфікований електрик за заявкою майстра.

Під час користування переносними електросвітільниками слід дотримуватися визначених норм напруги: не більше 36 В для загальних умов та не більше 12 В у сирому підвальному середовищі. У разі пожежі в електропроводах, приладах або електрообладнанні слід відключити їх від мережі та гасити вогонь сухим піском, порошковим або пінним вогнегасником, або застосовувати сухі інертні матеріали, такі як роздрібнений шамот, динас чи кварцит.

Правила забезпечення електробезпеки регламентуються Правилами улаштування електроустановок (ПУЕ), які включають в себе:

- Встановлення захисного заземлення згідно з будівельними нормами СНиП 3.05.06-85 і ПУЕ, щоб захистити людей від ураження електричним струмом при можливому пошкодженні ізоляції.
- Забезпечення недоступності токопровідних частин для випадкового дотику.
- Застосування ізоляції та проведення поточного контролю.
- Посилення вимог до якості електропроводки.
- Використання попереджувальних сигналізацій, написів і плакатів.
- Використання індивідуальних засобів захисту та пристроїв.
- Посилення вимог до кваліфікації персоналу електромонтажних організацій відповідно до ГОСТ Р 50571-1-93, пункту 4.1.1.

Заходи пожежної безпеки є важливою складовою діяльності формувальника. Він повинен володіти навичками ефективного використання засобів пожежогасіння, таких як пісок, земля, вогнегасники та інші, і знати місця зберігання протипожежного інвентарю, а також вміти користуватися ним.

У випадку виникнення пожежі формувальник повинен негайно повідомити керівництво цеху та диспетчера підприємства, а також викликати пожежну охорону. До прибуття пожежних необхідно вжити всіх можливих заходів для ліквідації загоряння власними силами, діючи відповідно до інструкції з пожежної безпеки.

Під час пожежі в електропроводах, приладах або електрообладнанні слід відключити їх від мережі та гасити вогонь сухим піском, порошковим, пінним вогнегасником або сухими інертними матеріалами, такими як роздрібнений шамот, динас чи кварцит.

У випадку загоряння пально-мастильних матеріалів не слід використовувати воду для гасіння полум'я. Для цього доцільно застосовувати землю, пісок або вогнегасники. Необхідно уникати захаращення проходів, доступу до протипожежного інвентарю, вогнегасників та гідрантів.

Палити дозволяється лише у визначених спеціальних місцях. Кожен формувальник повинен бути ознайомлений з планом ліквідації аварій на підприємстві, який стосується його робочого місця та ділянки виконання робіт.

Формувальники, які працюють на вогнетривких підприємствах, зобов'язані використовувати засоби індивідуального захисту відповідно до встановлених норм та стандартів. Спецодяг для формувальників повинен відповідати таким вимогам:

- Костюм: бавовняний, відповідно до ГОСТ 27575-87 "Костюми мужські для захисту від загальних виробничих забруднень і механічних впливів. Технічні вимоги". Тривалість експлуатації - 12 місяців.
- Фартук: брезентовий з нагрудником, відповідно до ГОСТ 12.4.029-76 "Фартуки спеціальні. Технічні умови". Тривалість експлуатації - 12 місяців.
- Спецвзуття: шкіряне, відповідно до ГОСТ 28507-90 "Взуття спеціальне кожане для захисту від механічних впливів. Загальні технічні умови". Тривалість експлуатації - 12 місяців.
- Рукавиці: комбіновані, згідно з ГОСТ 12.4.010-75 "ССБТ. Засоби індивідуального захисту. Рукавиці спеціальні. Технічні умови", тривалість експлуатації - 2 місяці. Оскільки формувальник

використовує віброінструменти, також необхідно користуватися антивібраційними рукавицями відповідно до ТУ 78-349-75, які виготовлені з бавовняних тканин та мають амортизаційну прокладку з поролону на долоневій частині.

Крім перерахованих засобів індивідуального захисту, формувальник повинен обов'язково користуватися захисною каскою, захисними окулярами, протипиловим респіратором та засобами захисту органів слуху. У випадку роботи в умовах знижених температур, йому необхідно використовувати зимовий спецодяг - куртку на утепленій прокладці, згідно з ГОСТом 29335-92 "Костюми мужські для захисту від понижених температур. Технічні умови". Термін експлуатації цього спецодягу складає 36 місяців.

У відповідності до внутрішнього трудового розпорядку формувальника перед початком робочої зміни важливо відвідати змінно-зустрічні збори, де він одержить завдання на виконання робіт. Виконання робіт має відбуватися відповідно до вимог інструкції з охорони праці, а також слідувати вказівкам старшого формувальника і майстра. Формувальник повинен утримувати своє робоче місце та устаткування в справному стані і чистоті, зберігати інструмент та пристосування в належному порядку.

Також, важливо дотримуватися правил безпеки, не допускати сторонніх осіб на ділянку виконання робіт, утримуватися від розпивання спиртних напоїв на робочому місці та на території підприємства, і не з'являтися на роботу у нетверезому або наркотичному стані. Працівник повинен знати та вміти надавати першу допомогу потерпілому.

ВИСНОВКИ

Після проведення аналізу споживання електроенергії на ділянці хвостової частини тонколистового стану ПАТ «Запоріжсталь», було виявлено вузли механізмів з неефективним використанням цього ресурсу. З метою вдосконалення ситуації та оптимізації споживання електричної енергії було запропоновано ряд технічних заходів.

Перший захід передбачає встановлення пристрою плавного пуску для роботи насосів оборотного циклу лінії охолодження смуги хвостової ділянки стану. Це дозволить відключати насоси при їх зайвому функціонуванні, сприяючи ефективній роботі енергосистеми ділянки та двигунів насосів. Очікується економія електроенергії у розмірі 1116000 кВт·год.

