МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

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

Кафедра електричної інженерії та відновлюваних енергій
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота (проект)

ступінь вищої освіти

на тему Проект автоматизації технологічних ліній переміщення вибухонебезпечних речовин з системою автоматичного керування рухом вибухонебезпечних речовин

Виконав: студент 5 курсу, групи ЕМТ-01-18
спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(код і назва спеціальності)
спеціалізації _____
(код і назва спеціалізації)
освітньої програми Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(назва освітньої програми)
Єфімов Борис Борисович
(прізвище та ініціали)

Керівник ст. викл. Рогов М.О.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)
Рецензент зав. кафедри, к.т.н., доцент Дмитрієв
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)
Завідувач Крот О.І.

Запоріжжя 2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра [illegible]
Рівень вищої освіти [illegible]
Спеціальність [illegible]
(код та назва)
Спеціалізація _____
(код та назва)
Освітня програма [illegible]

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри _____
«____» _____ 20____ року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ) СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

[illegible]
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) [illegible]
керівник роботи [illegible]
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ЗНУ від «29» [illegible] 20[illegible] року № [illegible]
2 Строк подання студентом роботи [illegible]
3 Вихідні дані до роботи [illegible]

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) [illegible]
5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) [illegible]

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Лазюк М.Ю., проф.		
2	Лазюк М.Ю., проф.		
3	Лазюк М.Ю., проф.		
4	Лазюк М.Ю., проф.		
5	Лазюк М.Ю., проф.		
6	Лазюк М.Ю., проф.		
7	Лазюк М.Ю., проф.		
8	Лазюк М.Ю., проф.		

7 Дата видачі завдання 20 березня 2023 р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вирішення постановки технологічного процесу	20.03 - 26.03 2023 р	виконано
2	Аналіз аналогу об'єкту та підготовка схеми автоматизації	27.03 - 02.04 2023 р	виконано
3	Розробка функціонального забезпечення	03.04 - 09.04 2023 р	виконано
4	Програмування ОВП	10.04 - 16.04 2023 р	виконано
5	Робота технічних засобів обчислювальної системи	17.04 - 23.04 2023 р	виконано
6	Вибір і опис апаратних засобів для функціонування	24.04 - 30.04 2023 р	виконано
7	Розробка інструкції експлуатації комплексу програм	01.05 - 07.05 2023 р	виконано
8	Висновки, оформлення пояснювальної записки, графічної частини	08.05 - 14.05 15.05 - 23.05 2023 р	виконано

Студент (підпис) Сербов Б.Б. (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту) (підпис) Лазюк М.Ю. (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер (підпис) Овчинникова І.А. (ініціали та прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка дипломного проекту на тему: «Проєкт автоматизації шихтопідготовки для агломераційного виробництва підприємств чорної металургії. Система автоматичного регулювання дозування компонентів шихти» включає в себе 88 сторінок машинописного тексту, 8 рис., 14 табл. та 27 найменування переліку посилань.

Метою роботи є розробка системи автоматизації процесу дозування агломераційної шихти на агломашині.

У загальній частині дана характеристика технології виробництва агломерату, також описаний процес спікання агломераційної шихти на агломашині та розглянуто конструкцію агломашини. Існуючий рівень автоматизації теж розглянутий у загальній частині.

У спеціальній частині розроблена функціональна схема автоматизації спікального відділення, принципова електрична, монтажно-комутаційна схема, схема зовнішніх з'єднань, спроектовано щит КВПіА і обрані технічні засоби автоматизації. Виконана проектна оцінка надійності САР.

У розділі охорони праці приведена характеристика шкідливих та небезпечних факторів на території агломераційного цеху, розроблені заходи щодо їх запобігання.

В економічній і організаційній частині проведений розрахунок необхідної кількості робочого і обслуговуючого персоналу. Виконано розрахунок собівартості агломерату та економічного ефекту від впровадження системи автоматизації.

АВТОМАТИЗАЦІЯ, СПІКАЛЬНЕ ВІДДІЛЕННЯ, АГЛОМЕРАТ, ШИХТА, ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА, КОНТУР УПРАВЛІННЯ, ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ, МІКРОКОНТРОЛЛЕР, ЩИТ, ПРОЄКТ

ЗМІСТ

ВСТУП 8
1 Особливості функціонування агломашини. аналіз існуючого рівня автоматизації 10
1.1 Конструкція агломашини та алгоритм її роботи 10
1.2 Агломерація як об’єкт автоматизації 14
1.3 Аналіз існуючого рівня автоматизації на діючому виробництві 20
1.4 Розробка схеми матеріальних та інформаційних потоків агломашини 22
1.5 Стан рівня автоматизації на аналогічних об’єктах підприємств 24
2 Розробка технічного завдання 29
2.1 Вимоги до системи в цілому 29
2.1.1 Вимоги до структури та функціонування системи 29
2.1.2 Вимоги до чисельності та кваліфікації персоналу системи 31
2.1.3 Вимоги до надійності 31
2.1.4 Вимоги до безпеки 32
2.1.5 Вимоги до експлуатації, технічного обслуговування, ремонту та збереженню компонентів системи 33
2.1.6 Вимоги до захисту інформації від несанкціонованого доступу 34
2.1.7 Вимоги до збереження інформації при аваріях 34
2.1.8 Вимоги до захисту від зовнішніх впливів 34
2.1.9 Вимоги до стандартизації та уніфікації 35
2.2 Вимоги до функцій, які виконуються системою 35
2.3 Вимоги до видів забезпечення 36
2.3.1 Вимоги до інформаційного забезпечення 36

2.3.2 Вимоги до лінгвістичного забезпечення 37
2.3.3 Вимоги до технічного забезпечення 36
2.3.4 Вимоги до метрологічного забезпечення 38
2.3.5 Вимоги до організаційного забезпечення 38
3 Проектування систем автоматизації агломашини 39
3.1 Вибір та обґрунтування функціональної структури СА агломашини 39
3.2 Визначення принципів управління по кожному технологічному параметру 40
3.3 Вибір та обґрунтування технічних засобів нижнього рівня СА агломашини 41
3.3.1 Первинні перетворювачі, нормуючі пристрої, вторинні прилади 41
3.3.2 Вибір контролеру та його проектне компонування 46
4 Розробка технічної документації 52
4.1 Функціональна схема автоматизації системи управління роботою агломашини 52
4.2 Принципова електрична схема системи подачі шихти на аглострічку 55
4.3 Принципова електрична схема живлення САР подачі шихти на аглострічку 55
4.4 Монтажна комутаційна схема щита КВПіА САР подічи шихти на аглострічку 56
4.5 Зовнішній вигляд щита та вид на внутрішні панелі 56
4.6 Схема зовнішніх з’єднань САР подачі шихти на аглострічку 56
5 Розрахунок надійності системи автоматизації агломашини 57
6 Замовна специфікація на комплекс технічних засобів автоматизації агломашини 65

7 Організаційне забезпечення системи автоматизації та розрахунок техніко-економічних показників 66
7.1 Організаційне забезпечення системи автоматизації агломашини 66
7.2 Розрахунок техніко-економічних показників 68
7.3 Розрахунок одноразових витрат на створення АСУ 69
7.4 Розрахунок експлуатаційних витрат на функціонування АСУ 71
7.5 Розрахунок очікуваної економії від впровадження АСУ 73
8 Техніка безпеки та охорона праці 76
8.1 Аналіз потенційно шкідливих факторів виробничого середовища 76
8.2 Розробка заходів захисту від впливу небезпечних і шкідливих чинників виробничого середовища агломераційного цеху 78
8.3 Заходи з електробезпеки 82
8.4 Заходи з пожежної безпеки. Техногенна безпека 83
ВИСНОВКИ 85
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ 86

ВСТУП

Агломерація вперше була застосована в металургії для спікання сірчистих і мідних руд, а також руд, що містять свинець і цинк. Агломерація в промисловому масштабі розвивалася на основі двох методів: продувкою повітря через шихту і просмоктуванням повітря.

Безперервне зростання виробництва агломерату, підвищення вимог до його якості, а також поточність технологічних процесів створили умови для широкого впровадження засобів автоматичного контролю і управління.

Комплексної автоматизації агломераційного виробництва приділяється велика увага. Значне місце в технологічній схемі агломераційного виробництва займають процеси, пов'язані зі спіканням шихти, однією з основних операцій, що визначають якість агломерату.

Основне завдання автоматизації агломераційного виробництва полягає в забезпеченні максимальної продуктивності агломераційних машин і заданого якості агломерату. Одночасно автоматизація дозволяє вирішувати завдання підвищення рівня організації виробництва, оперативності управління технологічними процесами і в цілому підвищення економічної ефективності виробництва. Одним з найважливіших напрямків вдосконалення управління є створення автоматизованих систем із застосуванням обчислювальної техніки.

Автоматизована система управління спікальним відділенням є якісно новим етапом комплексної автоматизації і покликана забезпечити істотне збільшення продуктивності праці, поліпшення якості продукції, що випускається та інших техніко-економічних показників агломераційного виробництва.

Автоматичне управління в спікальному відділенні залежить від автоматичної підтримки висоти шару шихти, що завантажується на машину, постійному контролі й автоматичному регулюванні процесом запалювання шихти, контролі температури запалювання горна, регулювання закінченості процесу спікання в кінці активної ділянки шихти.

Метою даного дипломного проекту є розробка автоматизації агломашини в умовах металургійного підприєвства з використанням технічних засобів на базі

програмованих мікроконтролерів і персональних комп'ютерів (робочих станцій). Розробка структурної, функціональної схем і на їх основі принципово-електричної і монтажно-комутаційної, проектування щитів КВПіА. Розробка моделі спікання агломераційної шихти на агломашин і дослідження впливу різних параметрів на процес спікання. Розглядаються також питання по цивільній обороні, охороні праці і техніко-економічної ефективності.

1 ОСОБЛИВОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ АГЛОМАШИНИ. АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО РІВНЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ

1.1 Конструкція агломашини та алгоритм її роботи

На металургійних підприємствах використовуються агломераційні машини конвеєрного типу з безперервним процесом спікання. Машини такого типу призначені для кускування дрібниці залізних руд, концентратів, відходів із вмістом заліза у поєднанні із значним звільненням від шкідливих домішок та виробництва офлюсованого агломерату.

Загальний вигляд агломашини наведено на рис. 1.1.

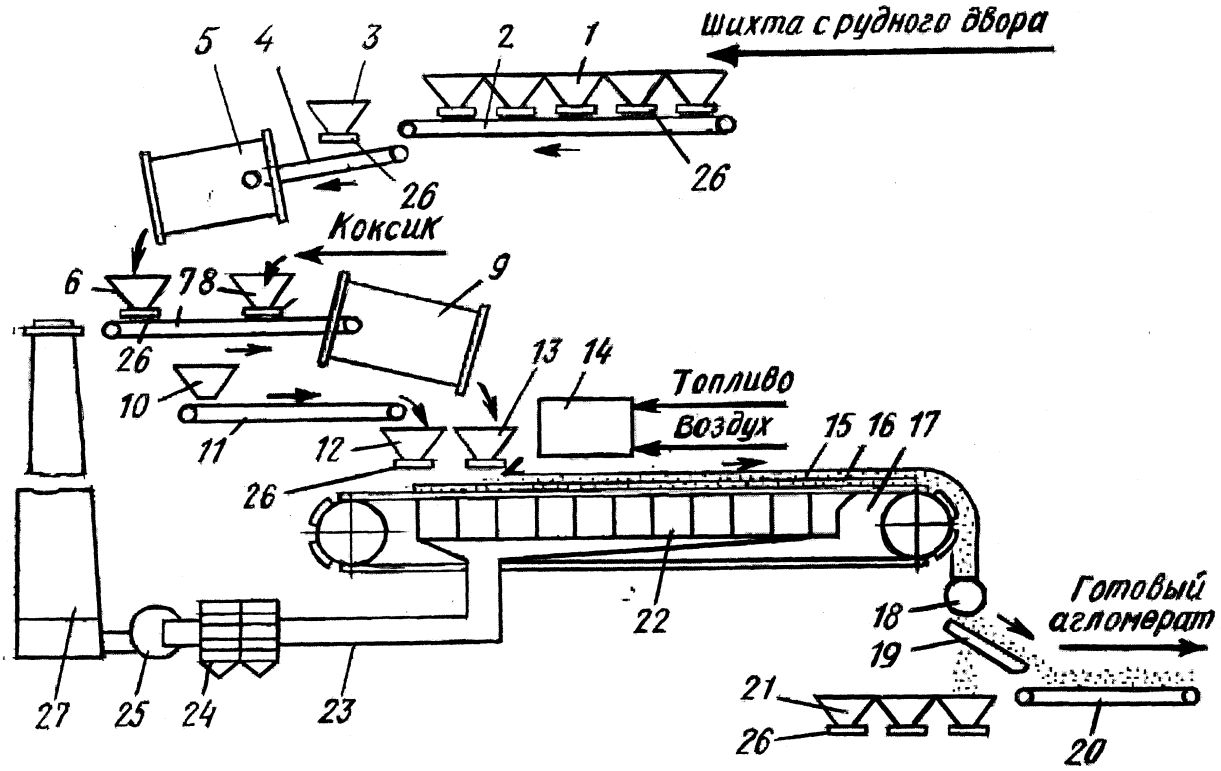
За своєю будовою агломераційна машина представляє собою нескінченну стрічку, що складається з комплекту окремих спікальних візків (палет), які не зв’язані між собою та переміщуються за напрямом на роликах.

Шихта з шихтового двору надходить до приймальних бункерів 1, звідки у певному співвідношенні транспортними конвеєрами 2 і 4 вона подається в первинні барабани-змішувачі 5, де відбувається її змішування, зволоження і окомкування. Призначення змішування, окомкування і зволоження шихти - отримання хімічно однорідної суміші всіх компонентів шихти, що володіють високою газопроникністю у процесі спікання.

З бункера 3 в змішувач надходить возврат. Возвратом або оборотним продуктом називається відсів агломерату та непропечена шихта, які отримані при грохоченні готового агломерату. Возврат є інтенсифікатором процесу спікання, тому що покращує газопроникність шихти. Задана кількість возврату у шихті має витримуватися суворо постійною і складати 20-25% від загальної маси шихти.

Дрібні зволожені частки шихти при перемішуванні збільшуються, утворюючи грудки; шихта стає зернистою і рихлою, що підвищує її газопроникність.

Усереднена шихта зі змішувача завантажується в бункер 6 і транспортером 7 у певному співвідношенні з коксиком, що надходить з бункера 8, подається у вторинний барабан-окомкувач 9. У барабанах-окомкувачах встановлено автоматичний пристрій по відсіченню води під час зупинки агломашини.



1- приймальний бункер; 2,4 - транспортні конвеєри; 3,6,8- бункери; 5 – барабан-змішувач; 7,11,20 – транспортер; 9 – барабан-окомковувач; 10, – приймальний бункер;12,13 – проміжний бункер; 14 – горн; 15 – шихта; 16 – прошарок з більшою газопроникністю; 17 – агломашина; 18 – дробарка; 19 – грохот; 21 – бункер для возврату; 22 – вакуум-камери; 23 – колектор; 24 – циклон; 25 – ексгаустер; 26 – живильник; 27 – труба

Рисунок 1.1 - Загальний вигляд агломашини

Дозування компонентів шихти для обпалювання здійснюється на конвеєрах в режимі автоматичного регулювання співвідношення вапняк - паливо. Дозування здійснюється встановленням необхідних витрат компонентів шихти, які видаються на збірний транспортер 2 живильниками 26 з відповідних

бункерів. Для видачі матеріалів з бункерів застосовують в основному тарілчасті і вібраційні живильники.

Зі складів флюсів та палива, суміш вапняків подається в бункера дробарного відділення системою конвеєрів. З бункерів суміш вапняку подається електровібраційними трубоконвеєрамі, або інерційними живильниками в молоткові дробарки. Подрібнений продукт з дробарок надходить на вібраційний гуркіт, який виділяє 3 фракції, що розподіляються за різними конвеєрами.

У якості агломераційного палива використовується суміш антрацитового штибу і коксового дріб'язку. Дозування компонентів паливної суміші проводиться на складі флюсів та палива в заданому співвідношенні і системою конвеєрів подається в бункера чотирьох валкових дробарок.

Дозування компонентів шихти здійснюється ваговим (роздільним) способом, відповідно до затверджених норм та розрахунком шихти на даний період. Основне призначення дозування - забезпечити отримання агломерату заданої якості з постійними фізико-хімічними властивостями. Подача шихти з дозувального відділення на усі працюючі агломашини здійснюється одним потоком. Кількість дозованої шихти має строго відповідати фактичній продуктивності агломашин. Як надлишок, так і недолік шихти може порушити технологію процесу спікання. Контроль видачі компонентів шихти проводитися ваго вимірювачами двох типів: для флюсів і палива та для рудної частини шихти і повернення. На якість шихти великий вплив має порядок заповнення бункерів і видачі матеріалів з них: бункери повинні забезпечувати максимальне усереднення дозованих матеріалів.

Підготовлену шихту 15 з проміжного бункера 13 рівномірно і безупинно подають системою завантаження на агломашину 17 і вкладають на нескінченно рухомий ланцюг колосникових візків (палет), попередньо помістивши на них прошарок з більшою газопроникністю 16, яка надходить з приймального 10 і проміжного 12 бункерів по транспортеру 11.

