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 основного виробництва ПрАТ «Дніпроспецсталь»_____

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

_____Тюпі Миколі Романовичу_____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи Підвищення ефективності основного виробництва ПрАТ «Дніпроспецсталь»_____
керівник роботи ___Коваленко Віктор Леонідович, д.т.н., доцент_____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ЗНУ від «_26_»_грудня__2023__року №_2215 - с_____
2 Строк подання студентом роботи _____11 червня 2024 р._____
3 Вихідні дані до роботи: Номінальна потужність пічного трансформатору, максимальній струм на електроді, діаметр електроду, питомі витрати електроенергії на розплавлення 1т шихти.
4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1) Огляд технологічного циклу виробництва 2) Аналіз існуючої організації обліку, споживання та втрат енергетичних ресурсів 3) Розробка автоматизованої системи контролю та обліку енергетичних ресурсів для технологічного циклу виробництва 4) Техніко-економічне обґрунтування застосування нагрівача шихти і пристрою регулювання частоти на печі ДСП-50 ПрАТ «Дніпроспецсталь».
5 Перелік графічного матеріалу _1) Дугова сталеплавильна піч типу ДСП-50 2) Річне споживання електроенергії цехом 3) Підігрівач скрапу 4) зовнішній вигляд перетворювача частоти fdu "Emotron" 5) Схема підключення перетворювача

частоти 6) 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		
Розділ 4	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	Огляд технологічного циклу виробництва	01.03.2024	
2	Аналіз існуючої організації обліку, споживання та втрат енергетичних ресурсів	01.04.2024	
3	Розробка автоматизованої системи контролю та обліку енергетичних ресурсів для технологічного циклу виробництва	10.05.2024	
4	Техніко-економічне обґрунтування застосування нагрівача шихти і пристрою регулювання частоти на печі ДСП-50 ПрАТ «Дніпроспецсталь»	25.05.2024	

Студент _____ _____ М. Р. Тюпа
(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 63 с., 12 рисунків, 17 таблиць, 18 джерел.

У даній дипломній роботі розглянута виробнича діяльність і енергоспоживання ПрАТ «Дніпроспецсталь». У роботі проведений енергоаудит даного технологічного процесу, проаналізований фактичний стан вжитку енергоресурсів, зроблено висновок про можливі енергозберігаючі заходи.

На підставі аналізу втрат енергоресурсів цехом СПЦ №2 було висунуто пропозицію про необхідність утилізації тепла газів електросталеплавильного виробництва, що відходять, шляхом використання теплообмінного устаткування, з метою підігрівання скрапу, шихти, що завантажується, а так само гарячої води. Проаналізована доцільність вживання регульованого приводу електродвигуна димососу, витяжної системи печі.

У розділі техніко-економічного обґрунтування вироблений розрахунок ефективності використання запропонованих заходів, приведені дані про економічний ефект і термін їх окупності.

ЕЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИЛЬНА ПІЧ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, ЕНЕРГОРЕСУРСИ, ТЕПЛООБМІННИК, УТИЛІЗАЦІЯ, ЕЛЕКТРОДВИГУН, ВАННА ПЕЧІ, ДАТЧИКИ СТРУМУ І НАПРУГИ

ЗМІСТ

Вступ.....7
1 Огляд технологічного циклу виробництва 9
2 Аналіз існуючої організації обліку, споживання та втрат енергетичних ресурсів.....11
2.1 Аналіз енергоспоживання цехом СПЦ №2.....16
2.1.1 Опис та аналіз споживання електроенергії 17
2.1.2 Опис та аналіз витрат гарячої води на опалення 19
2.1.3 Опис та аналіз обліку споживання питної води.....20
2.1.4 Опис та аналіз вимірювання витрати стисненого повітря.....22
2.2 Оцінка основних напрямів діяльності по зменшенню енерговитрат в цеху СПЦ №2…….24
3 Розробка рішень, спрямованих на зниження енергоспоживання цеху 29
3.1 Використання установки попереднього підігріву скрапу та шихти...30
3.2 Аналіз доцільності застосування регульованого приводу в двигуні витяжної системи печі ДСП-50 32
3.2.1 Огляд та аналіз недоліків існуючої схеми роботи витяжної системи печі……...33
3.2.2 Основні шляхи підвищення енергетичної ефективності асинхронних електроприводів……36
3.2.3. Вибір частотного перетворювача швидкості обертання вентилятора……46
4 Техніко-економічне обґрунтування застосування нагрівача шихти і пристрою регулювання частоти на печі ДСП-50 ПрАТ «Дніпроспецсталь».....52
Висновки.....61
Список використаних джерел.....62

ВСТУП

Електросталеплавильному способу належить провідна роль у виробництві якісної і високолегованої сталі. Завдяки ряду принципових особливостей цей спосіб пристосований для здобуття всілякого по складу високоякісного металу з низьким вмістом сірки, фосфору, кисню і інших шкідливих або небажаних домішок і високим вмістом легуючих елементів, що додають стали особливі властивості, – хрому, нікелю, марганцю, кремнію, молібдену, вольфраму, ванадію, титану, цирконію і інших елементів.

Переваги електроплавлення в порівнянні з іншими способами сталеплавильного виробництва пов'язані з використанням для нагріву металу електричної енергії. Виділення тепла в електропечах відбувається або в металі, що нагрівається, або в безпосередній близькості від його поверхні. Це дозволяє в порівняно невеликому об'ємі сконцентрувати значну потужність і нагрівати метал з великою швидкістю до високих температур, вводити в піч великі кількості легуючих добавок. Використання в печі відновної атмосфери і безокислювальних шлаків передбачає малий угар легуючих елементів. Електроплавка дає можливість більш повно, чим в інших печах розкислювати метал, отримуючи його з низьким вмістом неметалічних включення; отримувати сталь з низьким вмістом сірки.

Електропіч краще за інших пристосована для переробки металевого лому, причому твердою шихтою може бути зайнятий весь об'єм печі, і це не утрудняє процес розплавлення. Металізовані окатиші, що замінюють металевий лом, можна завантажувати в електропіч безперервно за допомогою автоматичних дозуючих пристроїв.

Витрата тепла і зміна температури металу при електроплавленні відносно легко піддаються контролю і регулюванню, що дуже важливе при автоматизації виробництва.

Слід зазначити, що електросталеплавильне виробництво характеризується дуже високими температурами, що досягають 1700 і вище градусів Цельсія. Враховуючи останнє, а так само той факт, що в Україні актуальною проблемою є розвиток енергозберігаючих технологій необхідно приділити особливу увагу питанням утилізації тепла газів, що відходять, а так само підвищенню енергоефективності даного технологічного процесу в цілому.

1. ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЧНОГО ЦИКЛУ ВИРОБНИЦТВА СТАЛІ В ЕЛЕКТРОДУГОВИХ ПІЧАХ

Технологія електроплавки розроблялася в кілька етапів. На початку 90-х років на заводах якісної металургії в основному використовувалася так звана «класична» технологія виплавки, заснована на теорії і практиці німецької металургії.

Дана технологія характеризувалася періодом окислення з низькою швидкістю окислення вуглецю при збереженні марганцю на певному рівні і тривалим впливом металу при розкисленні при відновному шлаку. При цьому продуктивність печей не була високою, а необхідна якість сталі не завжди забезпечувалася.

Пізніше в технологію виплавки був внесений ряд принципових змін, зокрема, було встановлено, що немає ніяких підстав підтримувати вміст марганцю на певному рівні в період окислення і обмежувати швидкість окислення вуглецю до низьких значень, так як при правильному проведенні цього періоду «повторного окислення» рідкого металу не відбувається. Були виявлені переваги комбінованого розкислення металів, частково шляхом седиментації, частково за рахунок шлаку, що поряд з іншими заходами дозволило різко скоротити тривалість відновлювального періоду виплавки і поліпшити якість сталі.

Успішне освоєння виплавки вітчизняних легованих сталей у великих дугових печах (200 тонн) стало одним із серйозних досягнень вітчизняної електрометалургії. Впровадження передових технологій в області енергозбереження призвело до зниження собівартості продукції. Значному поліпшенню експлуатаційних характеристик електроплавки сприяло широке впровадження продувки металу киснем в період окислення і частково при плавленні шихти. Особливо ефективним виявилося використання кисню при виплавці високолегованих сталей з використанням їх відходів.

Для сучасної технології електросталі характерна форсована плавка із застосуванням в ряді випадків нагріву шихти газокисневими пальниками, раннє шлакоутворення з частковим суміщенням періодів плавлення і окислення, енергійне кипіння ванни, скорочений період відновлення з частковим розкисленням і легуванням металу при випуску.

В даний час потужність електродугових печей все ще зростає. Основна маса електросталі і феросплавів виплавляється в печах потужністю 16-48 тисяч кВт·год, але в літературі є відомості про появу надпотужних електропечей потужністю до 3000 тонн.

Особливістю нових і модернізованих печей буде більш високий ступінь механізації і автоматизації, з появою САМ-систем з'явилася можливість повністю автоматизувати технологічний процес, що значно полегшує роботу обслуговуючого персоналу.

Сучасні електродугові печі мають такі особливості:

- механізоване завантаження шихти через верхню частину печі;

- Механізовані приводи для окремих робочих операцій;

- живлення від понижуючих трансформаторів печі з широким діапазоном зміни каскаду вторинної напруги;

- Автоматичне управління рухом електрода під час плавлення;

- Електромагнітне змішування металів в печах середньої і великої потужності.

Всі печі (крім малопотужних) мають механізоване завантаження шихти за допомогою ковша, для чого дах печі повертається навколо вертикальної осі на 90°. Печі місткістю 25 т і більше оснащуються механізмами повороту обичайки печі з футеруванням для прискорення процесу плавлення і захисту днища від руйнування. Всі ці печі оснащуються гідравлічними, електричними або пневматичними приводами для переміщення електродів, печі місткістю 25-200 т мають механізоване завантаження шлакоутворюючих і легуючих матеріалів, механізацію заповнення укосів і пічних вогнищ, а також видалення шлаку з печі за допомогою шлакопроводу.

Основні властивості печей, що застосовуються у вітчизняній електрометалургії, наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Основні характеристики електросталеплавильних пічей

Характерні величини	Номінальна емність, т						
	3	6	12	25	50	100	200
Номінальна потужність пічного трансформатору, МВА	2,0	4,0	8,0	12,5	20	32	50-80
Межі вторинної напруги трансформатору, В	242-116	280-115	320-120	390-132	430-116	480-150	560-140
Максимальній струм на електроді, кА	4,7	8,2	14,4	18,6	26,9	38,5	43,3
Діаметр електроду, мм	200	300	350	400	500	550	610
Питомі витрати електроенергії на розплавлення 1т шихти, кВт·год	525	500	470	460	440	415	400

Високовогнетривкі матеріали, які використовуються в сучасних печах, підвищили стійкість печей з газованою водою в 2-3 рази. Вогнетривка кладка вогнища виконується з магнезитової або кремнеземної цегли в залежності від типу футеровки печі.

Товщина облицювання даху становить 200-300 мм для невеликих печей і 380-460 для великих печей. Загальна товщина стінок на рівні ухилів для маленьких печей становить 330-, для великих печей 600-, в тому числі товщина вогнетривкої частини становить 60-70% від загальної товщини. Перетин печі показано на рисунку 1.1.400 мм700 мм

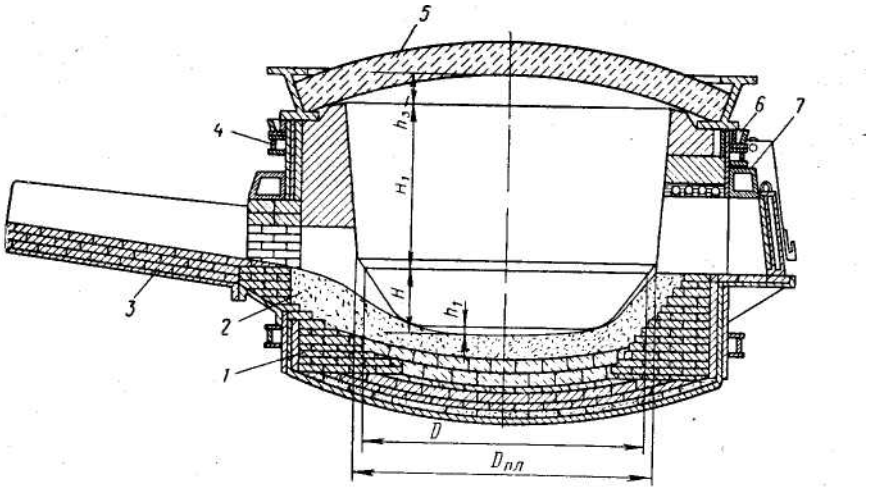


Рисунок 1.1 – Футеровка електросталеплавильної печі

1 — магнезитова кладка пода; 2 — магнезитова набойка поду; 3 — шамотна футеровка желобу; 4 — магнезитовий блок; 5 — дінасовий свод; 6 — пісчаний затвор; 7 — арка робочого вікна.

Розглядаючи вогнетривку кладку в умовах простою плавки з температурою 1500-1600°С, можна зробити висновок, що існує колосальний запас теплової енергії, накопиченої футеровкою, яку доцільно було б використовувати.

ПрАТ «Дніпроспецсталь» є підприємством з неповним металургійним циклом і спеціалізується на виплавці конструкційних, нержавіючих, шарикопідшипникових, інструментальних, швидкорізальних сталей.

Орієнтований середньорічний випуск продукції становить 371517 т, у тому числі:

- конструкційна легована сталь – 82487 т;
- конструкційна вуглеводиста сталь – 49199 т;
- нержавіюча сталь (з Ni) – 76292 т;
- нержавіюча сталь (без Ni) – 29878 т;
- шарикопідшипникова сталь – 84790 т;
- швидкорізальна сталь – 2410 т;
- інструментальна сталь – 30954 т;
- жароміцна сталь – 991 т.