Другий захід передбачає заміну системи керування електроприводом 1-ої та 5-ої секцій конвеєра. Заміна релейно-контактної панелі - двигун на систему тиристорного перетворювача - двигун дозволить зменшити споживання електроенергії шляхом зміни швидкісних режимів секцій. Крім того, введення резервного керування приводом секцій через релейно-контактну панель покращить обслуговування. Прогнозована економія електроенергії складає 433087,2 кВт·год.

Ці технічні заходи спрямовані на значний збільшення ефективності використання електроенергії та відображають зобов'язання ПАТ «Запоріжсталь» щодо оптимізації витрат на енергоресурси, що має прямий вплив на собівартість виробленої продукції.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Коротун, І. М. Розміщення продуктивних сил України [Текст] : підручник / І. М. Коротун, Л. К. Коротун, С. І. Коротун. – Р. : УДАВГ, 1997. – 420 с.
2. «Запоріжсталь» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : \WWW/ URL: <http://zaporizhstal.com/uk/> – 10.04.2016 р. – Заголовок з екрану.
3. Чернега, Д. Ф. Теорія і технологія металургійного виробництва металів і сплавів [Текст]. Т. 1. Основи металургійного виробництва металів і сплавів: комплекс підручників / Д. Ф. Чернега, В. С. Терещенко, В. А. Гладких. – К. : Вища школа, 2006. – 503 с.
4. Паспортні дані ЦГПТЛ [Електронний ресурс]. – Режим доступу : \WWW/ URL: <http://www.zaporizhstal.com/uk/pidpriyemstvo/pasport5/> – 17.04.2016 р. – Заголовок з екрану.
5. Сологуб, М. А. Технологія конструкційних матеріалів [Текст]: підручник / М. А. Сологуб, І. О. Рожнецький, О. І. Некоз та ін.; за ред. М. А. Сологуба. – 2-ге вид. – К. : Вища школа, 2002. – 374 с.
6. Долгоруков, Ю.А. Економічне забезпечення структурної перебудови металургії України [Текст] : підручник / Ю.А. Долгоруков – Х. : Фактор, 1995. – 153 с.
7. Загірняк, М. В. Електричні машини [Текст] : підручник / М. В. Загірняк, Б. І. Невалін. – 2-ге вид., переробл. і доповн. – К. : Знання, 2009. – 399 с. – ISBN 978-966-336-644-6.
8. Яцун, М. А. Електричні машини [Текст] : Навчальний посібник / М. А. Яцун. – Львів : Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2001. – 428 с. – ISBN 966-533-126-3.
9. Енергозберігаюче обладнання [Електронний ресурс]. – Режим доступу : \WWW/ URL: <http://www.cheaz.ru/production/ustroystvo-plavnogo-puska> – 3.05.2016 р. – Заголовок з екрану.

10. Advanced Electric Systems [Електронний ресурс]. – Режим доступу : \WWW/ URL: <http://drivemotor.biz/visokovoltное-ustroystvo-plavnogo-puska-6-kv-10-kv-serii-unt-hvss.html> – 5.05 2016 р. – Заголовок з екрану.

11. Гершунский, Б. С. Основы електроніки та мікроелектроніки [Текст] : Підручник / Б. С. Гершунский. – 4-е вид., – К. : Вища школа, 1989. – 423 с. – ISBN 5-11-001360-8.

12. Коренькова, Т. В. Перетворювачі частоти та пристрої плавного запуску електроприводів [Текст] : навч. посібн. / Т. В. Коренькова, А. П. Калінов, А. І. Гладир, В. Г. Ковальчук. – Кременчук : Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, 2012. – 191 с.

13. Лашко, Ю. В. Захист асинхронних двигунів за показниками якості перетворення енергії [Текст] : монографія / Ю. В. Лашко, О. П. Чорний, Д. Й. Родькін. – Кременчук : ПП Щербатих О.В., 2010. – 200 с.

14. Євстіфєєв, В. О. Теорія автоматичного керування. Частина друга. Спеціальні системи автоматичного керування [Текст] : навч. посіб. / В. О. Євстіфєєв. – Кременчук, 2007. – 222 с.

15. Калінов, А. П. Елементи автоматизованого електропривода [Текст] : навчальний посібник / А. П. Калінов, В. О. Мельников. – Кременчук : ПП Щербатих О.В., 2014. – 276 с

16. Коренькова Т. В. Системи регулювання параметрів та підвищення ефективності роботи насосних, вентиляторних та компресорних установок [Текст] : навч. посіб. / Т. В. Коренькова, П. В. Лузан, Д. А. Михайличенко, А. Л. Перекрест, О. О. Сердюк. – Кременчук : КДПУ, 2006. – 152 с.

17. Кравчук, А. Э. Асинхронные двигатели серии 4А [Текст] : справочник / А. Э. Кравчук, М. М. Шлеф, В. И. Аронин, Е. А. Соколенская. – М. : Энергоатомиздат, 1982. – 504 с.

18. Серия комплектных тиристорных электроприводов постоянного тока КТЭ IV-го поколения [Электронный ресурс]. – Режим доступа \WWW/ URL: <http://www.zpr.com.ua/chernaya-metallurgiya/seriyakomplektnix-tiristornix-elektroprivodov-postoyannogo-toka.html> – 15.05.2016 р. – Заглавие с экрана.

19. Покропывный, С. Ф. Экономика предприятия [Текст]: учебник / С. Ф. Покропывный. – К.: Хвиля-Прес, 1995. – 167 с.