Система завантаження агломераційної шихти повинна забезпечувати формування структури шару шихти з максимальною і рівномірної по ширині спікальних візків газопроникністю у процесі спікання.

Система завантаження включає бункер з вікном видачі шихти, барабанний живильник і завантажувальний лоток. Завантажувальний пристрій забезпечує видачу шихти на палети рівномірним шаром по ширині агломашини і в часі. Для завантаження шихти на палети використовується завантажувальний лист, кут якого та відстань від колосників палет регулюється залежно від висоти шару та властивостей шихти таким чином, щоб відбувалася сегрегація шихти по крупності. Поверхня шихти, завантаженої на палети, повинна постійно загладжуватися за допомогою спеціальної гладилки, яка розташована за завантажувальним пристроєм.

Висота шару шихти встановлюється, в залежності від газопроникності. Якщо висоту шару понизити, то знизиться міцність агломерату, підвищиться питома витрата палива і збільшиться відносний вихід повернення. Рівномірний розподіл шихти є одним з необхідних умов для нормального перебігу процесу спікання.

Процес спікання агломерату починається з запалювання верхнього шару шихти, яке виробляється камерним горном з чотирма пальниками 14 з торцевим розташуванням пальників, що працює на природному газі. Подача газу на горн допускається тільки при гарантії його займання від полум'я багаття або від розпеченої поверхні шихти. Нормальне запалювання шихти досягається витратою необхідних кількостей газу та повітря, необхідним розподілом витрати газу та повітря по пальників, постійністю масової частки вологи і вуглецю в шихті, рівномірним завантаженням шихти на палети.

Процес спікання агломерату ведеться відповідно до технологічної карти, складеної виходячи зі стану агломераційних машин, а також на підставі нормативних витрат шихтових матеріалів.

По мірі рушення візків до хвостової частини машини горіння коксика з верхнього шару поширюється в нижні шари; цьому сприяє розміщення під

візками вакуум-камер 22, в яких за допомогою ексгаустера 25 створюється розрідження.

Охолодження агломерату здійснюється безпосередньо на працюючій агломашині в зоні охолодження.

Готовий агломерат скидають в кінці машини з візків, дроблять за допомогою дробарок 18, піддають відсіювання на грохотах 19, охолоджують і відправляють по транспортеру 20 в доменний цех. Неспечену дрібницю (возврат) поміщають у прийомні бункера 21 і повертають для повторного спікання (в бункер 10) у якості добавки до шихти.

Продукти згорання і повітря з вакуум-камер по колектору 23 надходять на очистку в циклони 24 і видаляють ексгаустером 25 через трубу 27.

1.2 Агломерація як об’єкт автоматизації

Основними показниками ходу технологічного процесу агломерації (вихідними величинами) є продуктивність агломашини і якість агломерату. Продуктивність агломашини вимірюють в тонах придатного агломерату, одержаному під годину роботи. Якість оцінюють за хімічним складом агломерату, міцності і відновлення його. Непрямим узагальненим показником якості агломерату може бути ставлення FeO/Fe_2O_3 в готовому продукті, однозначно пов'язане з технологічними властивостями агломерату.

Результати агломераційного процесу багато в чому залежать від управління процесом спікання. Складність процесу спікання як об'єкта автоматичного управління визначається його залежністю від великого числа технологічних факторів, таких як властивість шихти, кількість палива, умови запалювання і т.д.

Управління процесом спікання полягає в стабілізації його закінченості в певній точці по довжині аглострічки і в підборі вхідних параметрів з метою забезпечення максимальної продуктивності і високої якості агломерату. Для оцінки і контролю ходу процесу спікання використовуються такі показники, як

температура і склад газів, що відходять, освітленість в вакуум-камерах, магнітна проникність шару і ін.

Закінченість процесу спікання може порушуватися в результаті змін складу шихти, її вологості, ступеня ущільнення, висоти шару шихти і швидкості руху аглострічки. Всі зазначені обурення в кінцевому підсумку виявляються через зміну швидкості спікання шихти, яка, таким чином, є возмущаючим впливом для системи управління закінченістю спікання.

Як показники завершеності спікання шихти зазвичай використовується температурні показники процесу: температура в одній з останніх вакуум-камер, різницю або суму температур в різних вакуум-камерах, температура в загальному газовому колекторі. Застосування мікропроцесорної техніки дозволяє використовувати деякі комплексні показники.

У загальному випадку процес спікання може бути представлений як багатомірний об'єкт з вектором стану (вихідні або керовані величини) і вектором управління (управлінський вплив). На вихідні параметри можуть впливати і впливи.

Агломераційна машина є багато параметровим об'єктом, в якому дві основні вихідні величини - продуктивність агрегату і якість кінцевого продукту, при цьому ці параметри істотно залежать від ряду вхідних впливів: горизонтальної швидкості руху агломераційної стрічки, висоти шару що спікається, продуктивності ексгаустера, умов запалювання і фізико-хімічних властивостей шихти. Три останніх вхідних величини можна замінити одним комплексним параметром - вертикальною швидкістю спікання, а в якості єдиного вихідного параметра доцільно прийняти активну довжину агломераційної машини, в межах якої завершується процес спікання.

Процес виробництва агломерату протікає в умовах збурюючих впливів: зміни химико-мінералогічного і зернового складу компонентів шихти що спікається , умов дозування, транспортування, змішування і зволоження шихти, а також укладання шихти на агломераційну машину. Для усунення впливу обурень на хід технологічного процесу використовують такі основні дії, що

управляють: співвідношення (дозування) компонентів шихти яка спікається, вміст вуглецю (коксика) в шихті, вологість шихти, швидкість руху аглострічки, розрідження в вакуум камерах і ін.

Особливості процесу спікання і агломашини як об'єкта автоматичного управління можна сформулювати наступним чином:

- агломашина являє собою систему, яка характеризується багатьма вхідними та вихідними параметрами;

- процес безперервний;

- робота агломашини схильна до різких збурень, пов'язаних з довільним зміною витрати шихти, запізненням системи і т.д.

Агломашина як об’єкт автоматичного контролю представлена на рис. 1.2.

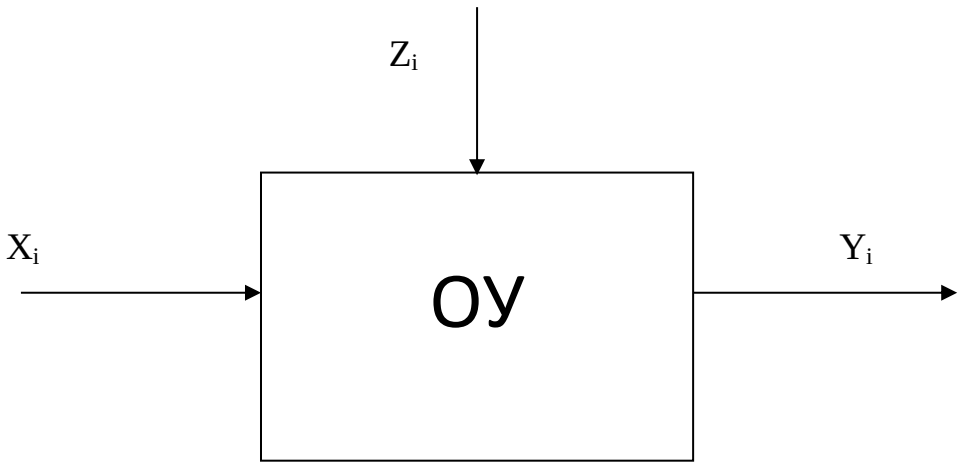


Рисунок 1.2. – Агломашина як об'єкт автоматичного управління

де X_i – вхідні параметри (управляючі змінні), контролюються безперервно і періодично;

Z_i – вхідні параметри (збурюючи впливи), що характеризують хімічні і фізичні властивості компонентів шихти, а також конструктивні властивості устаткування, перемінні зазначеної групи є неконтрольованими і періодично контрольованими величинами;

Y_i – вихідні параметри - залежні змінні (вихідні показники), що характеризують якість і кількість кінцевого продукту процесу (міцність, основність, востановимость агломерату, продуктивність агломашини).

Агломераційний процес в цілому характеризується наявністю зворотних зв'язків. Так, при нерівномірному укладанні шихти на аглоленту при зміні газопроникності окремої ділянки шихти повітряні потоки по всій довжині аглострічки перерозподіляються, що створює ефект внутрішніх зворотних зв'язків. Значний вплив на хід процесу надає добавка в шихту повернення. Наявність зворотного зв'язку значно ускладнює і ускладнює дослідження процесу і його оптимізацію.

Вхідні параметри: вологість шихти; газопроникність шихти; вміст вуглецю в шихті; висота шару шихти; швидкість руху аглоленти; продуктивність ексгаустера; умови запалювання - температура горна (температура середовища в горні), температура запалювання (температура над поверхнею шихти), узагальнена температура, яка вимірюється за допомогою термопари, встановленої в середині горна, температура поверхні аглошихти; витрати палива; витрата повітря; витрата компресорного повітря; витрата води на газо очистку, на скрубери; довжина аглострічки.

Вихідні параметри: швидкість спікання; склад і температура газів, що відходять; розрядження в вакуум-камерах; температури в вакуум-камерах; час перебування шихти на аглострічці.

Впливи: зміна складу шихти; зміна вологості шихти; зміна ступеня ущільнення шихти; зміна висоти шару шихти; зміна швидкості руху аглострічки; підсосі холодного повітря; зміна розрядження над запалюють шаром; зміна співвідношення паливо-повітря.

Найбільш поширеним керуючим впливом в системі автоматичного управління процесом спікання є зміна швидкості аглострічки. Для забезпечення закінчення процесу спікання в одному і тому ж місці по довжині аглострічки швидкість аглострічки $\varpi_л$ повинна постійно відповідати швидкості спікання шихти ϖ_c:

$$\varpi_л = \frac{l}{h_c}\varpi_c, \tag{1.2}$$

де l – відстань від місця запалювання до точки виміру;

h_c – задана величина спеченого шару в точці вимірювання.

Зазвичай домагаються закінчення процесу спікання в кінці аглострічки, тобто при $\frac{l}{h_c} = \frac{l_л}{H}$ (где $l_л$ – робоча довжина стрічки; Н – висота шару шихти). При цьому швидкість аглострічки повинні складати:

$$\varpi_л = \frac{l_л}{H} \varpi_c \qquad (1.3)$$

Для реалізації зазначеного співвідношення необхідно контролювати швидкість спікання шихти. Одним з показників швидкості спікання може служити витрата повітря, що просочується через шар шихти що спікається.

Якість запалювання шихти істотно впливає на хід процесу спікання. При недостатньо інтенсивному запалюванні верхня частина шару може виявитися не достатньо спеченою. Надмірно ж висока температура в горні і, отже, інтенсивність запалювання призводить до оплавлення верхнього шару агломерату, погіршення газопроникності і зниження швидкості спікання. Для кожних конкретних умов існує певне значення інтенсивності запалювання, при якому досягається висока продуктивність агломашини і задовільна якість агломерату. Кількість тепла, внесеного в шар шихти при запалюванні, залежить від температури продуктів згоряння, тривалості запалювання, витрати палива на запалювання та ін. Дуже важливим є виділення тепла за рахунок горіння твердого палива, що міститься в самій шихті. Певні труднощі при автоматизації запалювання шихти пов'язані з відсутністю точних методів і засобів контролю його ефективності. Крім того, процес запалювання піддається впливу цілого ряду збурюючих впливів (зміни теплоти згорання палива запалювання, складу і властивостей шихти, швидкості аглострічки і ін.); значний вплив робить величина розрідження під запалювальним шаром.

Таким чином, результати процесу запалювання визначаються цілою низкою чинників, які в значній мірі взаємозалежні. У зв'язку з цим в якості основного показника процесу запалювання часто застосовують витрата тепла запалювання, що припадає на одиницю поверхні шару шихти. Витрата палива в горні визначається в даному випадку виразом:

$$V_T = \frac{q_T b \varpi_л}{\eta Q_T}, \qquad (1.4)$$

де V_T - витрата палива на запалювання; b - ширина шару шихти;

$\varpi_л$ - швидкість аглострічки; Q_T - питома теплота згоряння палива;

η - тепловий ККД запального горна.

Тепловий режим процесу можна контролювати, вимірюючи інтенсивність випромінювання запаленої шихти після горна. Інтенсивність випромінювання залежить від змісту палива в шихті. На інтенсивність випромінювання поверхні пирога помітно впливає вологість шихти, розрідження в вакуум-камерах, тривалість перебування шихти під запальним горном, температура горна, крупність палива і ін. Таким чином, датчик випромінювання шихти може давати достовірні показання лише за умови стабілізації деяких параметрів (вологості шихти, температури горна) чи запровадження корекції (по швидкості руху стрічки, по розрідженню).

По ходу процесу змінюється склад продуктів згоряння. Найважливішим фактором, що визначає склад газів, що відходять, є зміст палива в шарі. Так як відношення $CO:CO_2$ в газі залежить від температури згоряння вуглецю, то цю залежність можна використовувати для оцінки температури в зоні спікання за складом газу.

Один з основних показників, що характеризують тепловий режим спікання, - механічні властивості агломерату. Ці властивості зазвичай визначаються шляхом різних випробувань, таких як руйнування агломерату у

обертовому барабані, скиданням і ін. При розвантаженні агломерату з агломашини на колосниковий гуркіт також відбувається свого роду випробування на міцність агломерату в природних умовах. Кількість виділеного на гуркоті повернення характеризує міцність одержуваного агломерату. Таким чином, безперервний контроль виходу повернення дозволяє отримувати інформацію про один із найважливіших властивостей агломерату - його міцності.

Забезпечення високих показників агломераційного процесу може бути досягнуто шляхом його оптимізації, що передбачає виконання якісного металургійного розрахунку аглошихти, забезпечення необхідного усереднення матеріалів, що надходять в шихтових відділення, підвищення точності дозування компонентів. Вельми перспективними в цьому зв'язку є розробки і застосування засобів контролю хімічного складу компонентів. До оптимізації процесу належить вибір найбільш раціональних режимів запалювання і спікання шихти. В ході процесу спікання оптимізуючі впливи зазвичай спрямовані на зміну змісту вуглецю в шихті, вологості шихти і висоти шару шихти що спікається. Неодмінною умовою забезпечення автоматичної оптимізації процесу є наявність на окремих його ділянках автоматичних систем стабілізації основних параметрів.

1.3 Аналіз існуючого рівня автоматизації на діючому виробництві

Автоматизована система управління технологічним процесом отримання агломерату на аглолінії, коротко «АСУ аглолінії», призначена для оптимального управління технологічним процесом отримання агломерату моніторингу систем і механізмів аглолінії.

АСУ забезпечує виконання розрахункових, інформаційних завдань і завдань управління механізмами комплексу.

Основними завданнями АСУ є:

- управління механізмами комплексу аглолінії;

- підтримка оптимального технологічного режиму аглолінії;
- забезпечення обслуговуючого персоналу інформацією про хід технологічного процесу і стан механізмів.

АСУ аглолінії вирішує ряд підзадач, які забезпечують:

- збір, вимірювання і контроль технологічних параметрів;
- контроль і аналіз стану технологічного обладнання;
- технологічний захист та сигналізації;
- автоматичне регулювання технологічних параметрів;
- управління електроприводами і виконавчими механізмами;
- візуалізацію процесу в режимі реального часу;
- архівування та документування інформації про технологічний процес;
- представлення експлуатаційному і керуючому персоналу необхідної інформації для оцінки та прийняття рішень.

У якості основних вирішальних обчислювальних пристроїв в АСУ використовуються високонадійні програмовані логічні контролери. Робочі станції на базі процесора Intel Pentium 4, датчики провідних світових виробників таких як: Endress, Hauser, Wika, Schenk, Метран.

Апаратура й засоби автоматизації відповідають:

- по виконанню і стійкості до механічних впливів ДСТУ 12997-76;
- по надійності ДСТУ 11113216-74;
- по стійкості до впливу температури і вологості ДСТУ 15150-69.

В якості базового стандартного програмного забезпечення застосовані наступні програмні засоби:

1. MS Windows XP, MS Server 2003 - операційні системи;
2. MS SQL - сервер баз даних;
3. Інструментальний пакет програмування контролерів підтримувані мови програмування по МЕК61131-3 - SFC, FBD, LD, ST, IL;
4. Intouch 9.0 компанії Wonderware в якості середи візуалізації процесу на АРМ агломератника, АРМ диспетчера та АРМ начальника цеху.

Існуюча система автоматизації у деякій мірі не відповідає сучасним вимогам автоматизації. Насамперед, через те, що частина приладів, які в ній використовуються, морально і фізично застарілі. Сьогодні застосування таких приладів не є виправданим, оскільки існують більш досконалі та надійні електронні прилади.

Використання розподіленої автоматизованої системи управління технологічним процесом на базі програмованого контролера дозволяє здійснювати управління процесом з урахуванням всіх параметрів в єдиній сукупності. Є можливість відстежувати перед аварійні та аварійні ситуації не тільки по граничним значеннях окремих параметрів, а й за деякими небезпечним комбінаціям значень параметрів. А сучасні ЕОМ, введені у систему управління, дозволяють ефективно обробляти інформацію та передавати її в верхні рівні системи.

1.4 Розробка схеми матеріальних та інформаційних потоків агломашини

Управління технологічним процесом - інформаційний процес, що забезпечує виконання якого-небудь матеріального процесу і досягнення певної мети.