На території підприємства розташовані: сталеплавильні цехи № 1, 2, 3, 5, цех порошкової металургії (ЦПМ), прокатний цех, цех ремонту металургійного устаткування (ЦРМО), копровий цех, ковальсько-пресовий цех, цех ад'юстажний обробки металу, цех випробувань, термічний цех, калібрувальний цех, ковальський цех, ділянка підготовки сирих матеріалів, склад готової продукції та інші допоміжні цеха.

Сталеплавильний цех №2 спеціалізується на виплавці нержавіючих сталей (з Ni), а також конструкційних легованих та вуглеводних. Масова частка зазначених маток сталей, які виплавляються у СПЦ №2, становить до 80-85% від загальної кількості.

Середньорічний випуск продукції становить 88104 т, у т.ч:

- нержавіюча сталь – 42017 т;
- конструкційні леговані й вуглеводні сталі – 22913 т;
- шарикопідшипникова сталь – 3331 т;
- інструментальна сталь – 2048 т;
- швидкорізальна сталь – 29 т.

До складу основних технологічних переділів СПЦ №2 входять: грубний проліт, шихтовий проліт, проліт розливки, відділення ГКР.

Виплавка сталі в СПЦ №2 виробляється в дугових електропічах ДСП-50, рисунок 1.2, (номінальною ємністю 60т) із застосуванням продувки розплавленої ванни киснем.

Процес плавки складається з наступних періодів:

- розплавлювання – 2,5 години;
- відновлювальний процес плавки – 30 хвилин;
- киснева продувка – 5-10 хвилин.

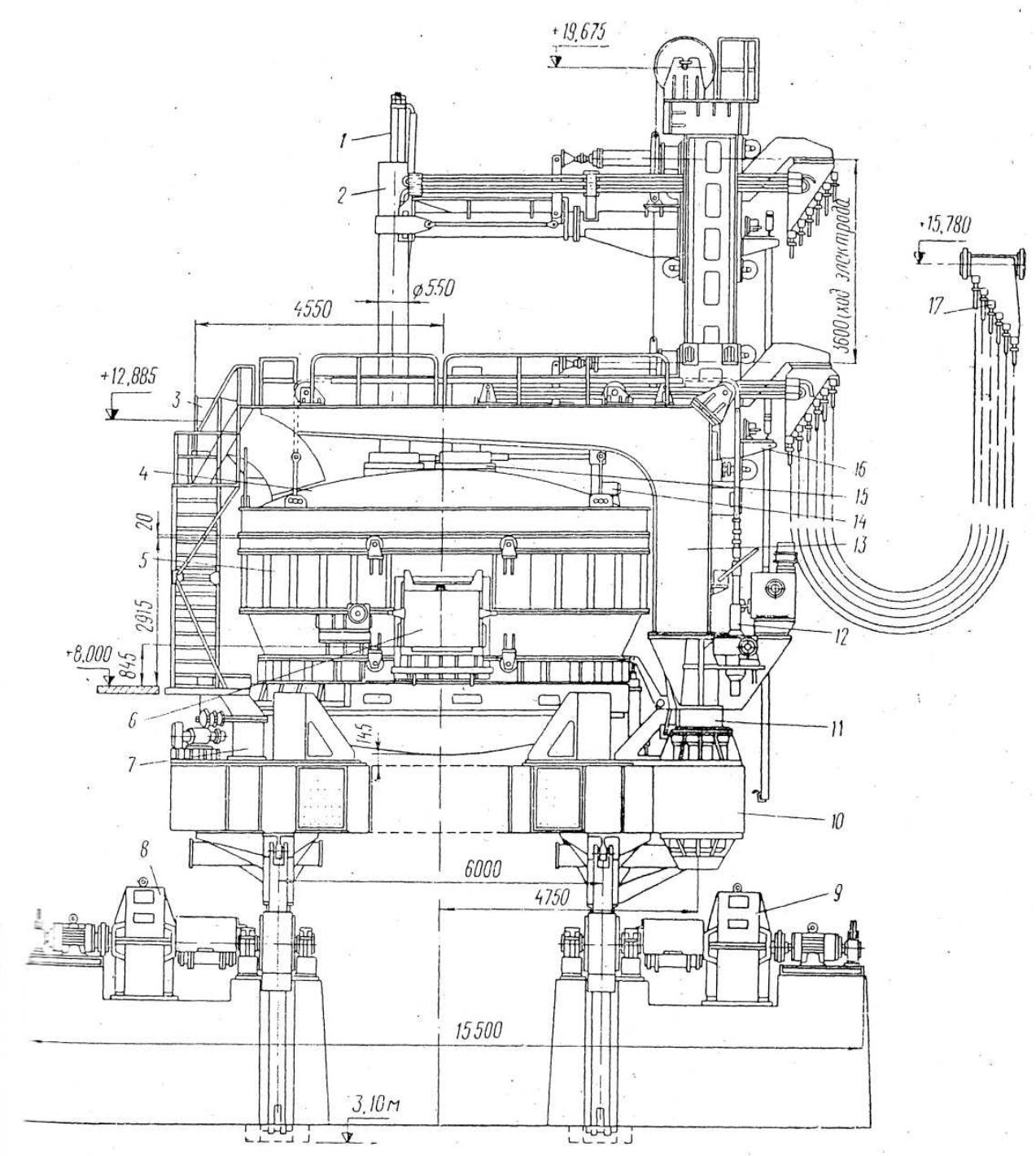


Рисунок 1.2 – Дугова сталеплавильна піч типу ДСП-50

1- фурма для вводу кисня в піч; 2 – електроди; 3 – патрубок газовідсосу; 4 – свод печі; 5 – кожух печі; 6 – робоче вікно; 7 – механізми обертання кожуха печі; 8, 9 – приводи механізму нахилу печі; 10 – опорна люлька печі; 11 – механізм повороту своду; 12 – механізм підйому своду; 13 – поворотний портал; 14 – вентилятор для газоущільнення місць вводу електродів у піч; 15 – електродні

охолоджуючі та ущільнюючі кільця; 16 – механізм переміщення електродів; 17 – струмовідвід гнучкими кабелями.

Відповідно до технологічної інструкції по виплавці сталі, допускається застосування кисню для підрізування шихти, через арку робочого вікна, у період розплавлювання в обсязі 600-700 м³/год.

В якості шихтових матеріалів застосовуються відходи вуглеводних сталей.

У цей час у цеху експлуатуються печі № 2, 4, 6 і установка піч-ковш. За дуговими електропечами встановлені газо очистки з використанням апаратів мокрого типу.

2. АНАЛІЗ ІСНУЮЧОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ ОБЛІКУ, СПОЖИВАННЯ ТА ВТРАТ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ

2.1 Аналіз енергоспоживання цехом СПЦ №2

Для забезпечення електроенергією підприємств використовується сукупність пристроїв, призначених для виробництва, передачі та розподілу електроенергії, яка є системою електропостачання (СЕС). У системі електропостачання підприємства можна виділити три складові, три підсистеми, кожну з яких можна розглядати як самостійну систему. Це система зовнішнього електропостачання, внутрішньомайданчикове електропостачання і внутрішньоцехове електропостачання.

- Зовнішня система електропостачання включає електростанції, підстанції та лінії електропередачі, що знаходяться в енергосистемі, аж до основної підстанції.

- У мережах системи зовнішнього електропостачання в основному використовуються напруги 35, 110, (150), 220 кВ.

- Внутрішня система електропостачання підприємства включає в себе ГПП, CFD, DF, власні електростанції підприємства, трансформаторні підстанції споживачів і лінії електропередачі, що з'єднують між собою підстанції і розподільчі станції.

Живлення сталеплавильних печей цеху СПЦ-2 здійснюється від пічних трансформаторів ЕТЦН-32000/35-71УЗ номінальною потужністю 20 МВА.

Дані про споживання електроенергії цехом НВК No2 ПрАТ «Дніпроспецсталь» наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 Споживання електроенергії в 2021 році

місяць	МВт·год	Ціна за кВт·год	Всього, млн. грн.
1	35 640	0,309	11, 012
2	37 720	0,314	11, 844
3	36 140	0,317	11, 456
1-й квартал	109 500	0,3132795	34, 273
4	34 110	0,315	10,744
5	36 260	0,322	11, 765
6	32 670	0,321	10, 487
2 й квартал	103 040	0,3191733	32, 869
7	29 970	0,329	9, 860
8	37 890	0,334	12, 655
9	36 540	0,333	12, 167
3-й квартал	104 400	0,332035	34, 660
10	35 670	0,338	12, 056
11	36 340	0,342	12, 428
12	36 510	0,347	12, 668
4-й квартал	108 520	0,34253	37, 113
Рік	425 460	0,32667765	138, 699

Річне споживання електроенергії цехом СПЦ №2 ПрАТ «Дніпроспецсталь» наведено на рисунку 2.1.

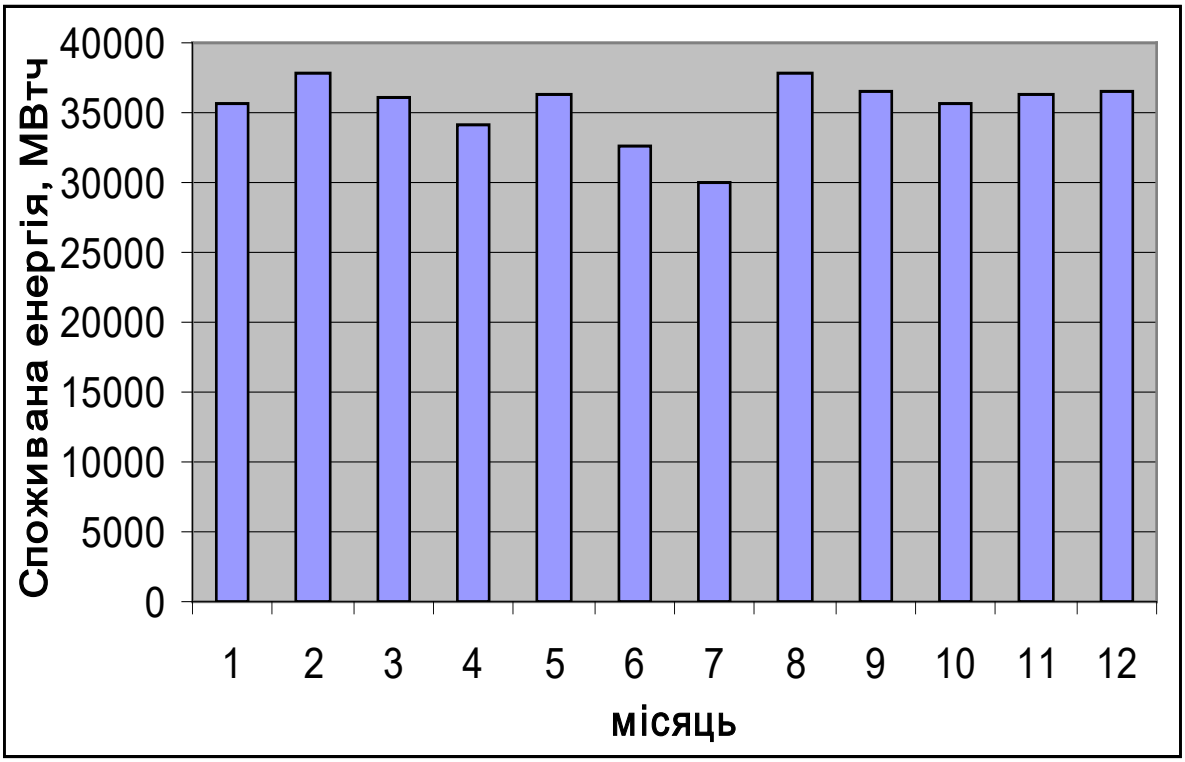


Рисунок 2.1 - Річне споживання електроенергії за 2021 рік.

З даних таблиці 2.1 і графіка 2.1 видно, що виплавка сталі в цеху СПЦ-2 дуже енергоємна, платежі за електроенергію за рік досягають 139 млн грн. Основними споживачами електричної енергії є, перш за все, самі електропечі, а по-друге, постійно працюючі потужні електродвигуни димососів печі. У роботі доцільно продумати заходи щодо зниження енергоспоживання в цеху.

Гаряча вода для опалення сталеплавильного цеху No2 подається від заводської теплоцентралі. Гаряча вода для опалення подається в цех по магістралі. Температура води, що надходить – 80°С; діаметр трубопроводу – 300 мм; спосіб прокладки трубопроводу – під землею.

Інформація про споживання теплової енергії, в тому числі гарячого водопостачання, цехом НВК No2 за опалювальні сезони 2020-2021 та 2021-2021 років представлена в таблицях 2.2, 2, 3 та на рисунках 2.2, 2.3.

Таблиця 2.2 - Споживання теплової енергії в опалювальному сезоні 2020 - 2021 рр.