Інформаційне забезпечення АСУ включає здобуття, перетворення, зберігання, обробку і передачу дії, що управляє.

З позиції АСУ інформація ділиться на вхідну, проміжну і вихідну. Вхідна інформація є даними, що поступають від первинних вимірювальних приладів, які встановлені на агломашині. Проміжна інформація виходить в процесі обробки і перетворення. Вихідна інформація є діями, що управляють. Вихідною інформацією також є дані про хід технологічного процесу.

Точність інформації про хід технологічного процесу і достовірна передача її операторові, визначає виконання заданих режимів.

Таким чином, для якісного ведення процесу спікання агломераційної шихти необхідно мати уявлення про процес, як про систему технологічного устаткування і інформаційних потоків усередині цієї системи.

Схему інформаційних та матеріальних потоків наведено на рис. 1.3.

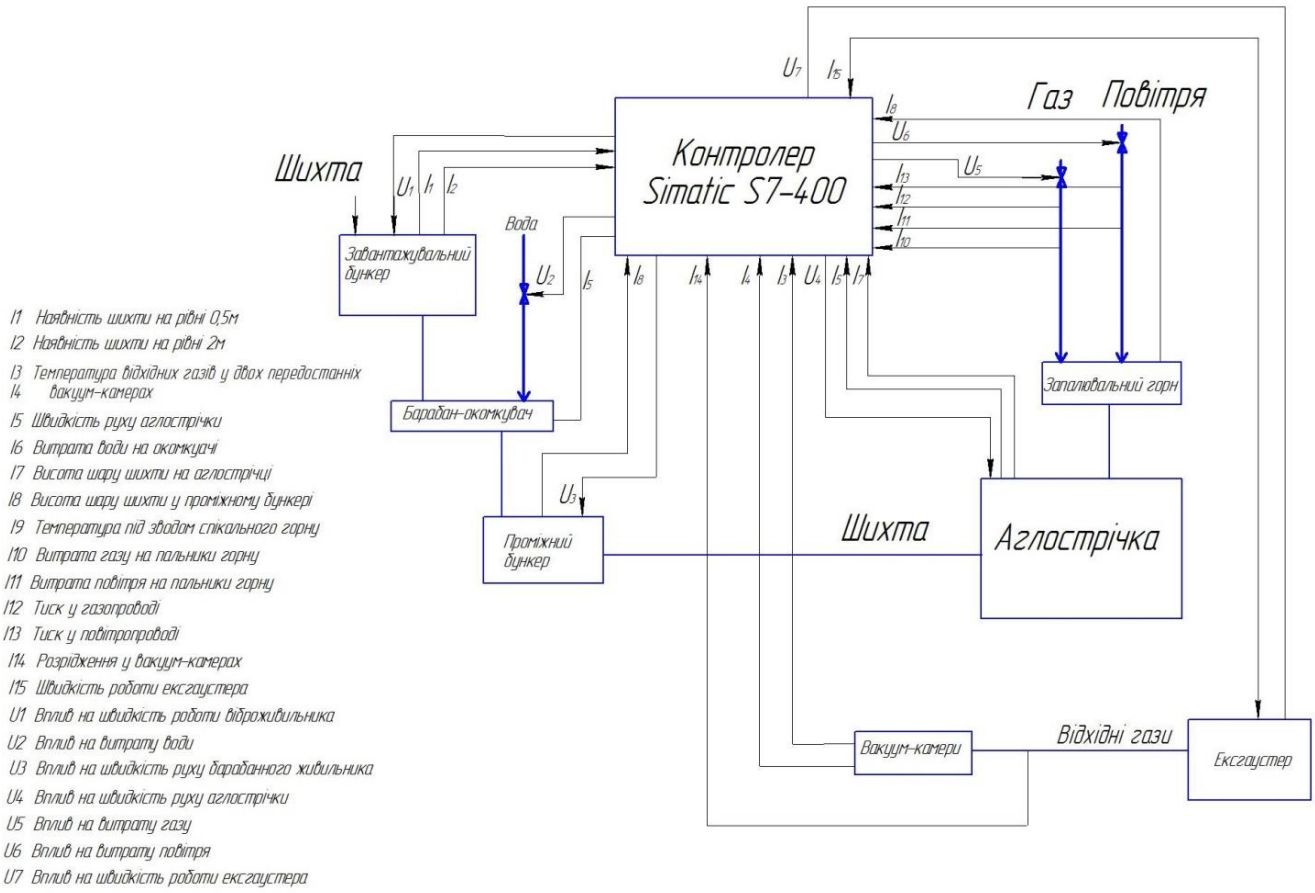


Рисунок 1.3 – Схема інформаційних та матеріальних потоків

Вихідний матеріал, що поступає на об'єкт управління, - шихта, кінцева продукція – готовий агломерат. На об'єкт, окрім шихти, подається газ, повітря та вода, а віддаляються димові гази та повернення.

Нормуючі перетворювачі передають інформацію на контролер. Ці перетворювачі призначені для організації взаємодії між контролером і датчиками безперервних і дискретних параметрів, а також для видачі дій, що управляють, на виконавчі механізми (ВМ) або електродвигуни.

Виконавчі механізми здійснюють управління подачею газу, повітря, води та шихти. Обробляючи інформацію, контролер виробляє управляючу дію на Виконавчий Механізм.

Електродвигуни змінюють швидкість віброживильника на завантажувальному бункері, барабанного живильника на проміжному бункері або швидкість аглострічки.

Інформація про хід технологічного процесу з контролера поступає на ЕОМ верхнього рівня, яка відповідно до алгоритму управління, вводить в контролер технологічні завдання. Використовуючи SCADA-систему, оперативний персонал контролює технологічний процес і, в разі відхилення, вводить корегуючі завдання.

Оперативне управління технологічним процесом здійснюється за допомогою щита управління.

Схему інформаційних потоків приведено на кресленні ІННІ КРБ 22009.001.СМІП.

1.5 Стан рівня автоматизації на аналогічних об’єктах підприємств

Застосування АСУ підвищує оперативність управління агломераційним процесом [1], забезпечує раціональне його ведення і полегшує працю агломератчиків. Завдяки підвищенню міцності агломерату зменшується виділення пилу і поліпшується екологічна обстановка в виробництві, що дуже важливо.

На сучасному етапі автоматизації агломераційного процесу застосовуються стабілізуючі системи управління процесами агломерації, виконують такі функції: забезпечення безперервного потоку шихти, стабілізації режиму повернення, регулювання вологості шихти, стабілізації місця закінчення процесу спікання, оптимізації процесу спікання, стабілізації хімічного складу і фізичних властивостей агломерату.

Результати промислової експлуатації [2] підтвердили технічну і економічну доцільність застосування мікропроцесорного обчислювального комплексу для АСУ ТП нижнього і середнього рівня в агломераційному виробництві. В даний час в НВО «Днепрчерметавтоматіка» ведеться робота зі створення АСУ агломашини №4 НЛМК. Передбачено значне розширення інформаційних функцій, модернізація технічних засобів, алгоритмів і критеріїв управління агломераційним персоналом.

За технічним завданням інституту ВНІІМТ і за проектом Казгіпромеза на агломашині АКМ-312 Карагандинського металургійного комбінату [4] змонтована і з січня 1995 року експлуатується установка з утилізації тепла, що виділяється в процесі охолодження агломерату. Установка відбирає гаряче повітря з-під укриття головної частини лінійного охолоджувача ОП-315 і подає повітря двома індивідуальними нитками в горн і в шар за гірському. Установка знижує викиди пилу в атмосферу і покращує умови праці обслуговуючого персоналу. Незважаючи на незавершеність теплоізоляції і нестабільність роботи аглоцеха, експлуатація установки з урахуванням відшкодування витрат на її спорудження виявилася рентабельною, знизився витрата газу і твердого палива.

Для створення досконалої системи автоматичного управління ходом аглопроцесу [5] необхідно знайти надійні методи кількісної оцінки зв'язків між основними технологічними параметрами роботи агломераційних машин.

При виборі вхідних і вихідних параметрів необхідно мати на увазі багату направленість зв'язків, проте це не завжди береться до уваги. Метою дослідження було встановлення більш надійних кількісних зв'язків між вхідними та вихідними параметрами роботи видовжених агломашин аглофабрики №4 Магнітогорського металургійного комбінату і розробка на їх основі рекомендацій по управлінню роботою зони охолодження аглоспека і оперативному зміни змісту вуглецю і вологи в шихті.

У Донецькому політехнічному інституті в 1990 році досліджувалося питання оптимізації агломераційного процесу [6]. У завдання дослідження входила оцінка можливості статичної оптимізації агломераційного процесу на

основі вибору найбільш ефективних параметрів ідентифікації об'єкта, за допомогою яких з достатньою для практики точністю можна отримати модель оптимізації, а також технічної реалізації запропонованої оптимізації.

Неодмінною умовою реалізації запропонованого методу оптимізації аглопроцесу є контроль і стабілізація основних технологічних параметрів.

Реалізація активних схем пошуку екстремальних значень технологічних параметрів (продуктивності, складу агломерату і т.д.) агломераційного процесу в повному обсязі досить складна.

Запропонований алгоритм може бути рекомендований до впровадження на аглофабриках які будуються або реконструюються.

Випробувана частково практикою ефективність роботи локальних систем стабілізації теплового режиму аглопроцесу на аглофабриках Єнакіївського металургійного заводу та Комунарського металургійного комбінату [7] дозволила визначити послідовність завдань створення структур оперативного контролю і регулювання: система контролю основних технологічних показників агломераційного процесу; система розпізнання основних причин порушення нормального ходу аглопроцесу; алгоритм аглопроцесом з метою отримання максимуму продуктивності і стабілізації вмісту оксиду заліза (II) в агломераті і його механічної міцності на базі стабілізації основних технологічних факторів ходу аглопроцеса. Алгоритм має переваги в порівнянні з відомими і може бути рекомендований для знову споруджуваних або реконструйованих аглофабрик.

На Дніпровському металургійному заводі ім. Дзержинського [8] був введений в експлуатацію прилад для автоматичної і найточнішої реєстрації у вакуум-камерах, над якими закінчується процес спікання. Принцип дії розробленого приладу заснований на поглинанні приймачами інфрачервоного випромінювання розпечених частинок агломерату.

На аглофабриці заводу «Азовсталь» на підставі проведених досліджень і аналізу існуючих систем автоматичного регулювання швидкості агломераційної машини як функції закінченості процесу спікання [8] встановлено, що ці системи нестійкі і мають коливальний характер регулювання.

Пропонована інститутом автоматики система подвійного регулювання агломераційної машини усуває недоліки, властиві системам регулювання за параметрами, що характеризує завершеність процесу спікання. Зазначена система передбачає регулювання інтенсивності спікання і регулювання швидкості аглоленти. Інститут «Металлургавтоматика» розробив проект і робочі креслення системи для аглофабрики №2 Дніпровського металургійного заводу ім. Дзержинський. Всі основні вузли змонтовані на цій фабриці і пущені в експлуатацію.

З існуючих систем автоматичного дозування компонентів шихти [8] все більшого поширення набувають системи, в яких підтримується постійне співвідношення концентрат / руда, причому найбільший ефект досягнутий на агломераційних фабриках, постачаючих тонкоподрібнений концентрат підвищеної вологості. Такі системи впроваджені на аглофабриках Ново-Криворізького гірничозбагачувального комбінату (НКГОК) і Південний ГЗК.

Система [8] автоматичного управління автоматичним дозуванням шихти, розроблена лабораторією автоматизації агломераційного виробництва Інституту автоматики, впроваджена на маріупольському заводі «Азовсталь» і на НКГОК. Система забезпечує безперервність потоку шихти, але вимагає здійснення автоматичного повернення та автоматизації систем розподілу агломераційної шихти по машинам без чого автоматичне керування автоматичним дозуванням мало ефективно.

У 1993 році працівниками Центральної лабораторії автоматизації і механізації аглоцехів запропоновані вдосконалені автоматичні системи аглошихти і процесу спікання агломерату з метою поліпшення його якості. На комбінаті «Запоріжсталь» застосовуються системи управління палива в аглошихту з корекцією змісту негорючої частини, автоматизації дозування вапняку в аглошихту, автоматичної стабілізації висоти шару шихти на палети аглострічки. Розроблено та впроваджено систему повернення, що забезпечує отримання даних для усередненого хімічного складу повернення.

В агломераційному виробництві здійснена на ряді аглофабрик автоматизована система дозування шихтових матеріалів, а також системи зволоження шихти і її спікання, що дозволяють поліпшити якість регулювання в порівнянні з застосовувалися ПІ-регуляторами в 1,5-2 рази.

У Дніпропетровському металургійному інституті були проведені дослідження по завершеності агломераційного процесу. Використовувалася агломашина площею спікання 62,5 м², обладнана 9 пиловими мішками. Методами хімічного і рентгеноструктурного аналізу встановлено, що зміни складу пилу відбивають послідовність фазових і хімічних перетворень в зоні формувань спека на завершальній стадії процесу агломерації. Показники пилу що виділяється в період закінчення процесу спікання є представницькою характеристикою завершеності формування структури спікання. Характеристики пилу можуть бути використані для управління закінченістю процесу спікання.

НВО «Енергосталь» (м.Харків) розробили експоненціально-ступеневу апроксимацію емпірично наближено відомого початкового розподілу локальних температур в шарі агломерату, виготовленого на рухомий стрічці агломашини, зручна для використання в відповідних теплотехнічних розрахунках, зокрема, при чисельному розрахунку температур в подальшій зоні активного повітряного охолодження агломерату.

В результаті впровадження АСУ ТП на агломашин №3 типу АКМ-312 НЛМК, забезпечені збільшення продуктивності по агломерату на 1,4%, економія твердого палива на 1,0%, металовмісної сировини на 0,22%, зниження вмісту дрібної фракції (5-0 мм) в агломераті на 1,0% і досягнуть річний економічний ефект 4 313.25 долара США.

Впровадження системи автоматичної стабілізації висоти шару шихти на палети аглострічки на шести агломашинах дозволило стабілізувати процес спікання, поліпшити якість агломерату при економії твердого палива на агломерацію.

2 РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

2.1 Вимоги до системи в цілому

АСУ що розробляється повинна відповідати ДСТУ 24.104-85 ЕСС АСУ «Автоматизовані Системи Управління. Загальні вимоги», з урахуванням вимог, викладених у даному розділі.

2.1.1 Вимоги до структури та функціонування системи

Функціонально структура АСУ підрозділяється за такими категоріями:

- розподілена система управління;
- система протиаварійного захисту;
- периферійне устаткування.

АСУ повинна мати зручну гнучку структуру, передбачаючу подальші модифікації алгоритмів вирішення завдань та наборів змінних, що беруть участь у них, конфігурування схем регулювання та керування.

АСУ повинна бути здатною до роботи у жорстоких темпах виробництва, тобто в реальному часі, повинна точно відповідати виконанню усіх функцій вчасно.

АСУ повинна бути надійно захищена:

- від несанкціонованого доступу або доступу сторонніх осіб;
- від руйнування або зупинки роботи програмного забезпечення в результаті некоректних дій оператора технологічного процесу;
- від будь-якої можливості інфікування Системи сторонніми мережами;
- від людського фактору.

Для зручності сприйняття вся технологічна інформація повинна бути організована та представлена ієрархічно, справді відтворюючи організовану структуру виробництва в зрозумілій для технологічного персоналу формі:

- виробництво;
- відділення;

- технологічний вузол;
- контур.

Для зручності та швидкості взаємодії людини та системи повинна бути можливість управління технологічним процесом з будь-якого робочого місця оператора-технолога.

Для здійснення контролю і управління об'єктами різних класів у складі програмного забезпечення системи має бути широкий набір програмних модулів - функціональних блоків різноманітних типів.

Система повинна мати можливість оперативного конфігурування прикладного програмного забезпечення на окремій інженерної станції без порушення працездатності системи.

Конфігурування та налаштування системи під конкретний об'єкт управління повинно проводитися в людино-машинному інтерактивному середовищі, спеціально навченими роботі з Системою фахівцями.

У системі повинні бути апаратні та апаратно-програмні засоби діагностики мереж, станцій, блоків і модулів.

Робота розподіленої системи управління не повинна впливати на роботу системи протиаварійного захисту - як в нормальному режимі роботи, так і в разі порушення своєї працездатності.

Пуск і зупинка технологічних установок буде проводитися технологічним персоналом за допомогою дистанційного керування під контролем АСУ.

Система протиаварійного захисту повинна будуватися на автономно функціонуючих засобах мікропроцесорної техніки, вимірювальних датчиках і виконавчих механізмах, та забезпечувати гарантовану реалізацію алгоритмів захисту технологічного процесу в критичних ситуаціях.

Технічні засоби розподіленої системи управління і системи протиаварійного захисту повинні бути резервовані. При виході з ладу будь-якого модуля розподіленої системи управління і системи протиаварійного захисту повинні автоматично переходити на резервний модуль з реєстрацією та видачою відповідного повідомлення.

Повинна бути передбачена можливість заміни несправних модулів в оперативному режимі роботи розподіленої системи управління і системи протиаварійного захисту.

АСУ повинна мати програмні та апаратні засоби для підключення до локально-обчислювальної мережі цеху, а також корпоративної мережі підприємства.

Гарантійний термін на обладнання АСУ повинен бути не менше 1 року з урахуванням строку зберігання, та при дотриманні Замовником умов зберігання, монтажу, налагодження та експлуатації, визначених технічною документацією.

2.1.2 Вимоги до чисельності та кваліфікації персоналу системи

Персонал автоматизованої системи відповідно до ролі, виконуваної ним в процесі функціонування Системи, ділиться на 2 основні категорії: оперативний (технологічний) персонал і експлуатаційний (обслуговуючий) персонал.

Обслуговуючий персонал підрозділу АСУ повинен пройти відповідне навчання.

До кваліфікації персоналу що експлуатується висуваються такі вимоги:

- знання відповідної предметної області;
- наявність навичок роботи з технічними засобами;
- вміння налагодження технічного обладнання.

2.1.3 Вимоги до надійності

Показники надійності Системи повинні відповідати вимогам РД-50-650-87, а також ДСТУ 24.701-86 ЕСС АСУ «Надійність автоматизованих систем управління. Основні положення».

При розгляді надійності елементи Системи, які входять до складу функціональних підсистем, обов’язково повинні вирішувати завдання взаємної компенсації порушень нормальної роботи, зводити до мінімуму їх несприятливі наслідки, і запобігати перехід цих порушень у відмови виконання відповідних функцій:

- програмне забезпечення функціональної підсистеми повинно запобігати виникненню відмов у виконанні функцій Системи при відмовах технічних засобів функціональної підсистеми і при помилках персоналу, що бере участь у виконанні цієї функції, або має забезпечити переклад відмов, що ведуть до великих втрат, у відмови, відмінюванні з малими втратами;
- технічні засоби функціональної підсистеми повинні не допускати переходу певних порушень у роботі програмного забезпечення та персоналу у відмову виконання функції Системи, або мінімізувати наслідки відмови.
- технологічний і експлуатаційний персонал повинен вживати активних заходів до недопущення відмов у роботі функціональної підсистеми при відмовах технічних засобів або при виявленні помилок у програмному забезпеченні, або до зниження втрат від таких відмов.

2.1.4 Вимоги до безпеки

Забороняється ведення технологічних процесів і роботи устаткування з несправними або відключеними системами контролю, управління і системи протиаварійного захисту.

Вся обчислювальна техніка повинна відповідати ДСТУ 2504-94" Засоби обчислювальної техніки. Відмово стійкість і живучість. Методи випробувань".

При експлуатації електротехнічних виробів повинні бути передбачені засоби шумозахисту і віброзахисту, що забезпечують обмежені рівні шуму і вібрації на робочих місцях відповідно до затверджених санітарними нормами. Допустимі значення шумових і вібраційних характеристик електротехнічних виробів повинні бути встановлені в стандартах і технічних умовах на вироби конкретних видів і не повинні перевищувати значень, зазначених у ДСТУ ГОСТ 12.2.030:2003, ДСТУ ГОСТ 16519:2008.

При проектуванні та організації робочого місця слід вживати всіх необхідних заходів щодо зниження шуму, що впливає на людину на робочих місцях, до значень, що не перевищують допустимі, а саме: розробкою шумо

безпечної техніки; застосуванням засобів і методів колективного захисту; застосуванням засобів індивідуального захисту.

Усі зовнішні елементи технічних засобів Системи, які знаходяться під напругою, повинні мати захист від випадкового дотику людини, а самі технічні засоби - заземлені відповідно до нормативних вимог.

2.1.5 Вимоги до експлуатації, технічного обслуговування, ремонту та збереженню компонентів системи

Функціонування Системи має бути розраховане на цілодобовий режим роботи, з зупинкою на профілактику не частіше, ніж 1 раз на рік в період капітального ремонту.

Система працює в циклічному режимі. Тривалістю циклу становить 8 годин. Присутня зупинка, пов'язана з ремонтом установки. У цьому випадку система відключається від огляду об'єкта, а дані не архівуються.

Система раз на 7 днів переходить в профілактичний режим, під час технічного обслуговування.

Відповідно до нормативних актів повинні витримуватися умови для нормального функціонування обчислювальної техніки в цих приміщеннях.

У повітрі приміщень не повинно бути агресивних речовин, що викликають корозію. Необхідно забезпечити контроль температури, відносної вологості та атмосферного тиску в приміщеннях операторних.

Вводи змінної напруги повинні здійснюватися через фільтри зниження рівня перешкод.

Обладнання Системи має бути забезпечено комплектом ЗІП на весь гарантійний термін. Протягом всього терміну служби Системи комплект ЗІП повинен поповнюватися відповідно до умов договору на сервісне обслуговування.

2.1.6 Вимоги до захисту інформації від несанкціонованого доступу

Система повинна автоматично вести Журнал обліку користувачів, записи якого мають містити повну інформацію про роботу та дії користувачів Системи. Ці дані повинні бути захищені від можливого втручання і зміни після їх реєстрації.

Можливості щодо забезпечення захисту інформації в Системі повинні включати наступне:

- повинні використовуватися концепція роботи з Системою тільки для зареєстрованих користувачів, що виключає можливість несанкціонованого доступу;
- кожен користувач отримує доступ до Системи тільки з використанням пароля.

Для індивідуальних користувачів повинні бути встановлені різні рівні доступу, контрольовані Системою.

2.1.7 Вимоги до збереження інформації при аваріях

Тимчасова відмова технічних засобів або втрата електроживлення не повинні призводити до руйнування накопиченої або усередненої в часі інформації, і до втрати поточних виходів на регулюючі органи.

При відключенні напруги живлення, система повинна забезпечити збереження інформації за 8 годин.

При відключенні контролерів, система повинна перейти в режим ручного управління.

Якщо контролер відключився, то інформація повинна бути збережена на вторинному приладі з діаграмного стрічкою.

2.1.8 Вимоги до захисту від зовнішніх впливів

Технічні засоби Системи повинні бути стійкі до впливів температури і вологості навколишнього повітря і до впливу механічних факторів.

Кліматичні умови обмежуються відповідно до нормативних документів.

Для пристроїв зв'язку з об'єктом, що розташовуються безпосередньо у технологічних апаратах, повинні бути забезпечені умови вибухової та пожежної безпеки.

2.1.9 Вимоги до стандартизації та уніфікації

Система, що розробляється, повинна бути універсальною, забезпечувати можливість її використання на широкому класі об’єктів управління і відповідати досягнутому світовому рівню в області створення АСУ за функціональним розвитком, зручності експлуатації та обслуговування.

Інтерфейс повинен бути розрахований на часте використання маніпулятора «миша». Клавіатурний режим введення повинен використовуватися при заповненні і редагуванні полів екранних форм.

При кодуванні позицій КВП, а також при розробці схем автоматизації і відповідних їм мнемосхем слід дотримуватися існуючих вітчизняних і міжнародних стандартів і стандартів підприємства.

2.2 Вимоги до функцій, які виконуються системою

Система створюється для:

- збільшення виходу товарної продукції;
- зменшення матеріальних і енергетичних витрат;
- вибору раціональних технологічних режимів з урахуванням показань промислових аналізаторів, встановлених на потоках, і оперативного корегування управління за даними аналізу;
- поліпшення якісних показників кінцевої продукції.

2.3 Вимоги до видів забезпечення

2.3.1 Вимоги до інформаційного забезпечення

Для обміну інформацією в рамках розподіленої Системи повинна бути створена база даних, що забезпечує доступ до даних з локальних елементів мережі, якими є:

- периферійні мікропроцесорні пристрої - підсистеми управління або контролери;
- багатофункціональні операторські станції - робочі місця технологічного персоналу;
- інженерна станція.

Для зручності роботи технологів-операторів з великими об'ємами різноманітної інформації, і для вироблення відповідних стереотипів взаємодії з Системою, інформаційне забезпечення Системи повинно бути структурованим, і мати ієрархічну організацію.

Повинні бути передбачені такі стандартні операційні панелі:

- панелі загального огляду;
- мнемосхеми;
- панелі групи приладів;
- панелі налаштування;
- панелі сигналів тривоги;
- панелі реєстрації ходу процесу (тренди).

Всі категорії даних інформаційного забезпечення ПАЗ (системи протиаварійного захисту) не повинні губитися при аваріях електроживлення та відмову блоків і модулів системи протиаварійного захисту.

Всі константи що настроюються, інформація прив'язки, алгоритми вирішення завдань і тексти програм повинні зберігатися на дублюючих носіях і оновлюватися при внесенні змін в Систему.

2.3.2 Вимоги до лінгвістичного забезпечення

Вся інформація повинна бути представлена у вигляді визначень, властивих металургійної галузі. Так само можуть бути застосована інформація, зрозуміла для певного цеху або ділянки. Зважаючи на відсутність вітчизняних нормативних документів, в якості їх прототипу необхідно використовувати розроблений Міжнародною Електротехнічною Комісією (МЕК) стандарт IEC 61131-3.

Для реалізації завдань розподіленої системи повинно використовуватися спеціалізоване програмне забезпечення, яке функціонує в середовищі багатозадачної операційної системи реального часу.

Мережеві програмні засоби, що забезпечує об'єднання підсистем управління, операторських станцій і засобів архівування даних в єдину систему, повинні реалізовувати завантаження і управління запуском завдань, забезпечувати обмін між завданнями і базами даних, і надавати доступ до периферійних пристроїв.

Всі помилкові ситуації що виникають при роботі програми повинні діагностуватися супроводжуватися повідомленнями, і не повинні викликати порушень роботи системи. Всі функції повинні виконуватися в режимі реального часу.

2.3.3 Вимоги до технічного забезпечення

Система повинна бути реалізована технічними засобами, прийнятними для умов агломераційного цеху.

Для вимірювання температури повинні бути обрані прилади з прибудовами вимірювань від 0 до 1600 °С.

Витрату газу необхідно вимірювати приладами, з допустимим значенням від 0 до 2500 $м^3$/г.

Витрату повітря необхідно вимірювати приладами, з допустимим значенням від 0 до 8500 $м^3$/г.

Тиск повинен вимірюватися приладами, з допустимим значенням вимірювань від 0 до 30 КПа.

Прилади повинні проходити перевірку і калібрування раз на рік.

Промислові робітничі станції необхідно обладнати горизонтально розташованими системними блоками, встановленими з правого боку, стандартними мишами та клавіатурами.

2.3.4 Вимоги до метрологічного забезпечення

Всі технічні засоби повинні проходити повірку 1 раз на рік.

Необхідно вибрати прилади для вимірювання температури та тиску з класом точності 0,5-1, прилади для вимірювання витрати 0,5-2.

2.3.5 Вимоги до організаційного забезпечення

До організації функціонування Системи та порядку взаємодії персоналу, який забезпечує експлуатацію, і користувачів повинні пред'являтися вимоги:

- у разі виникнення з боку функціонального підрозділу необхідності зміни функціональності Системи, користувачі повинні звернутися до начальника цеху, у разі необхідності доопрацювання системи, необхідно звернутися до організації розробника;
- підрозділ, що забезпечує експлуатацію системи, повинен не менше ніж за 3 дні інформувати всіх користувачів про перехід системи в профілактичний режим.

До захисту від помилкових дій персоналу ставляться такі вимоги:

- повинна бути передбачена система підтвердження легітимності користувача при перегляді даних;
- для всіх користувачів повинна бути заборонена можливість видалення перед налаштованих об'єктів;
- для зниження помилкових дій користувачів має бути розроблено повне і доступне керівництво користувача.

3 ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ АГЛОМАШИНИ

3.1 Проектування функціональної структури СА агломашини

Функціонально автоматизована система агломашини сегментується на нижньому рівні управління на підсистеми управління електроприводів та виконавчих механізмів аглолінії та підсистеми забезпечення контролю за станом технологічних вузлів і формуванням законів управління технологічними процесами.

Останні вирішують завдання:

а) Збір даних та передачу в систему АСУ про стан:

- контакторної і комутуючої апаратури в щитах;
- управління і автоматики виконавчих механізмів;
- спрацьовування захистів, блокувань і аварійних вимикачів;
- комутуючої апаратури на постах місцевого управління і пультах управління;

б) Прийом керуючих сигналів і керування комутаційної апаратурою, частотними перетворювачами, пристроями плавного пуску для управління обладнанням аглолінії;

в) Рішення локальних завдань управління допоміжними системами і завдань взаємодії виконавчих механізмів устаткування аглолінії;

г) Формування передпускової і аварійної сигналізації.

Разом усі системи повинні забезпечити вирішення наступних завдань:

Контроль параметрів:

- температура запалювального горна;
- витрати газу у запалювальний горн;
- витрати повітря у запалювальний горн;
- тиск газу у запалювальний горн;
- тиск повітря у запалювальний горн;
- температура у двох передостанніх вакуум-камерах;

- розрідження у вакуум - камерах;
- витрати води у барабан-змішувач;
- швидкість аглострічки;
- висота шару шихти на аглострічці.

Регулювання параметрів:

- вологість шихти у барабані-окомкувачі;
- висота шару шихти у проміжному бункері;
- висота шару шихти на аглостричці;
- закінчення процесу спікання;
- температура запалювального горна;
- тиск повітря у запалювальний горн;
- тиск газу у запалювальний горн;
- співвідношення «газ - повітря» на запалювальний горн;
- розрідження в вакуум-камерах.

3.2 Визначення принципів управління по кожному технологічному параметру

Список керованих величинах агломераційного процесу і відповідних керуючих впливах наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 - Контрольовані параметри та керуючі впливи

Контрольований або регульований параметр	Спосіб контролю параметра	Керуючий вплив
Вологість шихти	1. Нейтронні вологоміри. 2. Кондуктометричний зонд. 3. Фотометричний метод	Витрата води в змішувач
Рівень шихти в проміжному бункері	Датчик рівня	Витрата шихти у завант. бункер

Тиск палива і повітря в горні	Датчик тиску	Положення регулюючого органу
Висота шару шихти на аглострічці	Датчик висоти рівня	Подача шихти з бункера
Температура в горні запалювання	Радіаційний пірометр	Витрата палива в горні
Витрата палива і повітря в горні	Діафрагми в трубопроводах і діфманометри	Положення регулюючого органу
Розрідження в вакуумкамерах	Тягоміри	Швидкість ексгаустера
Закінчення процесу спікання	1. Температура в останніх вакуум-камерах зони спікання 2. Аналіз відпрацьованих газів в останніх вакуум-камерах 3. Освітленість в останніх вакуум-камерах	1. Зміна швидкості аглоленти 2. Розрідження в вакуумкамерах

3.3 Вибір та обгрунтування технічних засобів нижнього рівня СА агломашини

3.3.1 Первинні перетворювачі, нормуючі пристрої, вторинні прилади

Усі первинні перетворювачі будуть обиратися згідно з тим які діапазони величин потрібно буде контролювати та який вихідний сигнал буде мати перетворювач.

Одним із найважливіших параметрів є температура відхідних газів у вакуум-камерах. У спікальному відділенні аглофабрики встановлено 13 вакуум-камер. У даній системі пропонується контролювати температуру лише у двох передостанніх вакуум-камерах, бо там закінчується спікання. Для цього виміру більше всіх інших приладів підійде термоелектричний перетворювач хромель-алюмінієві ТХА-2388.

Термоперетворювачі ТХА-2388 призначені для вимірювання температури рідких і газоподібних хімічно неагресивних середовищ, а також агресивних, що не руйнують матеріал захисного чохла. Термоперетворювачі модифікації 2388 мають розбірну конструкцію, що складається з кабельного термочутливого елемента з різьбовим перехідником і захисного чохла. Для термоперетворювачів високотемпературного виконання ТЕ виготовляються з оболонкою з жаростійкої сталі або сплаву. Діапазон робочих температур -40...600°С. Клас допуску: 2. Міжповірочний інтервал 2 роки. Клас точності прибору: 1.

У газопроводі та повітропроводі по яких повітря та газ поступає на запальний горн потрібно контролювати тиск. Це можна реалізувати за допомогою датчиків надлишкового тиску Сафір М 5115 (6 кПа) (для повітря) та 5120 (10 кПа) (для газу).

Датчик тиску «Сафір М» (ЦО) складається з двох основних блоків: вимірювального (ВБ) і нормуючого (НБ). Основу вимірювального блоку становить сенсорний елемент, розподільча мембрана і корпус вимірювального блоку. Тиск вимірюваного середовища впливає на розподільчу мембрану і передається через розділову рідину на вимірювальну мембрану сенсора.

Мембрана сенсора деформується, що призводить до зміни параметрів його чутливих елементів, об'єднаних в мостову схему. В якості розділової використовується поліефірфторирована рідина. У вимірювальному блоці встановлений також термометр, який використовується для корекції впливу температури вимірюваного середовища.

Допустиме відхилення дійсної характеристики перетворення від номінальної статичної характеристики: ± 0,15. Діапазони зміни вихідних сигналів: 4 - 20 (20 - 4) мА, 0 - 5 (5 - 0) мА.

Контроль рівня наявності аглошихти на завантажувальному лотку здійснюється датчиком-реле рівня РОС 100. Контроль проводиться у двох точках 2м та 0,5м. Для цього використовують 2 датчика реле з різною довжиною занурювального елементу.

Датчики-реле призначені для контролю рівня електропровідних і неелектропровідних рідких, твердих (сипучих) середовищ, зерна і продуктів його розмелювання. Забезпечують сигналізацію «наявность» або «відсутність» контрольованого середовища на встановленому рівні.