місяць	кВт год	Ціна грн. за кВт год	Сума, грн.
11	246 556	0,13672	33 709,14
12	404 724	0,13672	55 333,87
4 квартал 2020 року	651 280	0,13672	89 043,01
1	554 751	0,13672	75 845,56
2	572 196	0,13672	78 230,64
3	512 883	0,13672	70 121,36
1 квартал 2021 року	1 639 830	0,13672	224 197,56
4	39 542	0,13672	5 406,18
2 квартал 2021 року	39 542	0,13672	5 406,18
Всього за сезон	2 330 652	0,13672	318 646,75

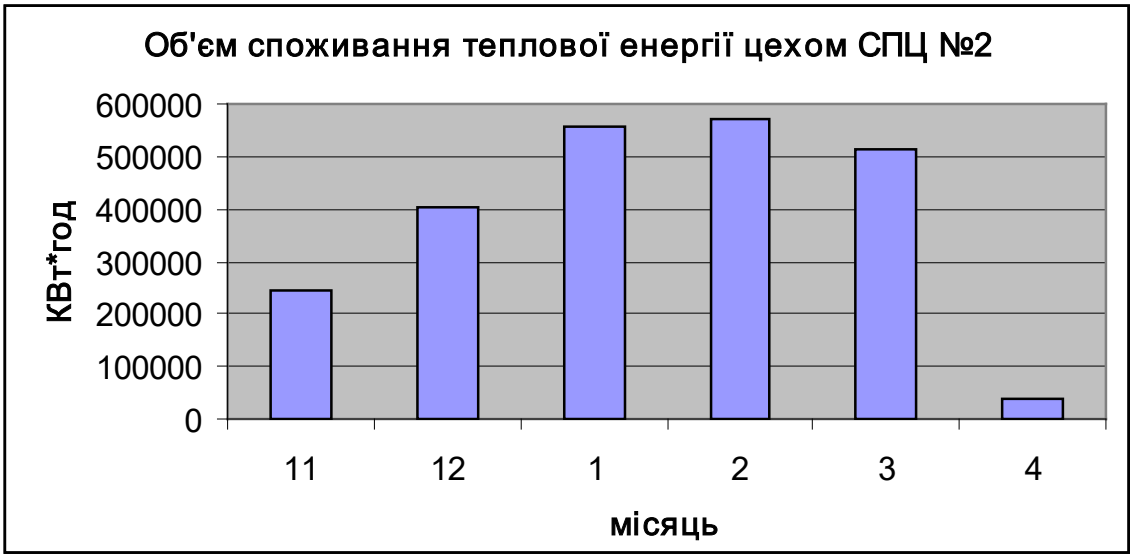


Рисунок 2.2 - Сезонне споживання ГВП для опалення за 2020 – 2021 рік

Таблиця 2.3 - Споживання теплової енергії в опалювальному сезоні 2021 – 2021 року

місяць	кВт год	Ціна грн. за кВт год	Сума, грн.
11	279 120	0,2201	61 434,31
12	337 270	0,2201	74 233,13
4 квартал 2021 року	616 390	0,2201	135 667,44
1	327 966	0,2201	72 185,32
2	308 195	0,2201	67 833,71
3	255 860	0,2201	56 314,79
1 квартал 2021 року	892 021	0,2201	196 333,82
4	29 075	0,2201	6 399,41
2 квартал 2021 року	29 075	0,2201	6 399,41
Всього за сезон	1 537 486	0,2201	338 400,67

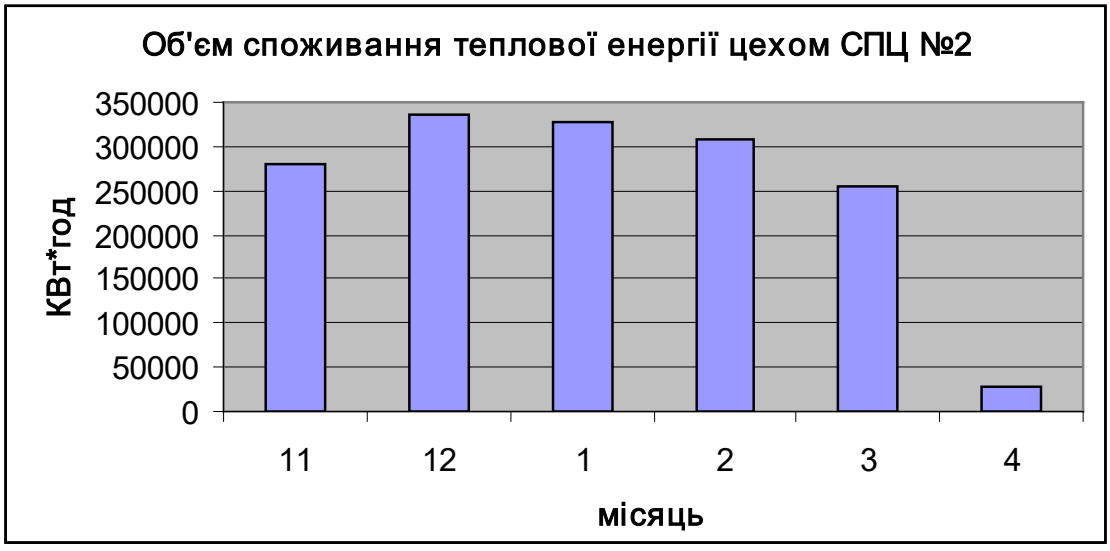


Рисунок 2.3 - Сезонне споживання ГВП для опалення за 2020 – 2021 рік

Витрата теплової енергії на обігрів виробничих приміщень і побутового комплексу цеху безпосередньо залежить від температури навколишнього

середовища, чим нижче температура, тим більше витрата, як показано в таблицях 2.2 і 2.3, і графіках 2.2 і 2.3.

Таблиця 2.4 - Споживання газу в 2021 році

місяць	м.куб.	Ціна грн. за м.куб.	Сума, грн.
1	22 500	8,45665	10 274,6
2	22 500	8,45665	10 274,6
3	22 500	8,45665	10 274,6
1-й квартал	67 500	8,45665	30 823,8
4	22 500	8,49581	11 155,7
5	22 500	8,49581	11 155,7
6	22 500	8,49581	11 155,7
запитання 2	67 500	8,49581	33 467,1
7	22 500	8,56534	12 720,1
8	22 500	8,56534	12 720,1
9	22 500	8,56534	12 720,1
3-й квартал	67 500	8,56534	38 160,4
10	22 500	8,61689	13 880,1
11	22 500	8,61689	13 880,1
12	22 500	8,61689	13 880,1
4-й квартал	67 500	8,61689	41 640, 3
Рік	270 000	8,53367	113 267,9

Питна вода подається в сталеплавильний цех НВК No2 через один ввід трубою діаметром 100 мм. Стічні води відводяться по двох трубах. Вода використовується в господарських цілях. Цеху виділено ліміт у використанні води в обсязі 9 тисяч кубометрів, які споживаються протягом місяця. Споживання води є постійним і оскільки в цеху немає приладу обліку, розрахунки за спожиту воду здійснюються за середнім споживанням у розмірі 9 тис.500 мм

Таблиця 2.5 – Об'єм споживання питної води цехом СПЦ №2 на 2021 рік

місяць	м.куб.	Ціна грн. за м.куб.	Сума, грн.
1	9 000	0,982	8 838
2	9 000	0,982	8 838
3	9 000	0,982	8 838
4	9 000	1,253	11 257
5	9 000	1,253	11 257
6	9 000	1,253	11 257
7	9 000	1,526	13 734
8	9 000	1,526	13 734
9	9 000	1,526	13 734
10	9 000	1,736	15 624
11	9 000	1,736	15 624
12	9 000	1,736	15 624
Рік	108 000	1, 37425	148 392

Середні витрати теплової енергії на опалення:

1) Опалювальний сезон 2020-2021 років становить 20 436 кВт·год теплової енергії на добу та 852 кВт·год теплової енергії на годину.

2) Опалювальний сезон 2020 – 2021 років становить 10580 кВт·год теплової енергії на добу та 441 кВт·год теплової енергії на годину.

Оскільки середня температура повітря взимку 2020-2021 років була майже вдвічі нижчою, ніж температура повітря взимку 2020-2021 років, то споживання теплової енергії на опалення в опалювальний сезон 2020-2021 років на 93% менше, ніж у 2020-2021 роках.

Газопостачання підприємства здійснюється від заводських мереж через один ввід. Цеху НВК No2 виділено ліміт у використанні газу в обсязі 22,5 тисяч кубометрів, які споживаються протягом місяця. Споживання газу є постійним і оскільки в майстерні немає приладу обліку, розрахунки за спожитий газ здійснюються відповідно до середнього споживання. Газ споживає ковальська майстерня, відділення Державного гірничого управління.

Стиснене повітря по лінії надходить в цех і використовується для виробничих потреб. Параметри використовуваного стисненого повітря наступні: тиск - 6 атм.; діаметр воздуховода – 100 мм; Спосіб прокладки воздуховода - естакада. Витрата стисненого повітря постійний. У 2021 році було: 240 тисяч кубометрів за ціною 37,46 грн. за 1 тисячу кубометрів, що склало 8 990,4 гривні.

Кисень надходить в цех по лінії і використовується в технологічному циклі виплавки для видування рідкого металу. У 2021 році споживання кисню цехом СПЦ-2 склало: 248 тисяч кубометрів при 314,83 грн. за 1 тисячу кубометрів, що склало 78 077,8 грн.

Щорічні витрати майстерні СПЦНо2 на закупівлю енергоресурсів у 2021 році склали 139 386 128,3 грн. Частка кожного енергоресурсу становила:

1) електроенергія – 138 699 000 грн або 99,5%;
2) опалення – 338 400,6 грн або 0,24%;
3) природний газ – 113 267,9 грн або 0,08%;
4) вода питна – 148 392,1 грн або 0,083%;

Енергоаудит показує частку основних параметрів в енергоспоживанні цеху - електроенергії, пари і гарячої води на опалення і становить 99,82% від загальних витрат. У зв'язку з тенденцією зростання цін на енергоресурси доцільно проаналізувати можливість використання енергозберігаючих заходів з метою зниження витрат на електроенергію, пар і гарячу воду для опалення.

2.2 Оцінка основних напрямів діяльності по зменшенню енерговитрат в цеху СПЦ №2

Основні напрямки енергозберігаючої політики і практики в металургії пов'язані з удосконаленням існуючих технологій і обладнання, оптимізацією режимів роботи і коефіцієнта навантаження основного технологічного обладнання, рекуперацією відпрацьованого тепла.

Для електродугових печей (ДСП) економія енергії досягається за рахунок:

1. збільшення маси шихти і поліпшення підготовки шихти;
2. зниження електричних і теплових втрат печі;
3. скорочення простоїв печі;
4. оптимізація електричних і технологічних режимів роботи печей.

Питома витрата електроенергії в ДСП залежить від ваги шихти, тому доцільно перевантажувати піч по потужності, збільшуючи номінальну вагу шихти. Оптимальна вага пічної шихти в залежності від тоннажу показаний в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Оптимальна маса завалки печі

Номінальна маса печі, т	Оптимальна маса печі, т	
	При виплавці рядових сталей	При виплавці сталей високої якості
1,5	2,3 – 2,5	2 – 2,2
5	7,3 – 8,0	6 – 7
10	14 – 16	12 – 13
20	28 – 31	24 – 28
40	50 – 55	46 – 50

Залежність зміни питомої витрати електроенергії від маси навантаження показана на рисунку 2.4.

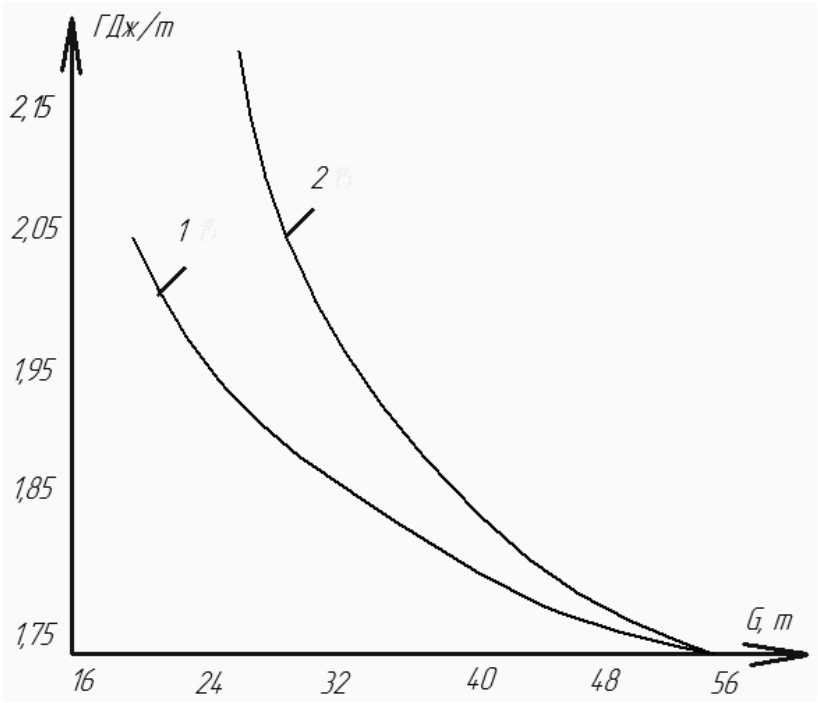


Рисунок 2.4 – Залежність питомих витрат електроенергії в залежності від маси завалки: з кір пічною кладкою стін та полу (1), з стінами та сводом печі (2).

Попередня підготовка шихти полягає в її підборі таким чином, щоб в процесі плавлення відпала необхідність в додатковому завантаженні. Наприклад, для печей по 10-40 тонн рекомендоване співвідношення таке: 20% - дрібна фракція, 40% - великий брухт, 40% - середній брухт. Крім того, важливе значення має якість заряду. Застосування відпрацьованих легованих сталей дозволяє різко скоротити тривалість окислювального періоду при виплавці окремих марок сталі, знизити витрату легуючих компонентів і знизити питомі енерговитрати.

Також важливо правильно розмістити шихту в робочому просторі печі. Сумарна економія електроенергії за рахунок підбору розміру заряду і його якісного складу забезпечить економію енергії близько 15-20% [].

Наступним напрямком, який слід враховувати в роботі для зниження питомих енерговитрат, є попередній підігрів шихтових матеріалів. Нагрівання і плавлення твердої шихти є найбільш енергоємними операціями в електропечах. На період плавлення йде близько половини всього часу плавки, і саме на цей період витрачається 60-70% всієї електроенергії, витраченої на плавку. Питома

витрата енергії в цей період становить 400 кВт·год/т, тому попередній підігрів заряду до 600-700°С сприяє значному зниженню витрат на електроенергію.

Найбільш оптимальним варіантом є використання наявних в цеху відпрацьованих газів з температурою близько 1000 ° С, хоча навіть будівництво спеціальних опалювальних установок може бути економічно виправдано. Зниження енергоспоживання за рахунок нагрівання заряду до 600-700°С досягає значення 15-20% [9].

Зниження тепловтрат досягається за рахунок збільшення терміну служби футеровки. Частота зміни облицювання при ремонті обернено пропорційна терміну служби футеровки. При кожній зміні облицювання втрачається велика кількість тепла, накопиченого кладкою.