Датчики-реле РОС складаються з чутливого елемента, корпуса, електронного блоку, кришки та мають зовнішній гвинт заземлення. Датчики-реле відносяться до типу ємнісних сигналізаторів рівня. Принцип дії датчиків-реле заснований на високочастотному методі перетворення зміни електричної ємності чутливого елемента, викликаного зміною рівня контрольованого середовища в "релейний" вихідний сигнал.

Інтелектуальні датчики тиску серії Метран-22-ДД призначені для вимірювання розрідження в середовищах: рідини, пару, газу, в т.ч. газоподібний кисень і кисневмісні газові суміші; харчові продукти, і безперервного перетворення в уніфікований аналоговий струмовий сигнал або цифровий сигнал у стандарті протоколу HART, або цифровий сигнал на базі інтерфейсу RS-485. При деформації чутливого елемента під впливом вхідної вимірюваної величини (наприклад, тиску або різниці тисків) змінюється електричний опір кремнієвих тензорезисторів мостової схеми на поверхні цього чутливого елемента. Електронний пристрій датчика перетворює електричний сигнал від тензоперетворювача в стандартний аналоговий сигнал постійного струму або в цифровий сигнал в стандарті протоколу HART, або цифровий сигнал на базі інтерфейсу RS-485.

Верхня межа вимірювань: 16 КПа. Вихідний сигнал датчика: 4-20 мА. Додаткова похибка, виражена у% від діапазону зміни вихідного сигналу: $\gamma_T = \pm (0{,}05 + 0{,}08\ Pmax / Pв)$.

Температура, яка має контролюватися у горновому просторі достатньо велика, тому доцільно буде використовувати для її виміру перетворювач термоелектричний платиновий ТПРТ 01.20.

Термоперетворювачі ТПРТ 01.20 призначені для вимірювання температури високотемпературних газоподібних хімічно неагресивних середовищ, а також агресивних, що не руйнують матеріал захисного чохла.

Діапазон робочих температур, °С: 600…1600. Вихідний сигнал, мА: 4...20.

Для виміру висоти шару шихти на аглострічці рекомендується використовувати радарні рівнеміри. У дипломному проекті пропонується використовувати радарний рівнемір VEGAPULS 68.

Рівнемір VEGAPULS 68 призначений для застосування на сипучих продуктах, його механічна конструкція і електроніка оптимізовані для складних умов процесу. Прилад може застосовуватися в харчовій промисловості, переробці пластмас, а також в сталеливарній і будівельній галузях.

Принцип дії. Короткі мікрохвильові імпульси передаються через антенну систему і знову приймаються нею після відбиття від поверхні продукту. Час від передачі до прийому сигналу пропорційний рівню продукту. Спеціальна процедура обробки сигналу забезпечує надійність і точність вимірювання.

Застосування: сипучі продукти і зріджені гази за найскладніших умов. Діапазон вимірювання: до 75м. Температура процесу -200...+450 °С. Тиск процесу: -1...+160 Бар (-100...+16000 кПа) Точність вимірювання: ± 2 мм.

Вихідний сигнал: 4…20 мА.

Швидкість обертання вала електроприводів ексгаустера та аглострічки вимірюється за допомогою тахометра. Найбільш доцільним для цього є тахометр Веха-Т.

Тахометр-частотомір реверсивний Веха-Т призначений для вимірювання швидкості та її напряму, а також для вимірювання інтервалів часу і часу напрацювання. Прилад використовується для вимірювання частоти обертання вала двигуна, швидкості руху стрічкового конвеєра і т.п.

Універсальний вимірювальний вхід приладу дозволяє безпосередньо підключати, як механічні датчики типу "сухий контакт", так і електронні датчики с виходом TTL або транзисторним виходом з відкритим колектором NPN і PNP структури. При цьому живлення електронних датчиків здійснюється від

вбудованого в прилад джерела стабілізованої напруги = 24В або = 5В. Двоканальний вимірювальний вход приладу забезпечує визначення напряму швидкості, що, при необхідності, дозволяє використовувати його в системах з реверсом швидкості. Змінюваний коефіцієнт множника дозволяє на ходу перераховувати виміряне значення швидкості і відображати на індикаторі значення контрольованого параметра у звичній розмірності.

Опціонально встановлюється цифровий інтерфейс RS-485, який забезпечує сполучення приладу зі SCADA-системами, як безпосередньо (Modbus-RTU), так і через OPC-сервер.

Діапазон вимірювання швидкості: 0,1 ... 20000 об / сек. Відносна похибка: 0,01 ... 0,5. Аналоговий вихід: (4-20) мА, (0-5) мА, (0-20) мА, (0-10) В. Інтерфейс зв'язку з ПК (протокол зв'язку): RS-485 (Modbus-RTU).

Приладом, що показує та реєструє був обраний РМТ-59, як найбільш підходящий.

Відеографічний реєстратор РМТ 59М призначений для вимірювання, регулювання та реєстрації температури та інших неелектричних величин (частоти, тиску, витрати, рівня та ін.), перетворених в електричні сигнали сили, напруги постійного струму і активний опір постійному струму. Зберігання інформації в цих приладах реалізовано у внутрішній пам'яті, а перенесення даних на ПК здійснюється за допомогою USB Flash-карти пам'яті або по інтерфейсах RS-485 (Modbus RTU) і Ethernet (Modbus TCP).

Відображення вимірюваних величин у вигляді графіків, гістограм, таблиць, комбінованих варіантів або «мнемосхем» здійснюється на кольоровому LCD-екрані. Індикатор струмових сигналів ІТС 1-1 призначений для перетворення сигналів: 0...5мА; 0...20мА; 4...20мА і 0...1,0В у цифровий сигнал і відображення його в необхідних одиницях фізичної величини на цифровому індикаторі приладу. ІТС-1 використовується для індикації сигналів з датчиків навіть в умовах поганої освітленості, забрудненості, підвищеної вологості.

3.3.2 Вибір контролеру та його компонування

Визначення кількості та типу вхідних і вихідних сигналів мікропроцесорного контролера здійснюється на основі аналізу вихідних сигналів датчиків, що контролюють технологічні параметри і методів управління виконавчими механізмами, які отримують керувальний вплив від мікропроцесорного контролера.

Для реалізації системи автоматичного управління агломашиною, необхідно здійснювати безперервний контроль технологічних параметрів, а також отримувати вхідні інформаційні сигнали, характеристика яких наведена у табл. 3.2.

Таблиця 3.2 - Характеристика інформаційних сигналів

Параметр	Назва і тип датчика або в.м	Вихідний сигнал датчика
Витрата газу	Диафрагма камерна ДКС-0,6	4-20 мА
Витрата повітря	Диафрагма камерна ДКС-0,6	4-20 мА
Рівень шихти у проміжному бункері	РОС-100	4-20 мА
Тиск у газопроводі	Сафір М	4-20 мА
Тиск у повітропроводі	Сафір М	4-20 мА
Рівень шихти на аглострічці	VEGAPULS 68	4-20 мА
Температура агломерату на виході	ППТ - 121	4-20 мА
Розрідження в вакуум-камерах	Метран-22-ДД	4-20 мА
Вологість шихти	M-Sens 2	4-20 мА

Характеристику керуючих сигналів наведено у табл. 3.3.

Таблиця 3.3 - Характеристика керуючих сигналів

Параметр	Назва і тип виконавчого пристрою, що змінює параметр	Сигнал керування виконавчим механізмом
Зміна витрати газу	Пускач ПБР з виконавчим механізмом ME0 25/63-0,25	Імпульсний
Зміна витрати повітря	Пускач ПБР з виконавчим механізмом ME0 25/63-0,25	Імпульсний
Зміна витрати води	Пускач ПБР з виконавчим механізмом ME0 25/63-0,25	Імпульсний
Зміна швидкості віброживильника	Частотний перетворювач з електродвигуном	Імпульсний
Зміна швидкості роботи аглострічки	Пускач ПБР з електродвигуном	Імпульсний
Зміна потужності роботи ексгаустера	Пускач ПБР з електродвигуном	Імпульсний

Вибір контролера для системи автоматизації здійснювався на основі його можливостей. У системі запропоновано використовувати контролер Siemens SIMATIC S7-400. Маючи велику потужність, цей програмований контролер здатний для побудови систем управління середнього і високого ступенів складності та рішення будь-яких завдань управління.

Широкий спектр модулів і широка гама центральних процесорів для максимальної адаптації до вимог розв'язуваної задачі надає високу гнучкість, що забезпечує простоту використання систем розподіленого введення-виведення і потужні комунікаційні можливості.

Кількість сигналів, що надходять до контролера дорівнює 20 уніфікованих струмових з діапазоном 4-20мА та 2 дискретних.

За результатами обробки вхідних сигналів контролер формує керуючий вплив на витрату повітря, газу, потужність роботи насоса ексгаустера, швидкість

руху агломераційної стрічки, швидкість роботи віброживильника та барабанного живильника.

Мови програмування підтримують символьну адресацію, роботу з масивами і структурами, надають повний набір математичних і логічних функцій. Стандартний набір команд включає понад 200 інструкцій програмування, а в мову функціональних блоків включені додаткові інструкції по управлінню процесами. Кількість внутрішніх змінних, контурів регулювання і інших інструкцій в робочій програмі обмежена тільки об'ємом пам'яті процесора. У пакет вбудована функція графічного відображення стану до 16 змінних у вигляді трендів.

Всі функції контролера (обробка всіх модулів, ПІД - інструкції) реалізуються стандартними засобами мови, ніякі спеціальні підпрограми не потрібні. Відсутні обмеження на число внутрішніх змінних, ПІД і інших інструкцій. Завантаження і коригування програм може здійснюватися без зупинки процесора.

Проєктне компонування контролера здійснюється на основі інформації про кількість та вид вхідних і вихідних сигналів, з якими працює контролер у процесі автоматичного управління технологічним процесом, бажану конфігурацію вводів-виводів та мережну структуру.

Згідно з таблицею 3.2. кількість інформаційних сигналів, що надходять від датчиків до контролера дорівнює 9. Усі вони уніфіковані струмові з діапазоном 4-20мА. На такі вхідні сигнали орієнтовані два модулі аналогового вводу SM 432 по 8 каналів.

Модулі вводу-виводу аналогових сигналів призначені для цифро-аналогового перетворення внутрішніх цифрових величин контролера S7-400 і формування його вихідних аналогових сигналів.

Оскільки при регулюванні технологічних параметрів виконавчий механізм має здійснювати компенсацію збурень шляхом збільшення або зменшення витрати повітря, природного газу, при розрахунку кількості дискретних модулів виводу необхідно передбачити на кожний виконавчий механізм два виходи –

«більше» і «менше». Як показано у табл.3.3 зміну витрат технологічних параметрів здійснюють три виконавчі механізми , а це означає, що для керування їх роботою потрібно 6 каналів дискретного модуля виводу. Серед існуючих дискретних модулів виводу Siemens для керування роботою виконавчих механізмів найбільш підходить модуль дискретного вводу-виводу SM 422.

Для опитування 9 входів, обробки інформації, відповідно до алгоритмів керування окремими технологічними параметрами, оновлення станів вихідних каналів, та реалізації інших процедур у системі управління, використовуємо центральний процесор CPU 417-4. Це найбільш потужний центральний процесор програмованого контролера SIMATIC S7-400. Вбудовані інтерфейси PROFIBUS DP, істотно спрощують питання застосування систем розподіленого вводу-виводу.

Процесор оснащений двома відсіками для установки інтерфейсних модулів IF 964-DP і отримання двох додаткових інтерфейсів провідних пристроїв PROFIBUS DP.

Для функціонування контролера потрібен модуль живлення, який необхідно розрахувати, користуючись напругою, що споживають усі модулі контролера. Усі вони працюють від напруги 24 В. Необхідно використати модуль живлення PM 407. Стабілізовані блоки живлення формують вихідні напруги = 5 В і = 24 В, необхідні для роботи систем автоматизації SIMATIC S7-400. Живлення до модулів подається через внутрішню шину контролера.

Програмування контролера Symatic S7-400 здійснюється у програмному середовищі Siemens Step7. Програмування виконується LD-мовою.

1) Створити новий проект у Siemens Step7 та скомпонувати задіяні у системі модулі.

2) Призначити у вікні створення змінних символьні імена і адреси вхідним та вихідним змінним, які використовуються при створенні програми.

У програмі задіяні змінні:

Uroven_standart –датчик показує звичайний рівень шихти на стрічці;

Uroven _upal – рівень зменшився;

Uroven _povisilsya – рівень збільшився;

Rashod_shuhtu_standart – звичайна швидкість;

Rashod_shuhtu_uvelichit’ – зміна швидкості двигуна для збільшення обсягів подачі шихти;

Rashod_shuhtu_umenshit’ - зміна швидкості двигуна для зменшення обсягів подачі шихти.

3) Створити безпосередньо текст програми LD-мовою. В програмі використовуються елементи:

 - прямий контакт

 - Set-котушка

 - Reset-котушка

Код програми:

При нормальному рівні шихти на аглострічці змінна " Uroven_standart" (рис. 3.1) має справжнє значення, при цьому регулюючий орган знаходиться в звичайному положенні, при надходженні сигналу підвищення подачі змінна " Uroven _upal" набуває справжнє значення і відключає котушку "Rashod_shuhtu_standart", активується котушка " Rashod_shuhtu_uvelichit’" і регулюючий орган змінює своє положення для збільшення подачі шихти, якщо рівень збільшується за межі норми, активується змінна " Uroven _povisilsya ", то за нею активується котушка "Rashod_shuhtu_umenshit’", завдяки якій регулюючий орган набуває положення для зменшення подачі шихти на агломераційну стрічку.

Програмний код зображено на рис. 3.1.



Рисунок 3.1 - Програмний код на LD-мові у Symatic Step7

4 РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

4.1 Функціональна схема автоматизації агломашини

Функціональна схема автоматизації - основна схема проекту і показує функціонально-блокову структуру управління, а також ступінь оснащення об'єкта управління пристроями контролю і управління.

На функціональній схемі зображено система автоматизації процесу спікання агломерату на основі агломашини №1 агломераційного цеху ВАТ «Запоріжсталь».

У відповідності з поставленими завданнями розроблено контури:

- автоматичного регулювання температури в запальному горні;
- автоматичного регулювання закінченності процесу спікання;
- автоматичного регулювання співвідношення «паливо-повітря» ;
- автоматичного контролю тиску газу та повітря в запалювальний горн;
- автоматичного регулювання розрідження в колекторі спікання ;
- автоматичного регулювання вологості;
- автоматичного регулювання подачі шихти на аглострічку;
- автоматичного регулювання рівня шихти в проміжному бункері;
- аварійної сигналізації.

Далі представлені більш докладно розроблені контури.

Система автоматичного регулювання температури в горні

Система складається з пірометричного перетворювача ППТ121-01 (поз. 1а), з якого сигнал надходить на вторинний реєструючий прилад, що через реверсивний пускач (поз. 1б) має можливість рухати вал виконавчого механізму (поз. 1г), який впливає на регулюючий орган (поз. 1д), встановлений на трубопроводі природного газу.

Система автоматичного автоматичного регулювання закінченності процесу спікання

Складається з термопар (поз. 2а та 2б), що встановленні у двох передостанніх камерах, з'єднані з потенціометром (поз. 2в), який посилає сигнали мікроконтролеру, той має зв'язок із блоком ручного керування (поз. 2е) та через частотний перетворювач (поз. 2ж) має змогу прискорювати або сповільнювати швидкість аглострічки.

Система автоматичного регулювання співвідношення «газ-повітря»

Це звичайна стандартна система, складається із звужуючих пристроїв (поз. 3а - для газу і поз. 3г - для повітря), диференціальних манометрів (поз. 3б і 3д), вторинних реєструючих приладів (поз. 3в і 3е), що приєднані до мікроконтролера , блоку ручного управління (поз. 3и), реверсивного пускача (поз. 3к) і виконавчого механізму (поз. 3л), що змінює витрата повітря за допомогою регулюючого органу (поз. 3м) на трубопроводі повітря.

Система автоматичного контролю тиску газу та повітря в горн

Контур автоматичного контролю тиску природного газу і повітря в горн складається з датчика тиску МЕТРАН-150 (поз. 4а, 5а), з якого сигнал надходить на вторинний реєструючий прилад (поз. 4б, 5б) і на контролері. Тут працює аварійна сигналізація: при ослабленні або посиленні тиску газу спрацьовує звукова або світлова сигналізація, а потім зупиняється робота машини.

Система автоматичного регулювання розрідження в колекторі спікання

Система складається з вимірювального перетворювача розрядження «САПФІР-22М-ДВ» (поз. 6а), що подає сигнал на вторинний реєструючий прилад(поз. 6б), на мікроконтролер і на ЕОМ, звідси або з блоку ручного управління (поз. 6в) через частотний перетворювач (поз.6г) впливає на швидкість двигуну ексгаустера.

Система автоматичного регулювання вологості шихти

У даній системі прийнято автоматичне регулювання подачі води у барабан окомкувач. З датчику вологості (поз. 7а) сигнал надходить на вторинний реєструючий прилад (поз. 7б), а потім - мікропроцесор, пульт ручного управління (поз. 7в), безконтакний пускач (поз. 7г) і виконавчий механізм (поз. 7д), що змінює витрату води на зрошення за допомогою регулюючого органу (поз. 7е).