Термін служби підкладки збільшується за рахунок:

1. Використання якісних підкладкових матеріалів;
2. Підтримання оптимальної висоти потужності в топці;
3. Скорочення тривалості процесу рафінування;
4. Застосування швидкісного ремонту теплоізоляції полягає в застосуванні великоблочної футеровки.

Потужність тепловтрат в залежності від потужності печі і стану футеровки представлена в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 - Потужність теплових втрат залежно від ємкості печі і стану футерування.

Ємність печі, т	Потужність теплових втрат, кВт	
	Нова підкладка	Зношена підкладка
2	250	350
3	350	400
5	375	500
10	425	625

При цьому втрати від зовнішніх поверхонь печі можна приймати рівними, у % від загальних тепловтрат: печі до 5 т – 40%, печі понад 5 т – 49%.

Втрати тепла з охолоджуючою водою можна визначити за формулою:

$$\Delta Э_{О.В.} = \frac{Q(T_2 - T_1)}{860};$$

де Q - кількість води в літрах (от 1000 до 1800 л на 1т сталі, що виплавляється);

T_1, T_2 - температура води, що подається та відводиться з печі відповідно.

Для зниження витрати охолоджуючої води і підтримки її оптимальної температури в охолоджуючих гілках доцільно встановлювати автоматичні регулятори з певним температурним діапазоном. У малих і середніх печах цей захід забезпечує економію до 50 тисяч кВт год.

Такі заходи дозволяють знизити споживання енергії на 3-5% від загального споживання плавлення.

Як показує практика, потужність теплових втрат через вікна печі в період плавлення становить 450 кВт/м³, а в період рафінації 700 кВт/м³.

Наступним напрямком підвищення енергоефективності виробництва електродугових печей є скорочення часу простою печі. Час простою печі в нормальних умовах визначається часом, необхідним для осушення металу, чищення печі, дрібного ремонту вогнища і стін, завантаження шихти. Час простою печі залежить від ступеня механізації викиду металу і завантаження шихти. У період зарядки в піч електроенергія не підводиться, але накопичене в кладці печі тепло розсіюється кожухом і склепінням, в результаті чого при включенні печі в мережу частина електроенергії йде на обігрів футеровки. Величина втрат на нагрів футеровки після нормальної перерви в роботі печі досягає 15-20%[11].

Крім того, важливим джерелом енергозбереження в електропечах є використання раціональних режимів виплавки. Дотримання чіткої послідовності дій і дотримання необхідного електричного режиму в процесі виплавки дозволяє скоротити споживання електроенергії на 8-15% [12].

Таким чином, на підставі проведеного аналізу отримаємо діаграму, представлену на рисунку 2.5.

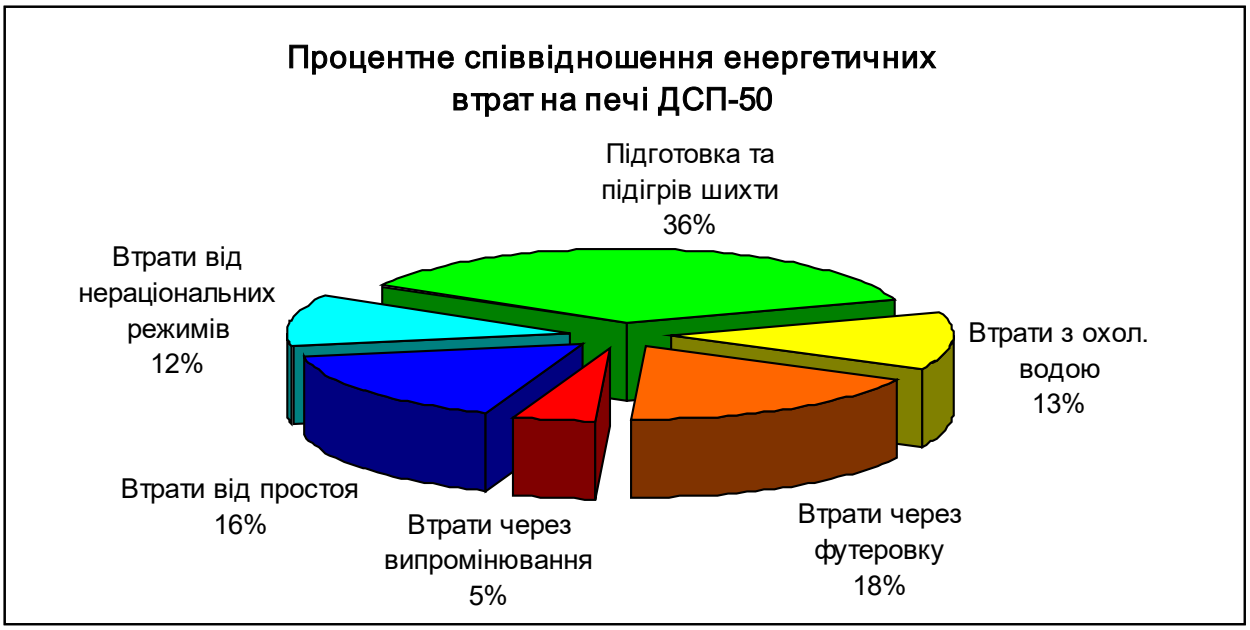


Рисунок 2.5 – Процентне співвідношення енергетичних втрат в електросталеплавильній печі ДСП-50

Виходячи з інформації, представленої на графіку, можна зробити висновок, що тепловтрати печі доцільно використовувати для того, щоб нагріти шихту, що надходить в піч. Таким чином, в дипломній роботі необхідно відзначити пристрій нагріву шихти на поточний технологічний цикл цеху СПЦ-2, розробити технологічну схему обігріву. Також доцільно розглянути види і застосувати теплообмінник для нагріву води, який імовірно може встановлюватися за пристроєм нагріву зарядки. Для компенсації нераціональних режимів роботи обладнання в цеху необхідно використовувати регульований привід потужного електродвигуна димососа печі.

3. РОЗРОБКА РІШЕНЬ, СПРЯМОВАНИХ НА ЗНИЖЕННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ЦЕХУ

3.1. Використання установки попереднього підігріву скрапу та шихти

Електродугові печі з шихтою 50-200 т є основними агрегатами для виробництва високоякісних легованих сталей з металобрухту з додаванням невеликої кількості твердого або рідкого заліза. Розвиток даного виробництва йде в напрямку збільшення шихти печей, збільшення потужності пічних трансформаторів і інтенсифікації процесу плавлення за рахунок використання кисню і палива, а також попереднього підігріву брухту.

Максимальний ККД електростанції (при роботі за циклом Ренкіна без когенераційного відбору пари) становить 40%. При цьому брухт може бути попередньо підігрітий з ефективністю 50...60%. Таким чином, попереднє нагрівання брухту знижує загальні енерговитрати на виплавку сталі в електропечах. Крім того, є ще більш істотна вигода, що виражається в зниженні вартості сталі.

Всі існуючі установки з нагрівання сталевого брухту використовують одне з трьох джерел тепла: стороннє паливо, гази, що виходять з електропечей, а також гарячі злитки і заготовки.— 800...1000°С через підвищену витрату палива. Однак у зв'язку з подорожчанням палива використання цих установок у дисертації не є доцільним.

Приблизний тепловий баланс вузла передпускового підігріву відпрацьованих газів печі наведено в таблиці 3.1.

У перших установках, що застосовувалися для нагрівання метао і заряду, матеріал нагрівався в обертовому мечі, рухаючись назустріч гарячому потоку газів [8]. Цей метод був розроблений фірмою Braun-Boveri (Німеччина) і впроваджений на заводі Industriale Pietro Maria Ceretti (Італія) (рисунку3.1).

Таблиця 3.1 – Тепловий баланс підігріву скрапу та шихти

Прихід теплоти		Відхід теплоти	
Процес	Значення, %	Втрати	Значення , %
Прихід теплоти газів з печі після їх дожигу	100	Втрати з газами, що виходять з підігрівача	50,9
Разом	100	Нагрів шихти	25,5
		Втрати в газоході	19,4
		Втрати на нагрів ємності	4,2
		Разом	100

Матеріал нагрівається в похилій обертовій печі. Рух матеріалу і газів з електропечі протитечійний. Поворотний барабан нахилений на 12,5°, зовнішній діаметр барабана – 2,2 м, внутрішній – 1,8 м, швидкість обертання – 1 об/хв. Недолік методу полягає в тому, що в клітці можна використовувати тільки подрібнений лом від дезінтеграторів.

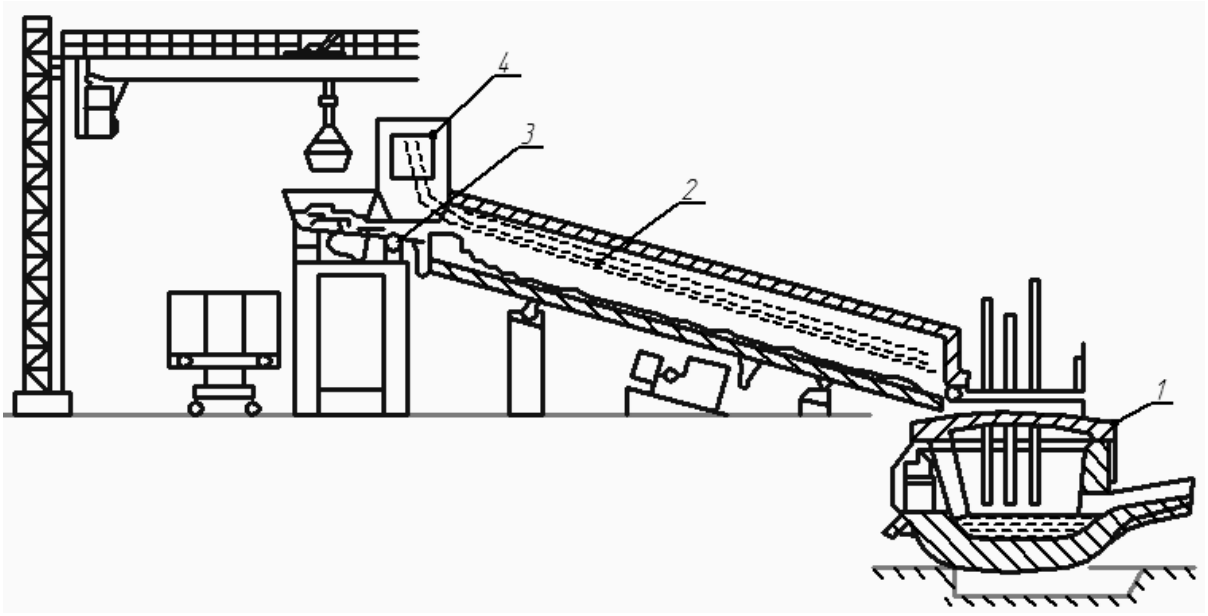


Рисунок 3.1 — Підігрів матеріалу в наклонній обертаючій ся печі:
1 — електропіч: 2 — піч для підігріву лома та шихти; 3 — устройство для завантаження матеріалу; 4 — дымохід.

Ідею опалення брухту димовими газами також реалізувала компанія Icosa в Бразилії. Брухт в агрегатірозташовується в бункерах над піччю [8].

У пічних газових опалювальних установках кінцева температура нагріву матеріалу визначається ентальпією пічних газів і коефіцієнтом використання тепла нагрівального пристрою. Судячи з усього, нагрівати брухт вище 500°С пічними газами не можна. Розроблено безліч варіантів конструкцій брухтових обігрівачів. Одна з них показана на рисунку 3.2. Гази видаляються з печі через четвертий отвір в даху при температурі 1200°С. Допалювання чадного газу, що міститься в цих газах, здійснюється шляхом підсмоктування повітря в отвір газоходу і спалювання СО в зоні за цим отвором. Швидкість потоку припливного повітря вибирають так, щоб температура продуктів згоряння перед надходженням в калорифер становила 800°С. Брухт нагрівається в камері, куди поміщають відро з брухтом. Димові гази в брухтонагрівачі охолоджуються до температури 200...300°С, а брухт нагрівається до 350...400°С. Переміщення димових газів здійснюється за допомогою димососа. Перед викидом в атмосферу димові гази очищаються в фільтрі.

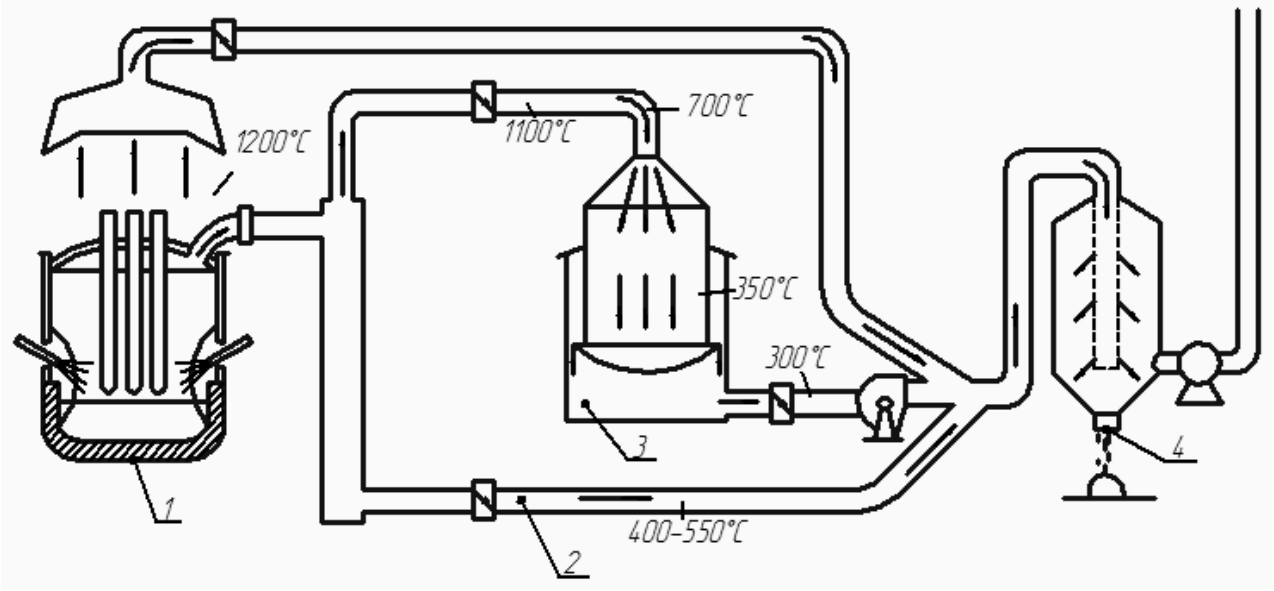


Рисунок 3.2 - Схема підігрівача скрапу

1 – піч; 2 – газохід з регулюючим клапаном; 3 – камера для нагріву лома; 4 – тканевий фільтр.

Конструкція самої камери нагріву показана на рисунку 3.3.

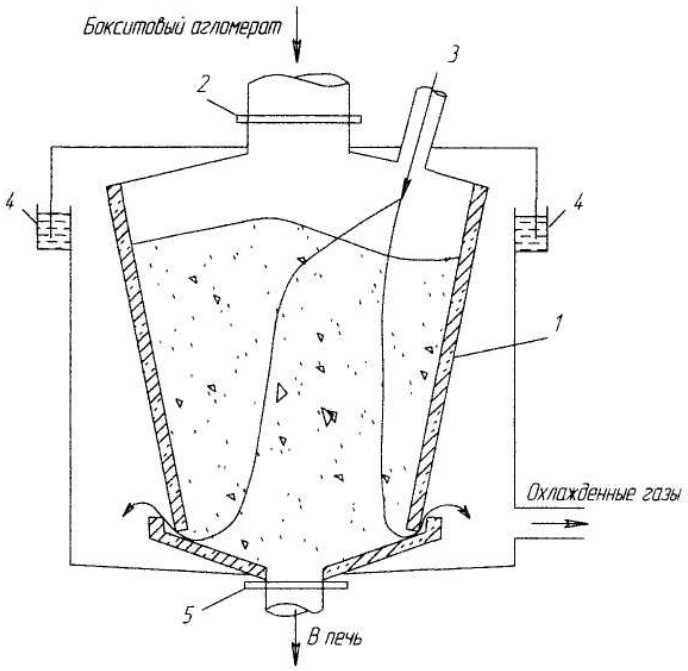


Рисунок 3.3 – Камера для нагріву скрапа.

1 – футерований бункер; 2 – завантажувальний клапан; 3 – газохід для підводу гарячого дутья; 4 – гідрозатвор; 5 – развантажувальний клапан.

Для підвищення ефективності нагріву, як зазначено в роботі [14], рекомендується укладати брухт у відро в певному порядку, вибираючи швидкість нагріву брухту в залежності від його сорту.

Застосування футеровки камери згоряння і газоходів підвищує-температуру відпрацьованих газів на вході в підігрівач з 550...660 до 700...800 °С, що дозволяє знизити споживання електроенергії на 12 кВт·год на 1 т сталі. Металобрухт вагою 20 тонн нагрівають у завантажувальному ковші з порожнистим кожухом. Теплоізоляція камери згоряння і газоходу виконана з вогнетривкого бетону. На заводі в Шибувкава (Японія) встановлений підігрів металобрухту, який відрізняється від аналогів тим, що на два завантажувальних відра використовується одна нагрівальна камера, а газохід для входу газу знімний, пристосований для пересування по візку. Крім того, газоходи, ворота і візки оснащуються апаратурою автоматичного управління. Під час одного запливу реалізуються два цикли попереднього підігріву металобрухту. Під час

першого з них використовується відпрацьований газ періоду плавлення, який характеризується низькою температурою (до 300 °С) і незначним виходом. При цьому попередньо нагрівається близько 10 тонн металобрухту, що становить приблизно 1/3 ваги шихти однієї теплової. Решта20 т брухту від кожного нагрівання нагріваються за рахунок тепла газу з температурою 620...800°С, який видаляється з дугової печі в період окислення. Ефективність попереднього підігріву шихти багато в чому залежить від розмірів шматків металобрухту. Економія електроенергії склала 5 кВт·год на 1 тонну сталі.

Виходячи з вищесказаного, можна зробити висновок про доцільність використання даної технології в технологічному циклі виробництва сталі в цеху НВК No2 ПрАТ «Дніпроспецсталь». Запропоновані рішення за умови мінімального нагріву матеріалу, що подається до температури 350°С, дозволять заощадити близько 8 МВт·год на одну теплову енергію на печі ЕДП-50, або 3-3,5 млн грн з урахуванням цін на поставлену електроенергію станом на 01.2021 р.

3.2 Аналіз доцільності застосування регульованого приводу в двигуні витяжної системи печі ДСП-50

3.2.1 Огляд та аналіз недоліків існуючої схеми роботи витяжної системи печі

В даний час в цеху СПЦNo2 ПрАТ «Дніпроспецсталь» на печах ДСП-50 в вихлопній системі використовуються вентилятори типу ВМ-20А, технічні характеристики яких представлені в таблиці 3.2.

Виходячи з параметрів, представлених в таблиці, можна зробити висновок, що вентилятор є потужним споживачем електричної енергії. Враховуючи, що процес виробництва сталі в електродугових печах циклічний, отже, інтенсивність газовиділення також носить переривчастий характер. У свою чергу, вентилятор витяжної системи печі працює безперервно на номінальній

потужності, споживаючи 800 кВт потужності на годину, незалежно від поточної газовиділення печі. Таким чином, можна зробити висновок про доцільність використання пристрою для частотного регулювання частоти обертання вентилятора на печах ДСП-50 ВАТ «ДСС» з метою зниження енерговитрат на роботу системи димовидалення.

Таблиця 3.2 – Технічні характеристики вентилятору ВМ-20А

Продуктивність	120 тис. м³/годину
Напір	до 14 кПа
Частота обертання	1480 об/хв
Потужність двигуна	800 кВт
Тип двигуна	ДА30-450У-4У1
Напруга мережі живлення	6000 В

Підвищення технологічних вимог до якості виробничих процесів, необхідність впровадження високих технологій обумовлюють стійку тенденцію впровадження регульованих електроприводів в різні галузі промислового і сільськогосподарського виробництва.

Розвиток математичної теорії машин змінного струму, створення вдосконалених силових напівпровідникових приладів і перетворювачів на їх основі, застосування сучасних засобів управління, в тому числі і мікропроцесорних, дозволили створити якісні і надійні системи регульованих асинхронних електроприводів, які стали основним видом регульованого електроприводу. У 2002 році електроприводи змінного струму становили 68% від загального числа проданих на європейському ринку змінних приводів, 15% для електроприводів постійного струму і 17% для механічних і гідравлічних приводів.

Тенденція збільшення частки впроваджених регульованих асинхронних електроприводів об'єктивно збережеться і надалі, так як масовий змінний електропривод може бути реалізований тільки на базі асинхронних двигунів. Це

пов'язано з тим, що в діапазоні потужностей до 100 кВт їх виробляється в 40 - 50 разів більше, ніж двигунів постійного струму.

Широке застосування змінних електроприводів призвело до того, що сучасний електропривод є не тільки енергосиловою основою, що дозволяє забезпечити виробничі механізми необхідною механічною енергією, але і засобом управління технологічними процесами, так як завдання реалізації якості виробничих процесів в даний час в більшості випадків покладаються на системи управління регульованими електроприводами в поєднанні з системами технологічної автоматизації.

У зв'язку з підвищенням цін на енергоресурси, зокрема на електроенергію, та обмеженими можливостями збільшення потужності енергогенеруючих установок особливої актуальності набуває проблема енергозбереження, у тому числі зменшення споживання електроенергії.

Основні втрати (до 90%) припадають на сферу енергоспоживання, в якій повинні бути зосереджені основні зусилля по економії енергії. Оскільки електроприводи споживають до 70% виробленої електроенергії, то найбільш значної економії енергії можна досягти за рахунок використання регульованих електроприводів для управління технологічними процесами, які в поєднанні з можливимиСистема автоматизації може забезпечити оптимальне використання електроенергії та інших ресурсів.

Застосування нерегульованого за швидкістю електроприводу вентилятора системи димовидалення має ряд недоліків:

- Тривалий час пуску за рахунок високого моменту інерції вентилятора і електроприводу асинхронного двигуна;

- значні і тривалі пускові струми і потужність електродвигуна, що негативно впливають на асинхронний електродвигун і систему електропостачання;

- підвищене і тривале споживання активної і реактивної енергії в мережі;

- великі динамічні моменти асинхронних електродвигунів під час пуску, що негативно впливають на електродвигун і механічну частину, особливо при

обертанні лопатей вентилятора проти повітряних потоків, що виникають в системі димовидалення;

- великі втрати електроенергії і нагріву електроприводу асинхронного двигуна.

Порівняльна характеристика споживання електроенергії вентилятором при використанні дросельного (механічного) регулювання інтенсивності димососа з регулюванням витрати 60% представлена на рисунку3.4.

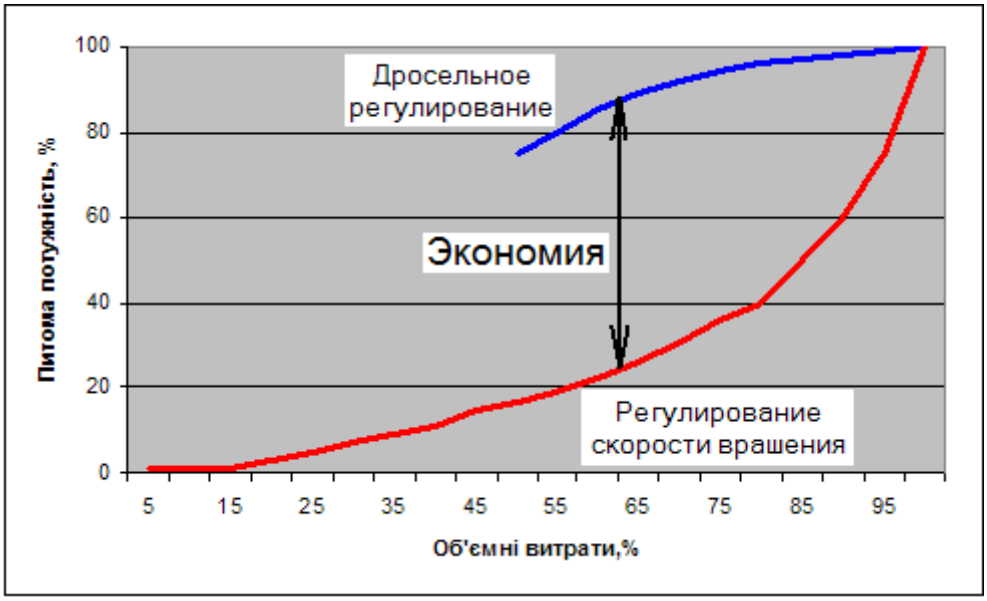


Рисунок 3.4. – Порівняння поміж дросельним керуванням та регулюванням швидкості обертів з 60% об’ємними витратами.

3.2.2 Основні шляхи підвищення енергетичної ефективності асинхронних електроприводів

В даний час основним типом електроприводу зі змінною швидкістю є частотно-регульований асинхронний електропривод - система "напівпровідниковий перетворювач частоти - асинхронний двигун" (ППП-АД). Однак поряд з цим електроприводом в ряді випадків для вирішення певних виробничих завдань і економії енергії використовується система «тиристорний

перетворювач напруги - асинхронний двигун» (ТПН-АД), що забезпечує регулювання напруги першого гармоніки напруги, що подається на стататор.

Також в експлуатації знаходяться електроприводи на основі асинхронних двигунів з фазним ротором, що регулюються зміною додаткових опорів в ланцюгах ротора, так звані реостатні системи управління - "пристрій управління реостатом - асинхронний двигун з фазним ротором" (URR - ADFR). Особливо багато таких електроприводів входять до складу підйомно-транспортних механізмів.

Беручи до уваги перераховані вище методи і системи управління асинхронними електроприводами, можна намітити наступні напрямки зниження енергоспоживання АД.

Перший напрямок пов'язаний зі зниженням втрат в електроприводі при виконанні ним заданих технологічних операцій за заданими тахограмами, і при певному режимі занурення. Це електроприводи, що працюють в режимах пуск-гальмо (крани, елеватори, головні приводи слябінгу і блюмінгу, допоміжні позиційні механізми прокатних станів і т. Д.) Або тривалих режимах з повільно змінюється навантаженням (насоси, вентилятори, компресори, конвеєри і т. Д.). У таких електроприводах за рахунок зниження втрат електроприводу в сталому і перехідному режимах можлива значна економія енергії.

Другий напрямок пов'язаний зі зміною технологічного процесу в основі переходу до більш досконалим методам регулювання електроприводу і параметрів цього технологічного процесу. При цьому знижується енергоспоживання електроприводу. Як приклад можна навести електроприводи турбомашин (вентилятори, турбокомпресори), поршневі компресори, конвеєри, системи регулювання паливно-повітряного співвідношення та ін.

Обидва ці напрямки характеризуються тим, що знижують споживання енергії в електроприводі: в першому випадку за рахунок зниження втрат енергії, у другому - за рахунок використання менш енерговитратного управління процесом з боку електроприводу.

Можна назвати і третій напрямок, який забезпечує впровадження енергозберігаючих технологій. Відомо, що існує ряд технологічних процесів, де електропривод відносно невеликої потужності управляє потоком енергії, потужність якої в десятки і сотні разів перевищує потужність електроприводу. До таких об'єктів належать електродугові печі постійного та змінного струму, вакуумно-дугові печі, печі відновлення руди, установки індукційного нагріву тощо. Очевидно, що ефективне використання таких значних обсягів енергії багато в чому залежить від досконалості електроприводу, його швидкості і точності, ступеня автоматизації процесу. Цей напрямок не пов'язаний зі зменшенням потоку енергії через електропривод, частіше енергоспоживання електроприводу навіть зростає. Проте, оскільки ця сфера пов'язана зі значною економією електроенергії, розглянемо її на прикладі електродугової печі.