Система автоматичного регулювання подачі агломерату на аглострічку

З датчику рівня (поз. 8а) посилається сигнал на контролер ,який або сам або блоком ручного управління через частотний перетворювач (поз. 8д) може впливати на електродвигун та швидкість обертання барабанного живильника проміжного бункеру.

Система автоматичного регулювання рівня шихти у промбункері

Система складається з датчику рівня (поз. 9а), сигнал з якого надходить на вимірювальний перетворювач ЕП-8007 (поз. 9б), а потім на вторинний реєструючий прилад (поз. 9в), з нього через мікроконтролер та блок ручного керування (поз. 9г), йде вплив частотного перетворювача (поз.9д) на швидкість руху вібраційного живильника.

Аварійна сигналізація агломашини здійснюється наступним чином: при падінні або зростанні тиску природного газу або повітря при подачі в горн нижче або вище допустимого, відбувається світлова сигналізація, при перемиканні на світлове табло ТСМ.

4.2 Принципова електрична схема САР подачі шихти на аглострічку

Принципова електрична схема САР подачі шихти на аглострічку розроблена на основі функціональної схеми і визначає повний склад приладів і пристроїв, а також зв'язків між ними, дія яких забезпечує вирішення завдань управління. ПЕС представлено на аркуші ФМ Д2.140110.003.ПЕС. Схему було виконано за ГОСТ 2.701–84 та ГОСТ 2.702–75.

Сигнали, що використовуються на схемі промарковані наступним чином:

100…158 – для кіл вимірювання, регулювання;

800…838 – для кіл живлення.

Розглянемо підключення приладів контуру. Рівень на аглострічці вимірюється радарним рівнеміром Vegapuls sr68 (поз. 8а). Сигнал 4-20 мА з надходить модуль аналогового вводу-виводу контролера, який перетворює і відправляє сигнал 5 мА на панель оператора КТР 1000.

Мікроконтролер Symatic S7-400 обробляє сигнали отримані з датчика, порівнює з поточними значеннями і виробляє управляючий сигнал, який здійснює регулювання електродвигуном за допомогою частотного перетворювача. Також э блок ручного управління за допомою якого регулювання електродвигуном можно робити вручну.

Блок живлення РМ 407 контролера перетворює напругу 220 В у 24В для живлення модулів Symatic S7-400 та панелі оператора КТР 1000.

4.3 Принципова електрична схема живлення САР подачі шихти на аглострічку

Напругою 220В в схемі живляться БРУ-42 , частотний перетворювач CFM 310, живляться трифазним током, блок живлення контролера живиться напругою 220 В та перетворює її у 24В для живлення панелі оператора КТР 1000 та модулей контролера.

4.4 Монтажна комутаційна схема щита КВПіА

Креслення, які вказуються на реальне розташування компонентів об’єктів представленні у графічній частині роботи. Такі схеми призначені для того, щоб можна було виготовити об’єкт. Монтажна комутаційна схема враховує не тільки розташування компонентів системи, а й їх електричних зв’язків (електричних приводів і кабелів).

4.5 Зовнішній вигляд щита та вид на внутрішні панелі

На кресленні виду на внутрішні площини щита, поворотні конструкції, кришки, що перебувають у різних площинах, зображують умовно розгорнутими в площині креслення. При розміщенні всередині щитів апаратури необхідно враховувати її взаємне розташування на різних площинах щодо один одного і приладів.

4.6 Схема зовнішніх з’єднань САР подачі шихти на аглострічку

Схема з'єднань зовнішніх проводок - це комбінована схема, на якій показують електричні і трубні зв'язки між приладами та засобами автоматизації, встановленими на технологічному обладнанні, поза щитів і на щитах, а також підключення проводок до приладів і щитів.

5 РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ АГЛОМАШИНИ

У цьому розділі виконується розрахунок надійності САР рівня шихти на аглострічці.

Розрахунок параметрів наближеним методом :

При цьому методі враховується середньогрупові інтенсивності відмов елементів САР та досвід експлуатації аналогічних виробів.

Розрахункові коефіцієнти наведено у табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Розрахункові коефіцієнти:

КУ	Р-р	БП	РО	ИМ	ВП	ПП	ПБР
0,6	9,1	0,5	0,25	1,5	8,7	8,3	1,4

Розраховується загальна сумарна інтенсивність відмов всієї системи автоматичного регулювання (САР):

$$\lambda'_{заг} = k^* \sum_{i=1}^{m} \lambda_{0i} * n_i = 2{,}5*10^{-6}\ (0{,}6+9{,}1+0{,}5+0{,}25+1{,}5+8{,}7+8{,}3+1{,}4) =$$

$$2{,}5*28{,}92*10^{-6} = 75{,}9 * 10^{-6}\ [1/год],$$

де k – узагальнений коефіцієнт, який враховує призначення САР;

λ_{0i} - середня інтенсивність відмов відповідної групи;

m – кількість груп;

n_i - кількість елементів у групі.

Розраховується наробіток на відмову:

$$T_0' = \frac{1}{\lambda'_{заг}} = \frac{1}{75{,}9 * 10^{-6}} = 13175{,}2 \text{ [год]}.$$

Розраховується імовірність безвідмовної роботи САР:

$$P'(t) = e^{-\lambda'_{заг}} = e^{-\frac{t}{T_0'}} = e^{-\frac{5000}{13175{,}2}} = e^{-0{,}32} = 1{,}46.$$

Результати розрахунків наведено у табл. 5.2.

Таблиця 5.2 - Дані і результати розрахунків параметрів надійності наближеним методом для елементів

Назва і типи елементів	Середнє значення інтенсивності відмов $\lambda_{OI} * 10^{-6}$, $\frac{1}{\text{год}}$	Узагальнений коефіцієнт, К	Суммарна інтенсивность відмов $\Lambda^1_{заг} * 10^{-6}$, $\frac{1}{\text{год}}$
КУ	0,6	2,5	$75{,}2 * 10^{-6}$
Р-р	9,1		
БП	0,5		
РО	0,25		
ИМ	1,5		
ВП	8,7		
ПП	8,3		
ПБР	1,4		

Дані для побудови графіку занесені у табл. 5.3.

Таблиця 5.3 - Дані для побудови графіку залежності $P'(t)$:

t, год	0	7806,5	15613	23419,5	31226	39032,5	46839	54645,5	62452
$P'(t)$	1	0,61	0,37	0,22	0,14	0,08	0,05	0,03	0,02

Графік залежності наведено на рис. 5.1.

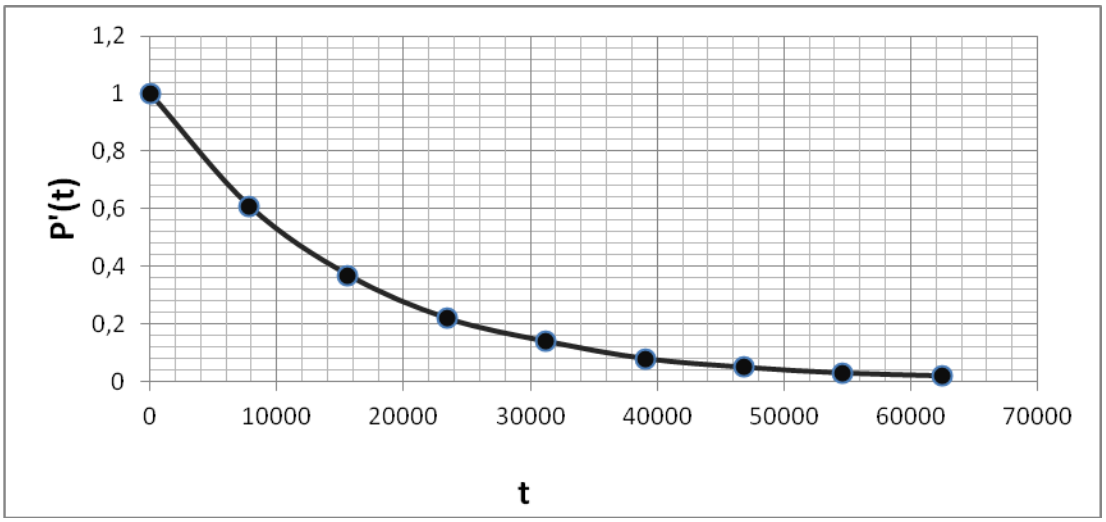


Рисунок 5.1 - Графік залежності $P'(t)$

Розрахунок параметрів надійності з урахуванням режиму роботи елементів і впливом дестабілізуючих чинників (повний або уточнений розрахунок).

Для визначення коефіцієнтів навантаження елементів роблять розрахунки режимів роботи схеми або приймають рекомендовані коефіцієнти згідно статистичним даним. Вплив дестабілізуючих чинників враховуються за поправними коефіцієнтами, які визначаються конкретними умовами експлуатації та технічними параметрами.

Алгоритм розрахунку наступний:

1) Визначається кількість груп елементів (m) системи та кількість елементів у кожній групі (n_j), які мають однакові коефіцієнти навантаження K_i та однакові інтенсивності відмов.

Коефіцієнти впливів наведено у табл. 5.4.

Таблиця 5.4 – Коефіцієнти впливів

Вологість, %	Температура, ° С	Висота, км	Сумарні впливи
90	45	0,5	Стаціонарні
$K_{\lambda 1}$		$K_{\lambda 2}$	$K_{\lambda 3}$
2, 7		1,5	1, 2

Розраховується комплексний поправочний коефіцієнт:

$$K_{\lambda} = K_{\lambda 1} * K_{\lambda 2} * K_{\lambda 3} = 2,7 * 1,5 * 1,2 = 4,86.$$

Розраховується загальна інтенсивність відмов:

$$\Lambda''_{ЗАГ} = K * K_{\lambda} * \sum_{i=1}^{m} \lambda_{Oi} * n_j \ \frac{1}{\text{год}};$$

де $Л_{заг}$=4*4,86*1,13*(0,5+8,6+0,7+0,32+1,6+7,7+8,2+1,3) = 635,3*10^{-6}[1/год].

Розраховується наробіток на відмову:

$$T''_0 = \frac{1}{\Lambda''_{ЗАГ}} \ [\text{год}];$$

$$T''_0 = \frac{1}{635,3 * 10^{-6}} = 1574 \ [\text{год}].$$

Дані і результати розрахунків параметрів надійності наведено у табл. 5.5.

Таблиця 5.5 - Дані і результати розрахунків параметрів надійності точним методом

Назва і типи елементів	Середнє значення інтенсивності відмов $\lambda_{OI} * 10^{-6}$, $\frac{1}{\text{год}}$	Комплексний поправочний коефіцієнт, K_{λ}	Сумарна інтенсивність відмов $\Lambda''_{ЗАГ} * 10^{-6}$, $\frac{1}{\text{год}}$	Напрацювання на відмову T''_0, год
КУ	0,6	4,86	635,3	1574
Р-р	9,1			
БП	0,5			
РО	0,25			
ИМ	1,5			
ВП	8,7			
ПП	8,3			
ПБР	1,4			

Дані для побудови графіку залежності наведено в табл.5.6.

Таблиця 5.6 - Дані для побудови графіку залежності $P''(t)$

t, год	0	1614	3228	4842	6456	8070	9684	11298	12912
$P''(t)$	1	0,61	0,37	0,22	0,14	0,08	0,05	0,03	0,02

Графік залежності наведено на рис. 5.2.

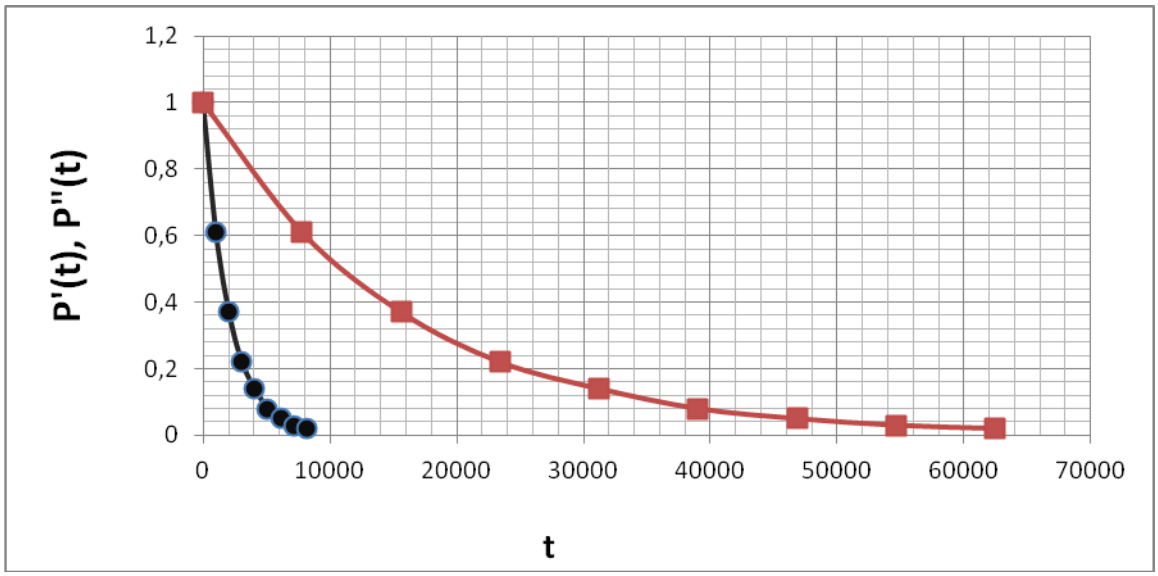


Рисунок 5.2 - Графік залежності $P"(t)$

З графіку видно, що розрахунок параметрів надійності, який зроблений з урахуванням режиму роботи елементів і впливом дестабілізуючих чинників є точнішим, ніж розрахунок параметрів наближеним методом. При цьому імовірність безвідмовної роботи САР значно зменшується з плином часу при точному розрахунку.

Визначається гарантійний термін роботи САР :

$$T_{Г} = \frac{T_0}{6 * K_{дн} \cdot M};$$

де 6 - середня кількість годин роботи САР упродовж тижня;

$K_{ДН}$ - кількість днів роботи в місяць;

М - кількість місяців роботи за рік;

$$T_{Г} = \frac{1574}{5 * 22 * 10} = 1{,}43\,[\text{год}].$$

Середнє значення тривалості відновлення САР, якщо потрібне повне відновлення:

$$T_B = \sum_{j=1}^{q} T_{Bj} * m_j \text{ , [год],}$$

де q - кількість груп елементів, які мають однакову тривалість відновлення;

T_{Bj} - середнє значення тривалості відновлення, годин;

m_j - кількість елементів в групі;

$$T_B = 0{,}5*7 = 3{,}5 \text{ год.}$$

Дані для розрахунку тривалості відновлення наведено у табл. 5.7.

Таблиця 5.7 - Дані для розрахунку тривалості відновлення

Назва і типи елементів	Середнє значення тривалості відновлення T_{Bj}, год	Кількість елементів у групі, m_j
Перимикачі	0,5	7

Визначаємо коефіцієнт готовності:

$$K_Г = \frac{1}{1 + \Lambda_{заг.} \cdot T_В} = 0,\ 00044.$$

При створенні і експлуатації систем необхідно вживати спеціальні заходи, спрямовані на підвищення надійності систем.

Заходи, що дозволяють підвищити надійність системи при експлуатації, це: блокова конструкція системи, використання стандартних і уніфікованих вузлів і блоків, зручність перевірок і обслуговування та ін.

На стадії проектування надійність нерезервованої системи забезпечується наступними основними методами:

1) Вибором простих і стабільних схем, що враховують також можливості підвищення надійності системи при експлуатації;

2) Застосуванням якісних і перспективних елементів і вибором режимів роботи елементів, що відповідають зниженим електричним навантаженням;

3) Розробкою конструкції системи і приладів, що забезпечують мінімальні навантаження на систему і елементи, а також зручність обслуговування системи.

Окрім цього слід застосовувати агрегати з високою надійністю і довговічністю, які забезпечуються самою природою, тобто швидкохідних агрегатів без механічний передач, наприклад, на електростанціях, агрегатів і деталей, працюючих на чистому рідинному терті або без механічного контакту (електричне гальмування, безконтактне електричне управління); деталей, працюючих при напрузі нижче меж витривалості, та ін.

Також треба використовувати деталі і механізми, що само підтримують працездатність: системах, що само встановлюються, само виробляються, само змащуються, самоналагоджувальних і самокеруються.

Етап конструювання системи є дуже важливим, оскільки на ньому закладається рівень надійності систем безпеки. При конструюванні і проектуванні слід орієнтуватися на прості структури, що мають найменшу кількість елементів, оскільки скорочення кількості елементів є істотною мірою підвищення надійності.

6 ЗАМОВНА СПЕЦИФІКАЦІЯ НА КОМПЛЕКС ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Замовна специфікація на весь комплекс технічних засобів оформлена у виді таблиці. Таблиця поділена на 6 розділів. У кожному розділі треба вказати найменування приладу чи обладнання, його тип чи марку, одиницю вимірювання, ціну та кількість.

У розділі прилади та засоби автоматизації приведені датчики, перетворювачі, індикатори, реєструючи прилади, пускачі, виконавчі механізми, блоки керування та сигнальні арматури.

У розділі агрегатні комплекси та засоби обчислюваної техніки був вказаний контролер, що використовується у системі та всі необхідні модулі, які були обрані у ході компоновки.

Обраний щит вказаний у розділі щити та пульти управління.