Сформулюємо способи енергозбереження в асинхронному електроприводі.

В рамках першого напрямку для зниження втрат енергії в асинхронному електроприводі можуть бути використані такі способи:

1. Обґрунтований вибір потужності встановленого двигуна, що відповідає реальним потребам керованого механізму. Це завдання обумовлено тим, що коефіцієнт навантаження багатьох двигунів становить 50% і менше, що говорить або про низьку кваліфікацію розробників, або про недосконаліть методу, який використовується для розрахунку потужності електроенергетикиВода. Очевидно, що двигун з малою потужністю швидко виходить з ладу через перегрів, а двигун з великим запасом потужності перетворює енергію неефективно, тобто з великими питомими втратами в самому двигуні через низький ККД і в живильній мережі через низький коефіцієнт потужності. Тому першим шляхом є вдосконалення методів підбору потужності двигуна і перевірки її нагріванням, а також підвищення кваліфікації розробників, конструкторів і обслуговуючого персоналу.

2. Перехід на більш економічні двигуни, в яких за рахунок збільшення маси активних матеріалів (заліза і міді), використання більш досконалих матеріалів і

технологій збільшені номінальні значення ККД і коефіцієнта потужності. Таким чином, незважаючи на дорожнечу таких двигунів, стає очевидним, якщо врахувати, що, за оцінками західноєвропейських експертів, вартість електроенергії, що споживається щорічно середньостатистичним двигуном, в 5 разів перевищує його вартість. За термін служби двигуна, який становить десятки років, економія електроенергії значно перевищить капітальні витрати на таку модернізацію. Як зазначалося раніше, цей шлях ще не отримав належного визнання у вітчизняній практиці.

3. Перехід на більш досконалу з енергетичної точки зору систему електроприводу. Втрати енергії в перехідних режимах помітно змінюються при використанні реостатних керуючих, систем TPN-AD і PPC-AD з мінімальними втратами при використанні електроприводів змінної частоти. Тому в рамках кожної з цих систем існують Більше або менш вдалі варіанти з точки зору енергетики та технологій. Завдання дизайнера полягає в грамотному і всебічно обґрунтованому виборі конкретного технічного рішення.

4. Використання спеціальних технічних засобів для мінімізації втрат енергії в електроприводі. Оскільки значна частина асинхронних електроприводів працює в умовах повільно змінюється навантаження (електроприводи турбомеханізмів, конвеєрів тощо), то відхилення навантаження електроприводу від номінальної погіршує енергетичні показники електроприводу. В даний час до таких засобів відносяться пристрої для регулювання напруги на двигуні відповідно до рівня його навантаження.

5. Удосконалення алгоритмів управління електроприводом в системах TPN-AD і PPC-AD на основі енергетичних критеріїв оцінки його якості, тобто вдосконалення відомих рішень, розробка ефективних технічних засобів для їх впровадження і пошук нових оптимальних в енергетичному сенсі рішень.

У другому напрямку зниження енергоспоживання принципово важливо перейти від нерегульованого електроприводу до керованого і підвищити рівень автоматизації за рахунок включення в контур управління ряду параметрів процесу (тиску, витрати, температури і т. Д.). Оскільки ця область пов'язана зі

зниженням енерговитрат електроприводу за рахунок зміни технологічного процесу, то з'являється можливість регулювати раніше не регламентовані технологічні параметри або змінювати спосіб їх регулювання.

Третій напрямок зниження енергоспоживання характеризується вдосконаленням системи електроприводу в поєднанні з автоматизацією технологічного процесу і правильним підбором електроприводу відповідної якості управління з існуючих або розробкою нових, більш досконалих систем.

Слід зазначити, що в ході реалізації конкретних проектів, як правило, виявляється не один, а кілька можливих шляхів енергозбереження, тому для отримання максимального ефекту необхідний комплексний підхід до вирішення проблеми енергозбереження в електроприводі.

Вентилятори займають друге місце за поширеністю в промисловості після насосів. Більшість з них є санітарними вентиляторами, які кондиціонують повітря у виробничих та інших приміщеннях. Потужні вентилятори використовуються для підвищення інтенсивності охолодження води в градирнях хімічних і металургійних заводів. Вони мають низьку частоту обертання крильчатки, зазвичай не більше 600 об / хв.

Обмеження допустимої частоти обертання кінців лопатей крильчатки змушує зумовлювати необхідність зниження її номінальної частоти обертання зі збільшенням діаметра колеса. Вентилятори мають високий момент інерції, іноді на порядок або більше моменту інерції приводного двигуна, що ускладнює їх запуск, а в деяких випадках вимагає застосування електричного гальмування для швидкої зупинки крильчатки.

Вентилятори, на відміну від інших турбомеханізмів, завжди працюють на мережу без протитиску, внаслідок чого залежність моменту статичного опору на валу приводного двигуна від частоти обертання є квадратичною, а потужність, що подається на вентилятор без урахування втрат на тертя в підшипниках, пропорційна кубу швидкості.

Вентилятори поділяються на відцентрові та осьові. Відцентрові вентилятори мають схожі характеристики з відцентровими насосами. З

аеродинамічних способів управління відцентровими вентиляторами широко використовується обертання лопатей направляючої лопаті. Регулюючий ефект досягається за рахунок зменшення перетину вхідного каналу і скручування потоку на вході в робоче колесо.

Аеродинамічні характеристики димососа типу ВМ-20А при регулюванні кута $\Theta_{н.а}$ повороту лопатей направляючої лопаті і $n_{ном}$ = 1000 об / хв показані на рисунку3.5.

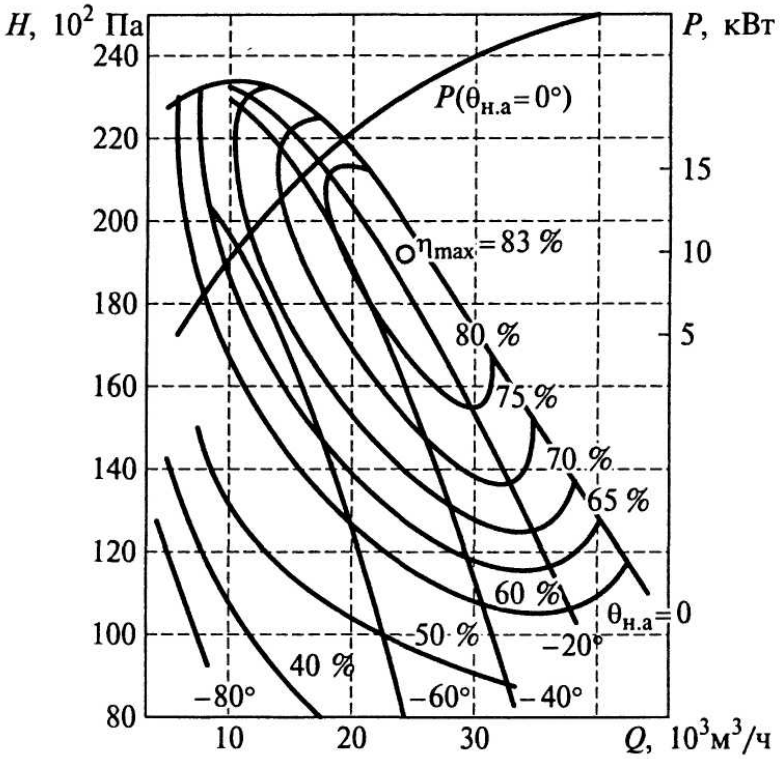


Рисунок 3.5. – Аеродинамічні характеристики димососу типу ВМ-20А при регулюванні направляючим апаратом при $n_{ном}$ = 1000 об/хв

Очевидно, що при такому регулюванні подачі ефективність роботи вентилятора буде істотно встановлена. Обертання направляючих лопаток може здійснюватися як вручну в міру необхідності, так і швидко за допомогою виконавчого двигуна. Однак на практиці пристрої для зміни кута установки направляючої лопатки в системах автоматичного управління використовуються рідко через складність експлуатації і низьку надійність.

Ще менш економічним способом регулювання продуктивності вентиляторів є регулювання перетину вихідного каналу вентилятора за допомогою золотника, аналогічно дросельному регулюванню насосів. При цьому відбувається не зміна характеристик вентилятора, як в попередньому випадку, а зміна характеристики магістралі, як це відбувається в насосних агрегатах.

Якщо подача вентилятора регулюється зміною швидкості, то характеристика мережі відповідає формулі (3.1) з $HC = 0$, т. Е. $H = RQ^2$, а ефективність вентилятора у всьому діапазоні регулювання залишається постійною. Потужність, що споживається двигуном вентилятора з мережі (без урахування ККД вентилятора), може бути оцінена за виразами, отриманими з (3.1) і (3.2). Отже, при регулюванні за допомогою засувки:

$$P_{1*} = \frac{1 + aS_{ном}}{1 - S_{ном}} Q* \qquad (3.1)$$

і з регулюванням частоти

$$P_{1*} = Q* + \frac{(1 + a)S_{ном}}{1 - S_{ном}} Q* \qquad (3.2)$$

Залежності споживаної потужності, побудовані за формулами (3.1) і (3.2), показані на рисунку3.6. Пунктирною лінією показані графіки потужності двигуна з урахуванням ККД вентилятора. РисункуЗ малюнка 3.6 видно, що споживана потужність в частотно-регульованому приводі вентилятора значно нижче, ніж при регулюванні затвором практично при будь-якій витраті Q, крім точки номінального режиму.

Вентилятори осьового потоку мають характеристики, наведені на рисунку3.7, які відрізняються за формою від характеристик відцентрових машин. Відмінність полягає в тому, що ліва сторона осьового вентилятора має провали і

є нестабільною, через що його робота можлива тільки в зоні нижче граничної головки. Права (робоча) частина характеристик осьових машин круто падає.

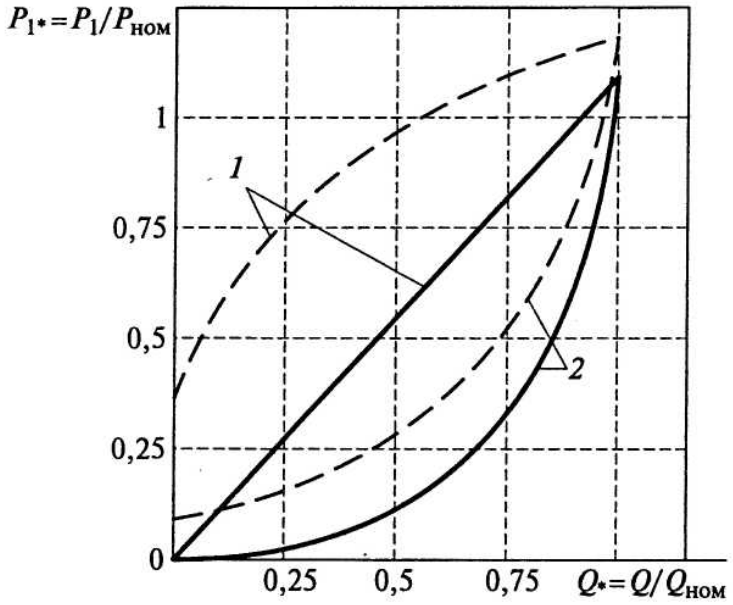


Рисунок 3.6. – Залежності зміни потужності, що вживається з мережі електроприводом вентилятора, при регулюванні шибером (1) та частотному регулюванні (2).

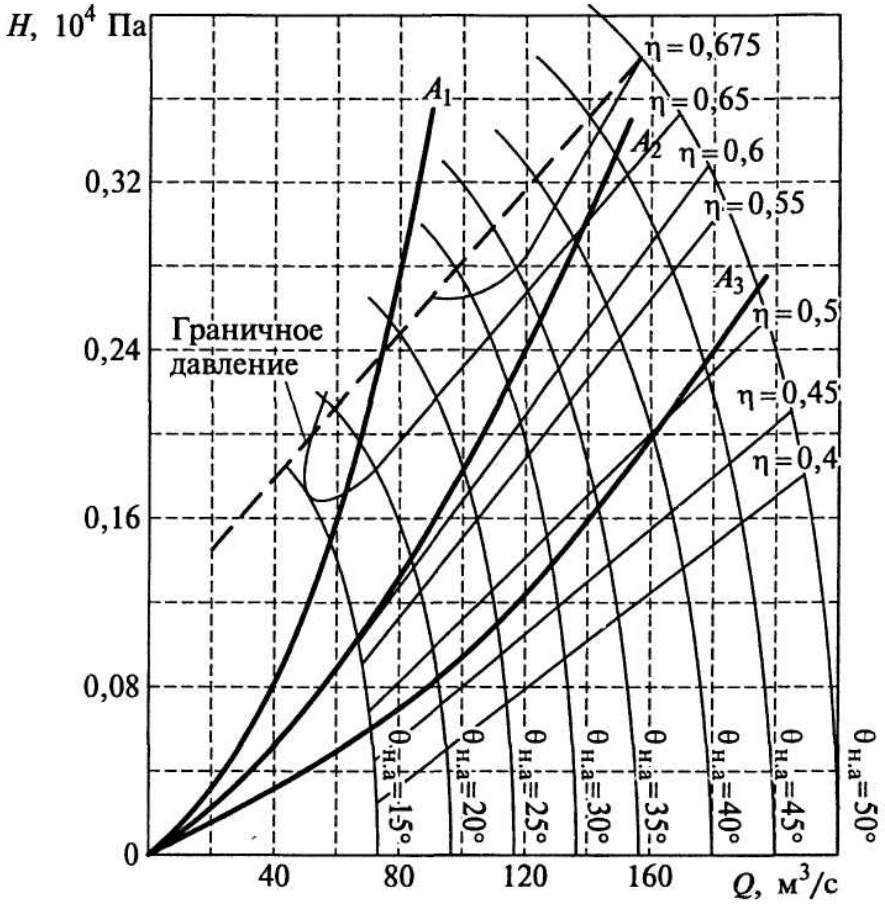


Рисунок 3.7. – Експлуатаційні характеристики вентилятора ВМ – 20А.

Подача осьових вентиляторів регулюється зміною кута установки лопаток робочого колеса. Зазвичай обертання лопатей відбувається при зупинці вентилятора, що займає відносно тривалий період часу. Такий спосіб регулювання виявляється практично непридатним для систем автоматичного управління. Розроблені конструкції для обертання лопатей на ходу істотно ускладнюють конструкцію вентилятора і знижують його надійність.

Криві однакового ККД осьового вентилятора (див. Рисунку3.7) при регулюванні поворотом лопатей перпендикулярні характеристикам $H = f(Q)$, а при зменшенні напору ККД помітно знижується, тоді як у відцентрових машинах криві однакового ККД при регулюванні направляючою лопаткою паралельні характеристикам $H = f(Q)$.

Регулювання продуктивності осьового вентилятора шляхом зміни частоти обертання двигуна пов'язане з певними труднощами, яких немає у відцентрових машинах. Якщо кут повороту лопатей виставлений, наприклад, на $= \Theta_{н.а}$ 47°, то робота в мережі з такою характеристикою, як *ОА1* (див. рисунку3.7), тобто при будь-якому характерному проходженні зліва *від ОА2,* буде неможливою, так як вентилятор потрапляє в зону нестабільної роботи.

Робота від мережі з характеристикою, що лежить праворуч від ОА2, наприклад, *ОА3*, неекономічна, так як, незважаючи на регулювання швидкості, ККД вентилятора не перевищить 0,5. Тому зона раціональної роботи осьового вентилятора тільки з регулюванням частоти обертання досить вузька і в ряді випадків потрібне комбіноване регулювання: періодична при значній зміні характеристик мережі поворотом лопатей з одночасною зміною частоти обертання і безперервна в невеликому діапазоні Змінюється тільки швидкість. З огляду на вищесказане, до регулювання осьових вентиляторів слід підходити більш ретельно, ніж до регулювання відцентрових вентиляторів, проводячи попередній аналіз можливих режимів роботи.

Особливе значення для ряду вентиляторів має використання змінного електроприводу, так як за деякими даними заявлено, що ККД вентиляторів з регульованим електроприводом повинен бути вище, ніж з нерегульованим, в середньому на 12% [1]. Крім підвищення ККД, застосування змінного приводу вентилятора дозволяє в ряді випадків спростити конструкцію турбомашин, виключивши направляючу лопатку, а також забезпечити одночасну роботу двох і більше вентиляторів.

У наш час тенденція переходу на привід зі змінною швидкістю для вентиляторів стала більш очевидною.

Вентилятори являють собою механізми з режимом тривалого навантаження з великою тривалістю роботи протягом року; Навантаження на вал приводного двигуна спокійне, перевантажень немає. Вентилятори мають високий момент інерції, що необхідно враховувати при розрахунку пускових характеристик електроприводів.

Запуск вентилятора може здійснюватися як при розвантаженні машини, тобто при закритті направляючої лопатки, так і при повному відкритті направляючої лопатки. У першому випадку максимальний крутний момент при запуску двигуна вентилятора становить приблизно 0,4 номінального, у другому - номінального. При пуску потужних вентиляторів з великим діаметром робочого колеса зазвичай необхідно обмежити прискорення пуску, щоб уникнути надмірних динамічних напружень в лопатках робочого колеса.

Перерахованим вимогам найбільш повно відповідає частотно-регульований асинхронний електропривод вентилятора. При цьому, як правило, є можливість обмежитися використанням простих і недорогих систем регулювання частоти.

3.2.3. Вибір частотного перетворювача швидкості обертання вентилятора

Перетворювачі частоти призначені для управління насосними і вентиляторними навантаженнями з квадратичними характеристиками, а також для інших застосувань, що не вимагають високодинамічної роботи.

Ринок частотних перетворювачів в даний час представлений великою різноманітністю моделей від таких виробників, як ABB, Schneider Electric, Siemens, Aparator Control і багатьох інших. У дипломній роботі пропонується використовувати частотні перетворювачі серії FDU виробництва шведської компанії Emotron для регулювання частоти обертання вентилятора димососа електродугової печі ДСП-50 АТ «СПД», що обумовлено хорошим співвідношенням ціна/якість та позитивними відгуками на форумах про перетворювачі цієї компанії.

Перетворювачі ФДУ нового покоління охоплюють діапазон потужностей від 0,75 кВт до 1,6 МВт і доступні в різних класах напруги: 3х380 В, 3х500 В і 3х690 В. Перетворювачі частоти потужністю до 132 кВт в базовій комплектації мають міцний металевий корпус зі ступенем захисту IP54, що захищає від механічних впливів, пилу, бризок води і дозволяє монтувати перетворювач поблизу електродвигунів, що знаходяться в роботі (у більшості електродвигунів вони однакові ступінь захисту).

Як і попередня серія, FDU 2.0 (рисунку3.8) розроблена спеціально для насосів і вентиляторів і є одним з найбільш технічно досконалих перетворювачів частоти сучасності.



Рисунок 3.8. – Перетворювачі частоти серії FDU

Основні характеристики перетворювача частоти FDU перераховані нижче.

- Частотні перетворювачі забезпечують повний електронний захист перетворювача і двигуна від перевантаження по струму, перегріву, витоку грунту і обриву фаз.

- Перетворювач дозволяє контролювати і виводити на цифровий дисплей основні параметри системи: задану швидкість, вихідну частоту, струм і напругу двигуна, вихідну потужність і крутний момент, стан цифрових входів, загальний час роботи перетворювача і т.д.

- Частотний перетворювач може управлятися як з вбудованої цифрової панелі, так і за допомогою зовнішніх сигналів. У другому випадку швидкість обертання задається аналоговим сигналом 0-10В або 4-20мА, а команди на пуск, зупинку і зміну режимів подаються дискретними сигналами. Вивести параметри системи у вигляді графіків можна на виносну графічну панель (рисунку3.9).



Рисунок 3.9. – Панель керування частотним перетворювачем

- Є можливість керувати перетворювачем через послідовний інтерфейс (RS-232, RS-422 або RS-485) або із зовнішнього ПЛК (Siemens, Omron, Telemecanique, Allen Bredley і т.д.) за допомогою спеціального протоколу (Profibus, DeviceNet, ModBus і т.д.).

Перетворювач дозволяє економити на непродуктивних витратах на енергію, крім того, він має функцію енергозбереження. Ця функція дозволяє заощадити додаткові 5 до 50% енергії, виконуючи ту саму роботу, підтримуючи оптимальну ефективність двигуна.

У режимі енергозбереження перетворювач автоматично контролює споживання струму, розраховує навантаження, знижує вихідну напругу. Таким чином, зменшуються втрати на обмотках двигуна, а також підвищується його ККД.

ПІД-контролер

Перетворювачі мають вбудований контролер процесу (ПІД-регулятор). Для роботи в цьому режимі необхідний датчик зворотного зв'язку. Перетворювач змінює частоту обертання двигуна таким чином, щоб підтримувати певний параметр системи (рівень, тиск, витрата, температура і т.д.) на заданому рівні.

Профілактика резонансу

Іноді резонанс виникає при роботі на певних частотах в механічній системі. При цьому перетворювач може обходити резонансну частоту.

Запобігання перекиданню ротора

Функція запобігання перекидання ротора працює в трьох режимах - при розгоні, при гальмуванні і під час роботи. При розгоні, якщо розгін занадто високий і потужності недостатньо, перетворювач автоматично продовжує час розгону. При гальмуванні функція працює аналогічно. У разі перевантаження ця функція дозволяє продовжити роботу на більш низьких обертах замість аварійної зупинки.

Визначення швидкості

Іноді виникають ситуації, при яких перетворювач запускається при обертовому навантаженні. Щоб запобігти перекиданню, в даному випадку використовується функція пошуку швидкості. При його використанні перетворювач визначає швидкість обертання навантаження під час пуску і запускає регулювання не з нуля, а з цієї швидкості.

Частотні перетворювачі забезпечують:

- Зміна частоти обертання електродвигуна в широкому діапазоні (від нуля до номінальної) при збереженні необхідного крутного моменту на валу;

- Оптимальне регулювання заданих технологічних параметрів (швидкість, тиск, витрата, рівень і т.д.);

- Плавний пуск і зупинка електродвигуна;

- задній хід і зміна швидкості;

- підвищений пусковий момент;

- Термічний, струмовий захист двигуна, а також захист від перенапруги і коротких замикань;

- Високий ККД на будь-якій вихідній частоті. Зниження споживання реактивної потужності з мережі, що, відповідно, зменшує втрати електроенергії при передачі та перетворенні;

- параметризація (підстроювання) перетворювача під конкретну задачу за допомогою багатофункціонального цифрового дисплея або спеціалізованого програмного забезпечення;

- Збір інформації, що надходить від цифрових і аналогових датчиків (практично необмежена кількість датчиків), з можливістю побудови досить складних розподілених систем управління без використання зовнішніх ПЛК;

- Локальне і віддалене управління;

- Близько 500 програмованих параметрів;

- Можливість інтерфейсу з ПК та ПЛК;

- зниження пускових струмів, що продовжує термін служби електродвигунів;

- перемикання комутаційних апаратів в силових ланцюгах в момент відсутності робочої напруги, що збільшує їх ресурс;

- оптимізація перехідних режимів і зниження середньої швидкості обертання, підвищення надійності роботи технологічного обладнання (в більш сприятливих умовах сальникові ущільнення насосів, ремінних передач тягодуттєвих машин і т.д.);

- дозволяє підвищити надійність системи управління асинхронними двигунами і знизити її масогабаритні показники в порівнянні з керуючими контактно-релейними схемами.

Враховуючи, що в системі вихлопної системи електродугової печі використовується вентилятор ВМ-20А потужністю 800 кВт, для управління таким вентилятором необхідно використовувати перетворювач ФДУ 2.0 НГД 48-1500-20СЕБ з гальмівним блоком. Вартість зазначеної моделі перетворювача становить 41 822,00 у.о., ступінь захисту – IP 20.



Рисунок 3.10. – Комплект для керування димососом

Як видно з рисунку3.10 У комплект управління димососом входить датчик вакууму, в якості такого датчика ми використовуємо прилад МТ-100Р від харківського виробника ТОВ «Промприлад». Середня вартість цього пристрою становить 1270 грн.

Враховуючи, що впровадження пристрою частотного регулювання в систему димососа пічки дозволяє знизити споживання електроенергії в діапазоні 20-25%, то на підставі тарифу на електроенергію (станом на 1.02.2021 р.), який становить 0,47 грн/кВт·год, використання перетворювача дозволить заощадити до 1,38 млн кВт або 650 тисяч гривень на рік на одній плиті ДСП-50.

4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ НАГРІВАЧА ШИХТИ І ПРИСТРОЮ РЕГУЛЮВАННЯ ЧАСТОТИ НА ПЕЧІ ДСП-50 ПРАТ «ДНІПРОСПЕЦСТАЛЬ»

У дипломній роботі, з метою підвищення енергоефективності виплавки сталі в цеху No2 ПрАТ «Дніпроспецсталь», було запропоновано використовувати утилізатор тепла відпрацьованих газів, а також пристрій для частотного регулювання частоти обертання вентилятора печі димососа. У цеху встановлено п'ять печей ДСП-50 і один піч-ківш потужністю 20 МВт кожна, в витяжній системі кожної печі встановлені вентилятори ВМ-20А номінальною потужністю 800 кВт.

Виробництво сталі в електродугових печах є однією з найбільш енергоємних галузей. Особливістю даного виробництва є робота технологічних агрегатів при дуже високих температурах, розплав металу нагрівається до температури 1800-1900°С. У свою чергу, розглянутий сталеплавильний процес характеризується значними втратами тепла в навколишнє середовище з відходами технологічних газів.

Таким чином, виходячи з вищевикладеного, в дипломній роботі пропонується використовувати розроблений утилізаційний блок для нагріву брухту і шихти.

Другим енергозберігаючим заходом, призначеним для зниження енерговитрат сталеплавильного виробництва в умовах заводу СППР, є застосування частотного регулятора частоти обертання вентилятора вихлопної системи печі. Застосування даного пристрою обумовлено циклічністю процесу і нерівномірністю газовиділення останнього, що виключає необхідність постійної роботи вентилятора печі на номінальній потужності.

Витрати на впровадження підігрівача заряду на металобрухт і перетворювача швидкості обертання вентилятора розраховуються згідно з кошторисом витрат. Ці витрати визначаються з урахуванням покупки частотного

перетворювача, вакуумного датчика, монтажної шафи, з'єднувальних кабелів. Витрати на придбання обладнання, металопрофілю, труб і листового металу, теплоізоляційних матеріалів для створення утеплювача, зварювального обладнання, витрати на демонтаж старого і монтаж нового, а також витрати на перепідготовку кадрів наведені в таблицях 4.1, 4.2.

Капітальні витрати, що використовуються в розрахунку для визначення порівняльної економічної ефективності запропонованого варіанту системи з базовим, визначаються методом прямого розрахунку окремих елементів інвестицій за формулою, грн:

$$K_H = K_O + K_{ЗД} + K_У + K_Т, \qquad (4.1)$$

де: K_O - капітальні вкладення в обладнання, необхідне за запропонованим варіантом, грн;

$K_{ЗД}$ - також у будівлях, грн;

$K_У$ - також в конструкціях і приладах, грн;

$K_Т$ - також на запаси паливно-матеріальних цінностей, грн.

У свою чергу, капітальні вкладення в обладнання K_O складаються з:

$$K_O = K_{ТО} + K_{ПТ} + K_{КиУ}, \qquad (4.2)$$

Де: $K_{ТО}$ - капітальні вкладення в теплотехнічне обладнання, грн;

$K_{ПТ}$ - також у вантажопідйомному та транспортному обладнанні, грн;

$K_{КиУ}$ - також у засобах контролю та управління, грн.