У розділі електроапаратура був обраний тип клемних колодок.

Діафрагма камерна, що встановлена у газопроводі та повітропроводі зазначена у розділі трубопровідна арматура.

Кабель який був обраний, зазначений у розділі кабелі та дроти.

7 ОРГАНІЗАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА РОЗРАХУНОК ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

7.1 Організаційне забезпечення системи автоматизації

Для забезпечення нормальної роботи засобів виміру, засобів автоматизації, контролю та регулювання на заводі «Запоріжсталь» функціонують спеціальні служби, які виконують свою роботу, підкорюючись адміністрації заводу по певній структурі управління. Завдання спеціальної служби залежить від структури управління заводом, від числа та типів встановлених засобів виміру і засобів автоматизації, від обсягу виробництва і тд.

Згідно вимог організаційного забезпечення, на заводі «Запоріжсталь» існують служби автоматизації та механізації. Завданням цих служб є впровадження та забезпечення надійної і безперебійної роботи засобів і систем автоматизації, механізації та вимірювальної техніки. Метою служби являється: підвищення продуктивності праці, підвищення об’єму продукції, що виготовляється, покращення якості продукції, поліпшення умов праці людей, зниження важкої фізичної праці до мінімуму, широке вживання автоматичних засобів, підвищення безпеки роботи персоналу.

Положення про службу автоматизації та механізації розробляються і затверджуються керівництвом заводу, зважаючи на свою специфіку. Відповідно робота служби здійснюється за планом автоматизації та механізації заводу, з обліком завдань, поставлених заводом та зовнішніми організаціями.

Організаційну структура управління службою КВПіА наведено на рис. 7.1.

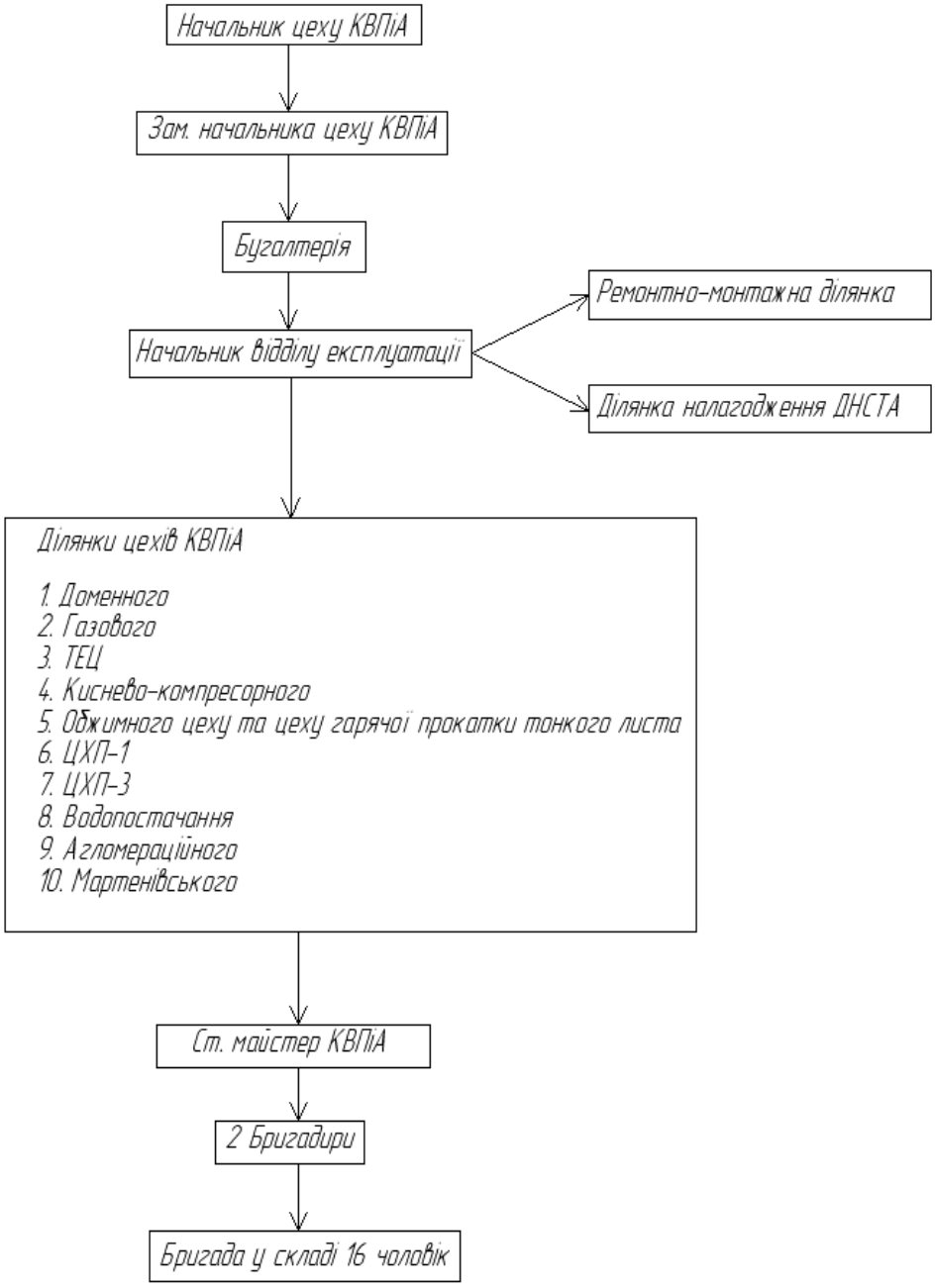


Рисунок 7.1 - Організаційна структура управління службою КВПіА

Цех КВПіА є невід'ємною складовою для нормального протікання виробничого процесу. У агломераційному цеху служба КВПіА забезпечує нормальне функціонування засобів виміру та автоматизації. Крім того вони, по можливості, впроваджують та розробляють нове устаткування, прилади, засоби виміру (наприклад участь у реконструкції агломашини №1, а саме її газоочистки).

Агломераційне виробництво є непередбачуваним у плані протікання технологічного процесу спікання агломераційної шихти. Тому контроль і регулювання процесів спікання є дуже важливим для безпечного виробництва, запобігання браку продукції та покращення якості агломерату.

Забезпечення цехом КВПіА нормального функціонування засобів автоматизації та вимірювальних приладів дозволяє досягти високих показників виробництва, тому наявність такої служби обов'язкова.

Для обслуговування системи автоматизації спікального відділення необхідні наступні співробітники: начальник відділення експлуатації цеху, старший майстер КВПіА агломераційного цеху, два бригадири, а також бригада у складі 16 чоловік. Враховуючи усіх задіяних людей, для обслуговування системи потрібно 1 чоловік (у одній зміні).

7.2 Розрахунок техніко-економічних показників

Метою техніко-економічного обґрунтування автоматизованої системи управління є кількісний та якісний доказ економічної доцільності створення або реорганізації АСУ, а також визначення організаційно-економічних умов її ефективного функціонування.

Зміст техніко-економічного обґрунтування АСУ полягає в наступному:

1. Розрахувати і проаналізувати за окремими статтями витрати, необхідні для створення чи розвитку АСУ;

2. Зіставити витрати на створення та функціонування АСУ з результатами отриманими при її впровадженні;

3. На основі розрахунків, дати кількісну та якісну оцінку економічної доцільності створення або розвитку АСУ.

Основними факторами, які визначають економічну ефективність АСУ, є:

- Збільшення об’ємів випуску продукції та підвищення її якості, за рахунок більш раціонального використання виробничих потужностей, сировини, матеріалів, палива та трудових ресурсів;

- Підвищення продуктивності праці робітників, внаслідок скорочення витрат робочого часу та простоїв обладнання.

Економічні показники визначаються за діючими на момент розрахунку оптових цін і тарифними ставками.

При визначенні очікуваного річного економічного ефекту в якості бази для порівняння приймаються плановані в умовах відсутності АСУ показники виробничо-господарської діяльності виробництва в році впровадження системи.

7.3 Розрахунок одноразових витрат на створення АСУ

Одноразові витрати на створення АСУ визначаються за формулою:

$$К^{А} = К^{А}_{П} + К^{А}_{К}\ , \qquad (7.1)$$

де $К^{А}_{П}$ – довиробничі витрати, грн.;

$К^{А}_{К}$ – капітальні витрати, грн.

Довиробничі витрати на розробку АСУ розраховується за формулою:

$$К^{А}_{П} = К^{А}_{ПР} + К^{А}_{ПО} + К^{А}_{ИО}\ , \qquad (7.2)$$

де $К^{А}_{ПР}$ – витрати на проектування АСУ, грн.;

$К^{А}_{ПО}$ – витрати на розробку програмного забезпечення, грн.;

$К^{А}_{ИО}$ – витрати на підготовку інформаційного забезпечення тривалого користування (створення бази даних АСУ), грн.

Величина капітальних витрат визначається за формулою:

$$К^{А}_{К} = К^{А}_{КТЗ} + К^{А}_{МОНТ} - К^{А}_{ВИВ}, \quad (7.3)$$

де $К^{А}_{КТЗ}$ – кошторисна вартість комплексу технічних засобів (КТЗ), грн.;

$К^{А}_{МОНТ}$ – витрати на установку, монтаж і запуск КТЗ в роботу, грн.;

$К^{А}_{ВИВ}$ – кошторисна вартість комплексу технічних засобів, що вивільнилися у результаті впровадження АСУ, грн.

КТЗ для створення АСУ наведений в табл. 7.1.

Таблиця 7.1 - КТЗ для створення АСУ

Найменування впроваджуваної автоматики	Кіл-сть	Цена, грн	Сума, грн	Встановлена потужність, W
КТР-1000	1	15000	15000	15
ППТ-121	1	1200	1200	-
БРУ-42	3	4500	13500	3.6
Сафір М	2	1200	2400	2,8
ТХА-2388	2	2200	4400	-
ДУП-М	3	1300	3900	15
VEGAPULS 68	1	1500	1500	-
МЕТРАН-22-ДД	2	1250	2500	1,6
ВЕХА-Т	2	2000	4000	12
МЄО-25/63-0,25	2	5000	10000	70
ПБР-3А	4	2500	10000	20
CFM310	1	9000	9000	10
Simatic S7-400	1	55000	55000	31
Супутні матеріали			8200	
Разом	25	-	116650	175

Перелік одноразових витрат приведений у табл. 7.2.

Таблиця 7.2 - Перелік одноразових витрат

Найменування	Сума, грн
1. Довиробничі витрати на розробку АСУ:	
• витрати на проектування АСУ	50000
• витрати на розробку програмного забезпечення	30000
• витрати на підготовку інформаційного забезпечення	20000
2.Капітальні витрати:	
• вартість комплексу технічних засобів	116650
• витрати на установку, монтаж і запуск КТЗ в роботу	11665
• вартість КТЗ, що вивільнилися у результаті впровадження	-
Всього одноразових витрат на створення АСУ	228315

7.4 Розрахунок експлуатаційних витрат на функціонування АСУ

Розрахунок річних експлуатаційних витрат на функціонування АСУ здійснюється за формулої:

$$З_{експ} = З_{зп} + З_{ел} + З_{А} + З_{мат} + З_{рем}, \quad (7.4)$$

де $З_{ЗП}$ – річні витрати на заробітну плату спеціалістів в умовах функціювання АСУ з відрахування на соціальне страхування, грн.;

$З_{ЭЛ}$ - річні вартість електроенергії , споживаною АСУ, грн.;

$З_{А}$ – річна сума амортизаційних відрахувань, грн.;

$З_{МАТ}$ – річна вартість матеріалів, необхідних для функціювання АСУ(2% від вартості КТЗ), грн.;

$З_{РЕМ}$ – річна вартість ремонта обладнання (7% від вартості КТЗ), грн.

Розрахунок заробітної платі фахівця в умовах функціонування АСУ здійснюється за формулою:

$$З_{зп} = ЄСВ + ФОт, \quad (7.5)$$

де ЄСВ – единий соціальний внесок (22% від ФОТ);

ФОТ – фонд оплати труда (Ставка робітника за рік).

Оскільки ставка робітника в місяц скаладає 8000 грн.

Звідси маємо що ФОТ = 12*8000 = 96000.

За формулою (7.5):

$$З_{зп} = 96000 + 21120 = 117120 \text{ грн.}$$

Річна вартість електроенергії, споживаної АСУ, визначається за формулою:

$$З_{ел} = W \times T_{еф} \times Ц_{е}, \quad (7.6)$$

де W – встановлена потужність КТЗ, квт;

$Т_{эф}$ – ефективний фонд часу роботи КТЗ, год.;

$Ц_{Э}$ – вартість 1 кВт*год електроенергії, грн.

Річна сума амортизаційних відрахувань розраховується за формулою:

$$З_{А}\frac{}{100} = \frac{128315 * 10}{100} = 12831 \text{ грн.} \quad (7.7)$$

де $Н_{А}$ – норма амортизації, % (10%).

Річна вартість матеріалів, необхідних для функціювання АСУ розраховується за формулою :

$$З_{мат} – 1124926×0,2 = 224985 грн.;$$

$$З_{рем} – 1124926×0,7 = 782448грн.$$

$$З_{експ} = 14252449,9 + 2177,28 + 652,48 + 130496 + 456736 = 14842511,66 грн.$$

За формулою (7.4) :

$$З_{ЕКСП} = 11712\mathbf{0} + 3173 + 12831 + 2333 + 8165 = 143662 г$$

.

7.5 Розрахунок очікуваної економії від впровадження АСУ

На даний момент агломашина випускає 1,140 тис. тонн агломерату в рік. З них 0,5% не годного агломерату , що дорівнює 5700 тонн . Система АСУ дозволить знизити цей процент на 0,01%, що буде дорівнювати 114 тоннам.

На даний час ціна за тону агломерату складає = 2330 грн.

Річна економія від впровадження АСУ:

$$Е = 114 * 2330 = 265620 грн.$$

Для знаходження річного економічного ефекту скористаємось формулою:

$$ЕЕ = Е - З_{ЕКСП,} \quad (7.9)$$

де Е – річна економія від впровадження АСУ;

$З_{ЕКСП}$ - річні витрати на експлуатацію;

$З_{ЕКСП}$ = 143662 грн;

Е = 265620 грн.

За формулою (7.9):

$$ЕЕ = 265620 – 143662 = 121958 грн.$$

Ефективність визначається за показниками:

1) термін окупності капітальних затрат ($Т_р$) на АСУ

$$Т = \frac{1237418,.6}{2948917,03} = 0,420,42 рік, \qquad (7.10)$$

де К – капітальні вкладення в АСУ,

ЕЕ – річна економія від впровадження АСУ.

2) рентабельність капітальних вкладень на АСУ:

$$Е_р = Е_{рік} \div К_К^А = \frac{2948917,03}{1237418.6} = 0,534 \qquad (7.11)$$

Результати техніко-економічних показників наведено в табл. 7.3.

Таблиця 7.3 - Результати техніко-економічних показників

Показники	Одиниця Вимірювання	Показник
Капітальні витрати		
• Вартість засобів автоматизації	грн.	116650
• Витрати на проектування	грн.	50000
• Витрати на підготовку інформаційного забезпечення	грн.	20000
• Інши затрати	грн.	41000
Разом	грн.	228315
Експлуатаційні витрати		
• Амортизаційні витрати	грн.	11685
• Витрати на утримання і обслуговування системи	грн.	2153
• Витрати на ремонт	грн.	7535
Разом	грн.	141663
Річна економія	грн.	256620
Річний економічний ефект	грн.	121958
Термін окупності капітальних вкладень	рік	1,87
Рентабельність вкладень	%	53,4

8 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

8.1 Аналіз потенційно шкідливих факторів виробничого середовища

Основними шкідливими й небезпечними факторами на аглофабриках є пил, гази, шум, тепловиділення. Оцінка факторів виробничого середовища й трудового процесу агломератника наведена в табл. 8.1.

Багато технологічних процесів (дроблення, просівання, перевантаження компонентів шихти і агломерату, їх перемішування, спікання і т.д.) супроводжується виділенням пилу, негативно впливає на організм людини і в основному на його органи дихання, іноді погіршує виробничу обстановку (видимість, орієнтування) в межах робочої зони і приводить до швидкого руйнування покриття машини. Крім того, пил може бути вибухонебезпечним і бути джерелом статичних зарядів електрики.

Постійно запиленими на аглофабриках є приміщення циклу повернення, дроблення, рудосортування, спікальних стрічок, шихтового відділення. Кількість пилу на робочому місці агломератника - 1050 мг/м^3 дробильника - 1500 мг/м^3, машиніста ексгаустера - 135,95 мг/м^3, при нормативі 4,0 мг/м^3.

При одержанні агломерату виділяється велика кількість надлишкового тепла від розпеченого пирога агломерату, при теплообміні з навколишнім середовищем нагрітих поверхонь горна й трубопроводів газоповітряних трактів, а також за рахунок витоку гарячих газів з горна, що пробиваються через щілини й нещільності в технологічнім устаткуванні. Кількість інфрачервоних виділень на робочім місці агломератника – 5000 Вт/м^2, на робочім місці машиніста ексгаустера – 3500 Вт/м^2, при нормативі 140 Вт/ м^2.

Тому що агломераційний цех - це гарячий цех, то через наявність великої кількості надлишкового тепла відбувається значне підвищення температури повітря, 39 °С – на робочім місці агломератника, 28 °С – на робочім місці дробильника, 39,5 °С – на робочім місці машиніста ексгаустера. Несприятливий

вплив високих температур повітря підсилюється впливом випромінюваного тепла.