Капітальні витрати на підйомно-транспортне обладнання ($K_{ПТ}$), можуть бути взяті в розмірі 10-15% від вартості капітальних витрат на засоби контролю і управління.

$$K_{ПТ} = (0{,}1 - 0{,}15)K_{КиУ}, \quad (4.3)$$

$$K_{ПТ} = 0{,}1 \cdot 269288 = 26929 \text{ грн.}$$

Таблиця 4.1 – Капітальні витрати в теплотехнічне обладнання

1. Найменування обладнання та матеріалів	Тип	Кількість	Вартість, грн.
Металевий профіль	кут, 70 мм	120, м	52 760
Металева труба	діаметр, 500 мм	320, м	125 150
	діаметр, 200 мм	150, м	72 766
Листовий метал	Вага, 10 мм	260, м²	180 230
Теплоізоляція	Скловата	140, м²	52 050
Зварювальне обладнання	Електроди		18 250
2. Проектно-монтажні роботи			
Демонтаж старого та монтаж нового обладнання			112 000
Пуско-налагоджувальні роботи			22 500
Підсумок			635 706

Так, з наведеної таблиці 4.2 вбачається, що капітальні витрати на об'єкти моніторингу та управління ($K_{КиУ}$) становлять 26 929 грн. Розрахуємо капітальні витрати в обладнання для проекту:

$$K_0 = K_{ТО} + K_{ПТ} + K_{КиУ}, \quad (4.4)$$

$$K_О = 635706 + 269288{,}2 + 26929 = 921923{,}2 \text{ грн.}$$

Розраховуючи порівняльну економічну ефективність проектованих варіантів, обмежимося визначенням інвестицій в ті види обладнання, які змінюються з впровадженням нового технічного рішення. Виходячи з цього,

капітальні витрати ($K_н$) будуть складатися з капітальних витрат на обладнання ($K_о$).

$$K_н = K_о = 921923.2 \text{ грн.}$$

Таблиця 4.2 – Капітальні витрати в засоби контролю та керуваня

1. Найменування засобів контролю та керування	Тип пристрою	Кількість, шт.	Вартість, грн.
Перетворювач частоти FDU “Emotron”	FDU 2.0 NGD48	1	213 292,2
Датчик розрідження	МТ-100Р	1	1 270
Монтажний шкаф	ШМР19-60	1	2 766
З’єднувальні провода		50	3460
2. Проектно-монтажні роботи			
Демонтаж старого та монтаж нового обладнання			45 000
Пуско-налагоджувальні роботи			3 500
Підсумок			269 288,2

Щоб визначити річний економічний ефект і заощадити на поточних витратах, необхідно знати статті витрат на перерозподіл в цеху за варіантами виробництва, які порівнюються:

Витрати на переробку можна представити у вигляді наступної формули, грн/рік:

$$З_{ПЕРЕД} = З_{В} + З_{Э} + З_{СЖ.В} + З_{переобуч} + ФОТ + ЗП_{нач} + З_{Р.С} + З_{А} + З_{пр.затр}, \qquad (4.5)$$

де $З_В$ – вартість води (за даними енергоаудиту цеху НВФ No2 АТ «СППР», водоспоживання у 2021 році склало 108000 м³.);

$$З_в = Р_в^{год} \cdot Ц_в = 108 \cdot 600 = 64800, \text{ грн.;}$$

де: $Ц_в$ - ціна води (дані міських теплових мереж) 1000 м³ - 600 грн.

$З_э$ - витрати на електроенергію (за даними енергоаудиту цеху СПЦ-2 ВАТ «ДСС» витрати на електроенергію у 2021 році склали 70 910 МВт·год від однієї плити ДСП-50);

$$З_э = Р_э^{год} \cdot Ц_э = 70910000 \cdot 0{,}47 = 33327000, \text{ грн.;}$$

де: $Ц_э$ - ціна електроенергії (дані ВАТ "СППР") 0,47 грн/кВт·грн.

$З_{СЖ.В}$ - Витрати стисненого повітря та кисню на технологічні цілі (за даними енергоаудиту цеху СПЦ-2 ВАТ «ДСС» споживання стисненого повітря та кисню у 2021 році склало 240 тис. м³ та 248 тис. м³ відповідно);

$$З_{СЖ.ВиК} = Р_{СЖ.В}^{год} \cdot Ц_{СЖ.В} + Р_К^{год} \cdot Ц_К = 240 \cdot 37{,}46 + 248 \cdot 314{,}83 = 87068{,}24, \text{ грн.;}$$

де: $Ц_{СЖ.В}$ - ціна за стиснене повітря (дані по ВАТ "СППР") 1000 м³ - 37,46 грн.

$Ц_К$ - ціна кисню (дані по АТ "СППР") 1000 м³ - 314,83 грн.

Фонд оплати праці залишився без змін, для обслуговуючого персоналу печі у складі 5 осіб (1 головний плавильник, 3 підсобні працівники, 2 слюсарі), та відповідно до колективного договору ВАТ «ДСС» від 12.03.2020 р., яким передбачено погодинні ставки роботи, становить 439 300,56 грн/рік;

$ЗП_{нач}$ - сума нарахувань до фонду оплати праці (39,35%);

$З_{Р.С}$ - витрати на поточний ремонт основних засобів;

$З_А$ - амортизаційні відрахування виробничих фондів;

$З_{пр.затр}$ - інші витрати на майстерню.

Для розрахунку витрат на щорічні амортизаційні відрахування ми використовуємо прямолінійний метод розрахунку, згідно з яким амортизаційні

відрахування на засоби контролю та автоматизації розраховуються за формулою, грн/рік:

$$З_А = К_{КиУ} \frac{Н_а}{100}, \quad (4.6)$$

де $Н_а$ – норма амортизаційних відрахувань на засоби контролю та автоматизації, яка відповідно до Закону України «Про податок на прибуток» від 24.12.02 No 349 -1У становить 40%.

$$З_А = 269288 \frac{40}{100} = 107715 \text{ грн/рік}$$

Витрати на поточний ремонт визначаються у відсотках (10-20%) від суми амортизації. Їх можна розрахувати за формулою:

$$З_{Т.Р.} = (0{,}1 - 0{,}2) З_А = 0{,}15 \cdot 107715 = 16157{,}3 \text{ грн/рік.}$$

Інші витрати майстерні розраховуються за формулою:

$$З_{пр.затр} = (0{,}2 - 0{,}3)(ЗП + З_А + З_{Т.Р}); \quad (4.7)$$

$$З_{пр.затр} = 0{,}25 \cdot (172864{,}8 + 107715 + 16157{,}3) = 296737{,}1 \text{ грн/рік.}$$

Таким чином, витрати на цех $З_{ПЕРЕД}$ складуть 83 847 401,9 грн/рік. Витрати річного обсягу виробництва зведені в таблицю 4.3.

Річний економічний ефект від впровадження можна визначити за формулою:

$$Э_Г = (C_x^1 - C_x^2) B_{пр}, \text{ грн/рік;} \quad (4.8)$$

де C_x^1, C_x^2 - витрати на основні та конструктивні варіанти, грн/рік відповідно;

$B_{пр}$ - очікуваний обсяг виробництва.

$$Э_Г = (34932951{,}6 - 31503581{,}6) \cdot 1 = 3429370 \text{ грн./рік}$$

Таблиця 4.2 Витрати на річний обсяг виробництва за порівнюваними варіантами, грн

п/н	Найменування індикаторів	1-й варіант, грн	2-й варіант, грн	Перевитрата(+)економія (-), грн
1	Вартість:			
1.1	Для води та опалення	64 800,0	64 800,0	0
1.2	Для електроенергії	33 327 700	29 477 720	-3 849 980
1.3	На сж. Повітря і кисень	87 068	87 068	0
1.4	Про фонд оплати праці працівників	439 300,6	439 300,6	0
1.5	Для нарахувань у фонді оплати праці	172 864,8	172 864,8	0
2	Витрати на ремонт	32 314,6	16 157,3	+16 157,3
3	Амортизаційні відрахування	215 430	107 715	+107 715
4	Інші витрати	593 474,2	296 737,1	+296 737,1
	Підсумок	34932951,6	31503581,6	-3 429 370

Розрахунковий коефіцієнт ефективності додаткових капітальних вкладень визначається за формулою:

$$E_{Р} = \frac{\Delta C_{х}}{K_{Н}} = \frac{C_{х}^{1} - C_{х}^{2}}{K_{Н}} = \frac{3429370}{921923,2} = 3,72 \text{ (грн/рік)/грн.} \qquad (4.9)$$

Термін окупності додаткових капітальних вкладень визначається за формулою:

$$T_{Ок} = \frac{1}{E_{р}} = \frac{K_{Н}}{\Delta C_{х}} = \frac{921923,2}{3429370} = 0,26 \text{ року.}$$

Виходячи з оціночного коефіцієнта ефективності додаткових капітальних вкладень ($E_р \geq E_Н$; 3,72>0,15) та терміну їх окупності ($T_{Ор} \leq T_Н$; 0,26<6,6) можна зробити висновок про доцільність реалізації запропонованих заходів у цеху.

Техніко-економічні показники наведені в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 - Техніко-економічні показники впровадження енергозберігаючих заходів в цеху

Найменування індикатора	Одиниці	Значення показника	
		База	Проект
Щорічні витрати на спожиті енергоресурси: Електроенергія на ДСП-50 Питна вода Стиснене повітря Кисень	 грн. грн. грн. грн.	 33 327 700 64 800 8990,4 78077,8	 29 477 720 64 800 8990,4 78 077,8
Загальні витрати на електроенергію	грн.	34 932 951,6	31503581,6
Сума капітальних витрат	грн.	_____	921 923,2
Річний економічний ефект	грн/рік	_____	3 429 370
Коефіцієнт ефективності додаткових капітальних вкладень	(грн/рік)/грн.	_____	3,72
Термін окупності АСКОЕ	рік	_____	0,26

ВИСНОВКИ

У дипломній роботі, з метою підвищення енергоефективності виплавки сталі в цеху НВК No2 ПрАТ «Дніпроспецсталь», було запропоновано використовувати утилізатор тепла відпрацьованих газів, а також пристрій для частотного регулювання частоти обертання вентилятора печі димососа. У цеху встановлено п'ять печей ДСП-50 і один піч-ківш потужністю 20 МВт кожна, в витяжній системі кожної печі встановлені вентилятори ВМ-20А номінальною потужністю 800 кВт.

Виробництво сталі в електродугових печах є однією з найбільш енергоємних галузей. Особливістю даного виробництва є робота технологічних агрегатів при дуже високих температурах, розплав металу нагрівається до температури 1800-1900°С. У свою чергу, розглянутий сталеплавильний процес характеризується значними втратами тепла в навколишнє середовище з відходами технологічних газів.

Таким чином, на підставі вищевикладеного, в дисертації пропонується використання установки з переробки відходів для нагрівання брухту і зарядженої плати. Використання останніх, як показали попередні розрахунки, дозволить економити до 3,5 млн гривень на рік.

Другим енергозберігаючим заходом, призначеним для зниження енерговитрат сталеплавильного виробництва в умовах заводу СППР, є застосування частотного регулятора частоти обертання вентилятора вихлопної системи печі. Застосування даного пристрою обумовлено циклічністю процесу і нерівномірністю газовиділення останнього, що виключає необхідність постійної роботи вентилятора печі на номінальній потужності. Таким чином, регулюючи швидкість обертання вентилятора димососа, можна знизити витрати на електроенергію в розмірі 650 тис грн/рік.

Результати виконання енергозберігаючих заходів наведені в техніко-економічному обґрунтуванні, термін їх окупності складе 0,26 року.

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ

1. Овчаренко М.Л., Рабінович В.І., Мозирський Д.І., Розінський Д.І. Довідник з електропостачання промислових підприємств: Проектування і розрахунок. - К.: Техніка, 1985. - 279 с.

2. Єфименко В.І. Економічний аналіз фінансових результатів та фінансового стану підприємства: Навчальний посібник. - К.: КНЕУ, 1999. - 95 с.

3. Ізмайлова К.В. Фінансовий аналіз: Навчальний посібник. - К.: МАУП, 2000. - 110 с.

4. Коробов М.Я. Фінансово-економічний аналіз діяльності підприємства. - К.: 2000. - 340 с.

5. Бандурка О.М. Фінансова діяльність підприємства. - К.: Либідь, 1998. - 250 с.

6. Пеклов А.А., Степонова Г.А. Кондиціонування повітря. - Київ: Висока школа, 1978. - 325 с. : іл.

7. Волчков О.Д. Проектування вентиляції промислової будівлі. - Х.: "Віща школа", 1989. - 210 с. : іл.

8. Нісіс М.І., Грінкруг Г.М. Довідник з туберкульозу. - К.: "Будівельник", 1979. - 195 с. : іл.

9. Панасейко С.П. Методичні вказівки по включенню розділу "Охорона праці в дипломний проект". - Запоріжжя: ЗІІ, 2000. - 44 с. : іл.

10. Овчаренко М.Л., Рабінович В.І., Мозирський Д.І., Розінський Д.І. Довідник з електропостачання промислових підприємств: Проектування і розрахунок. - К.: Техніка, 1985. - 279 с.

11. Єфименко В.І. Економічний аналіз фінансових результатів та фінансового стану підприємства: Навчальний посібник. - К.: КНЕУ, 1999. - 95 с.

12. Ізмайлова К.В. Фінансовий аналіз: Навчальний посібник. - К.: МАУП, 2000. - 110 с.

13. Коробов М.Я. Фінансово-економічний аналіз діяльності підприємства. - К.: 2000. - 340 с.

14. Бандурка О.М. Фінансова діяльність підприємства. - К.: Либідь, 1998. - 250 с.

15. Пеклов А.А., Степонова Г.А. Кондиціонування повітря. - Київ: Висока школа, 1978. - 325 с. : іл.

16. Волчков О.Д. Проектування вентиляції промислової будівлі. - Х.: "Віща школа", 1989. - 210 с. : іл.

17. Нісіс М.І., Грінкруг Г.М. Довідник з туберкульозу. - К.: "Будівельник", 1979. - 195 с. : іл.

18. Панасейко С.П. Методичні вказівки по включенню розділу "Охорона праці в дипломний проект". - Запоріжжя: ЗІІ, 2000. - 44 с. : іл.