Тепловий ефект впливу опромінення залежить від довжини хвилі і інтенсивності потоку, випромінювання, що опромінюється ділянки організму, тривалості опромінення і уривчастості його, куту падіння променів, одягу. Потоки теплового випромінювання в гарячих цехах створюють в основному інфрачервоні промені довжиною хвилі до 10мкм. Ледь помітне теплове відчуття виникає вже при інтенсивності опромінення 0,08 кДж/м^2 год (при довжині хвилі 2,9 мкм) або 1,7 кДж/м^2 год (при довжині хвилі 1,3 мкм); при останньої довжині хвилі інтенсивність опромінення 54 кДж/м^2 год викликає приємне відчуття. Верхня межа оптимального опромінення менш 1,25 МДж/м^{2}год.

Технологічний процес пов'язаний з безперервним збільшенням потужності і продуктивності обладнання, яке досягається збільшенням робочих швидкостей машин. Наслідком останнього є зростання динамічних зусиль, вібрацій і шуму.

Основною причиною виникнення шуму гуркоту на низьких і середніх частотах є вібрації бічних стінок короба і течок, що обумовлено відцентровими силами, ударним характером впливу деталей підшипникових вузлів вібратора, а також ударами шматків сортується матеріалу.

При роботі грохотів, агломашин і ексгаустера виділяється значний рівень шуму - 98 дБА, 100 дБА, 99 дБА відповідно.

Рівень вібрації при роботі гуркоту, агломашини і ексгаустера становить 98 - 100 дБ, що перевищує нормативне значення - 92 дБ. Вплив вібрації викликає спазми судин, впливає на нервову систему, шлунково-кишковий тракт, м'язи, кістково-суглобовий апарат, зір, слух. Надмірна вібрація може привести до важко виліковної вібраційної хвороби.

Технологічні гази, що відходять від агломашини, містять такі шкідливі компоненти як сірчистий ангідрид, оксид вуглецю, оксиди азоту, аміаку, їдкі луги, оксиди марганцю, тому невеликі кількості цих шкідливих речовин можуть

надходити в повітря робочої зони. Концентрації таких шкідливих речовин як оксиди марганцю, діоксиду азоту перевищують ГДК і становлять відповідно 0,35 мг / м^3, 1,8 мг / м^3 (ГДК відповідно 0,05 мг / м^3, 2 мг / м^3).

Оцінку чинників виробничого і трудового процесу агломератника наведено у табл. 8.1.

За показниками, наведеними в табл. 8.1, слід вважати робоче місце агломератника з особливо шкідливими і особливо важкими умовами праці, що відповідає показникам Списку №1: доплати - 24%, додаткова відпустка - 14 днів, профілактичного харчування.

8.2 Розробка заходів захисту від впливу небезпечних і шкідливих чинників виробничого середовища агломераційного цеху

Одним з основних способів запобігання виділенню пилу при спіканні агломерату є повне укриття спікальних машини, включаючи її робочу частину, холостий хід і всю систему видачі агломерату. Приховування робочої частини спікальних стрічок слід проводити по всій довжині хвостової частини машини до запального горна і по всій ширині отвору міжповерхового перекриття, де розташована машина, включаючи зазори між машиною і перекриттям.

Над бункерами-дозаторами є ємні парасолі. Обсяг повітря, що відсмоктується від кожного парасольки, прийнятий рівним 80000 м^3/год з розрахунку створення швидкості руху повітря в зазорі кромкою парасольки і бортиком хопера, що дорівнює 2 м/с. Запилене повітря, що відсмоктується від парасольок і укриттів, проходить очистку.

Таблиця 8.1. - Оцінка чинників виробничого і трудового процесу агломератника

Чинники виробничого середовища і трудового процесу	Норм. знач. ПДК, ПДУ	Факт. знач. ПДК, ПДУ	III клас – шкідливі і небезпечні умови і характер праці			Час дії чинників, %, за зміну
			I	II	III	
Шкідливі хімічні речовини, мг / м^3:						
I клас небезпеки -						
ангідрид хром	0,01	0,009				
II клас небезпеки-						
Марганцю оксид, аерозоль	0,3	0,35	1,17р			60
III - IV клас небезпеки:						
азоту діоксид,	2,0	1,8				
сірчистий ангідрид,	10,0	5,5				
вуглецю оксид	20,0	17,0				
Пил переважно фіброгенної дії, мг / м^3	4,0	1050			262,5р	90
Вібрація (загальна і локальна), дБ	92	98		6		80
Шум, дБА	80	88	8			90
Мікроклімат в приміщенні:						
- температура повітря,° С	26	39			13	90
-швидкість руху повітря, м / с	0,3	0,3				
-відносна вологість повітря,%	75	75				
-Інфрачервоні випромінювання, Вт / м^2	140	5000			5000	70
Тяжкість і напруженість праці	важка, дуже напружена					

Вловлений в процесі очищення пил повертається в технологічний процес. Так як просівання агломерату відбувається безперервно, а навантаження в бункери - періодично, то відсмоктування повітря з укриттів грохотів і парасольок над ними здійснюється окремо. Холостий хід спікальних машин слід екранувати по висоті приміщення на ділянці від стіни, що відокремлює приміщення

холостого ходу від розвантажувальної частини, до приводної зірочки в головній частині.

Над місцем завантаження агломерату в вагони слід влаштовувати парасолі, з'єднані з жолобами видачі. При цьому необхідно ущільнювати всю трасу жолобів видачі агломерату.

В результаті приховування спікальних машин поліпшуються умови праці, внаслідок того, що:

Виключається необхідність відсмоктування повітря, що йде на технологічні потреби спікання, з обсягу приміщення; усувається розрідження і пов'язаний з ним підсмоктування нагрітого і запиленого повітря з інших приміщень головного корпусу.

Нормалізується робота аераційних і вентиляційних пристроїв, створюється можливість подачі чисто не запиленого повітря і полегшується боротьба з надлишками тепла і загазованістю.

Створюються умови для ефективного відсмоктування з укриттів над хвостовою частиною спікальних стрічок, колосникового гуркоту, жолобів видачі та ін., Що дозволяє вловити і використовувати значну кількість цінної сировини.

Усувається забруднення атмосферного повітря пилом, що викидається витяжними трубами укриттів хвостовій частині стрічок і трубами бункерів або барабанів гасіння повернення.

Для поліпшення умов праці робітників зайнятих на видачу агломерату, служить спеціальний коридор з якого виробляється обслуговування пневматичних затворів бункерів навантаження.

Захист від теплового випромінювання і надлишкового тепла. У цеху спікання через наявність великої кількості надлишкового тепла відбувається значне підвищення температури повітря. Несприятливий вплив високих температур повітря посилюється впливом випромінюваного тепла.

Внаслідок виділення великої кількості надлишкового тепла в агломераційному цеху потрібно значний повітрообмін, особливо в літню пору.

Для ослаблення шуму шумливі агрегати по можливості не обходимо концентрувати в одному або декількох місцях цеху і захищати звукоізоляційні перегородками, або влаштовувати для персоналу звукоізолюючі кабіни з оглядовими вікнами. Як звукопоглинальних матеріалів застосовують пористі матеріали, де відкриті назовні пори заповнені повітрям.

Шум тертя послаблюється мастилом співударних деталей в'язкими рідинами, укладенням вібруючих і створюють шум деталей в рідинні ванни.

Для індивідуальних засобів захисту органів слуху застосовують проти шуми (антифони), зовнішні і внутрішні. Зовнішні проти шуми (шумозахисні навушники) прикривають вушну раковину. Внутрішні (заглушки, вкладиші) вставляють в зовнішній слуховий прохід.

Для ослаблення шкідливих промислових вібрацій застосовуємо вібраційну ізоляцію. Як амортизатори для всього промислового обладнання застосовуємо гумові прокладки (основний режим роботи цього амортизатора - робота на стиснення і частково на зрушення). Але недоліками гумових прокладок є чутливість до низьких температур, а також втрата амортизаційних якостей під впливом атмосферних умов. Такі прокладки порівняно добре затримують поширення тільки високочастотних вібрацій.

До санітарно-гігієнічним заходам ставляться питний режим, режим праці та відпочинку. Науково-обґрунтований режим праці і відпочинку повинен визначати як загальне за зміну час відпочинку, так і найбільш доцільні моменти для відпочинку та їх тривалість, що має забезпечувати високий і стійкий рівень працездатності без шкоди для здоров'я робітників. Перерви на відпочинок повинні бути ув'язані з технологічним процесом і надаватися в технологічні паузи.

Для зниження тяжкості праці і підвищення працездатності необхідно поряд з механізацією трудомістких робіт обмежити тривалість виконання робіт зі значними статичними зусиллями шляхом підміни напарником.

Для профілактики порушення водного балансу у робітників основних професій рекомендується пити прохолодні напої (квас, газовану або мінеральну

воду) невеликими порціями (200 мл), з огляду на, що вода втамовує спрагу швидше і краще при температурі її 12-15 °С.

До індивідуальних засобів захисту від гарячого мікроклімату відноситься спецодяг. Спецодяг виготовляється з матеріалів з низькою теплопровідністю і максимально відображають теплові промені (льон, бавовняна тканина).

8.3 Заходи з електробезпеки

Згідно ПУЕ по небезпеці поразки електричним струмом виробничі приміщення агломераційного цеху відносяться до особливо небезпечних приміщень, так як вони мають чотири ознаки, властивих приміщенням з підвищеною небезпекою. Агломераційне відділення відноситься до особливо небезпечних відносно ураження електричним струмом.

У цеху використовуються чотирьох прохідна електрична мережа з глухо заземленою нейтраллю змінного струму і менше 1000 В двох провідні електричні мережі постійного струму.

У ланцюгах змінного струму використовується напруга 36, 220, 380, 6000 В. Напруга 36 В використовується для живлення переносних освітлювальних ліхтарів, напруга 220 В - для загального і локального освітлення, напруга 380, 6000 В - для живлення електродвигунів і ексгаустерів.

Для захисту від дотику до металевих частин обладнання, які опинилися під напругою використовують захисне заземлення, захисне занулення, захисне відключення. Для попередження про небезпеку використовують попереджувальні плакати: застережливі, що забороняють, дозволяють і нагадують. Постійні попереджувальні сигнали встановлені на дверях приміщень електроустановок напругою понад 1000 В і в інших небезпечних місцях.

8.4 Заходи з пожежної безпеки. Техногенна безпека

У будівлях агломераційного цеху розміщуються виробничі приміщення різних категорій небезпеки: Б, Г, Д.

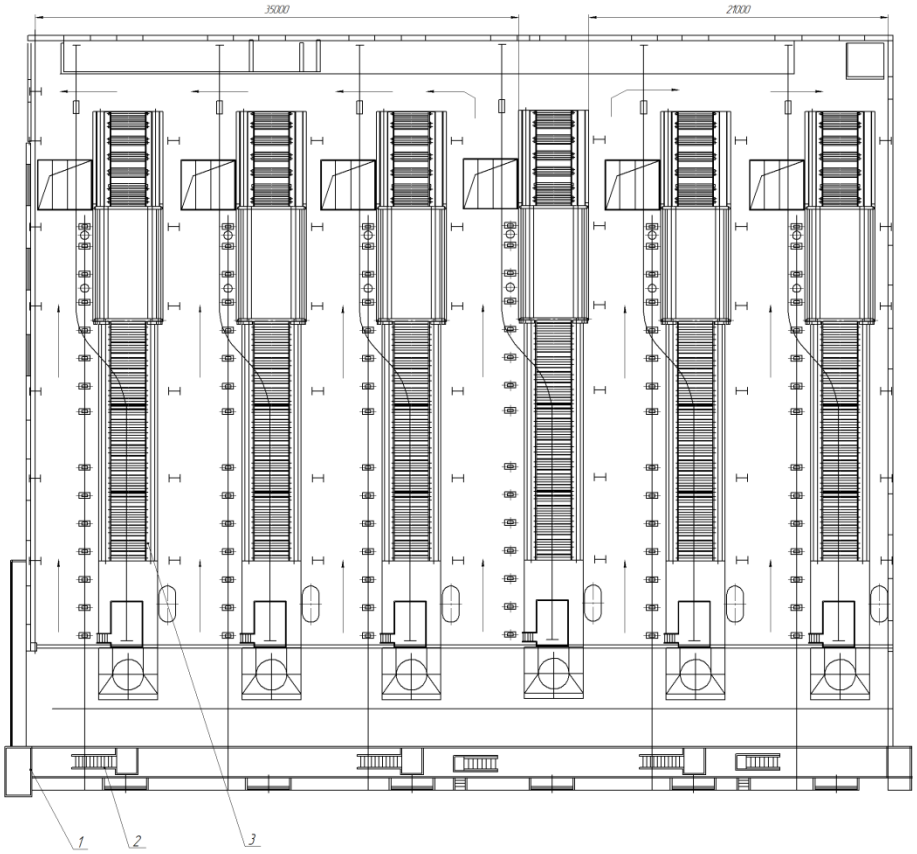
До категорії Б належать приміщення випалювання вапна на випалювальних машинах КМ-14 і ОПР, приміщення спікання агломерату. Будинки агломераційного цеху матимуть II ступінь вогнестійкості. До категорії Г належать приміщення шихтового відділення, відділення агломерації і гарячого повернення. До категорії Д належать всі інші виробничі приміщення цеху.

Для запобігання пожежам виробничі приміщення різних категорій відокремлені один від одного, а також від галерей транспортерів, коридорів і сходових маршів протипожежними стінами. Передбачені проектом отвори в протипожежних стінах захищені протипожежними дверима, обладнаними пристроями для самостійного зачинення. Отвори в стінах і перекриттях для кабелів і трубопроводів захищені шляхом набивання мінеральної вати. Кабельні тунелі і канали виконані з негорючих матеріалів і розділені на протипожежні відсіки довжиною не більше 150 м.

Виробничі приміщення категорії Б оснащуються наступними переносними вогнегасниками: ОХП - 10 (хімічно пінними) в кількості 2 шт., ВП-10-01 (порошковими) з зарядом АВС (Е) в кількості 2 шт., ОУ-8 (вуглекислотними) в кількості 2 шт. Виробничі приміщення категорії Г і Д оснащуються двома переносними вогнегасниками ОХП - 10 і двома вогнегасниками ВП-10-01 з зарядом ВС (Е).

Первинні засоби пожежогасіння розміщені у виробничих приміщеннях на пожежних щитах. Комплект засобів пожежогасіння включає в себе: вогнегасники - 6 (4) шт., Ящик з піском об'ємом 0,1 $м^3$, покривало з негорючого матеріалу, розміром 2м х 2м, дві лопати, два брухту, дві сокири і три гака.

Ефективність та своєчасність евакуації людей при пожежі досягається наявними шляхами евакуації: кількість, протяжність і ширина яких задовольняє нормативним вимогам, а також евакуаційних виходів, якими служать наявні в цеху виробничі виходи (рис.8.1).



1 – евакуаційний вихід; 2- агломераційна машина; 3 - сходини

Рисунок 8.1 – Схема евакуації робітників зі спікального відділення агломераційного цеху

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розроблений проєкт автоматизації шихтопідготовки агломераційної шихти в умовах аглофабрики. Більш детально була розглянута САР дозування компонентів шихти.

У загальній частині проекту описаний технологічний агрегат і процес спікання агломераційної шихти, також дана оцінка існуючому рівню автоматизації спікального відділення. За зібраною інформацією спроєктована схема матеріальних та інформаційних потоків. Окрім цього у загальній частині було розроблено технічне завдання.

У спеціальній частині дипломної роботи розроблена система автоматизації на базі програмованого логічного контролера Siemens Symatic S7-400. Дипломний проект містить також компоновку контролера та вибір і обґрунтування технічних засобів автоматизації. У четвертому розділі спеціальної частини була розроблена функціональна схема автоматизації та на її основі: принципова електрична схема, принципова електрична схема живлення, монтажна комутаційна схема щита КВПіА, зовнішній вигляд щита КВПіА та вид на внутрішні панелі та схема зовнішніх з’єднань.

За спроектованими схемами була створена замовна специфікація та виконаний техніко-економічний розрахунок за організаційно-економічними питаннями.

Дипломний проект також містить основні проблеми та шляхи вирішень питань з охорони праці.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. *Металургійна теплотехніка* : збірник наукових праць Національної металургійної академії України. Дніпро : «ПП Грек О.С.», 2020. 364 с.

2. Інформаційні технології в металургії. URL: it.edu.ua/news/16-05-2022-informatsijni-tekhnologiji-v-metalurgiji-ta-mashinobuduvanni-itmm-2022 (дата звернення 15.10.22).

3. Свинолобов Н.П. Печи черной металлургии : Учебное пособие для вузов. Днепропетровск : Пороги, 2004. - 154 с.

4. А.Н.Пейсхахов, А.М.Кучер «Материаловедение и технология конструкционных материалов» : учебник. Изд-во Михайлова., 2004. 407 с.

5. Металургійні підприємства України.

URL: http://www.steeltorg.com.ua/mp/mp_27.php (дата звернення 20.10.22).

6. Роль математичного моделювання при проведенні теплотехнічних розрахунків.

URL: http://www.nakal.ua/index.php?page=Lib&action=show_item&id=10 (дата звернення 03.11.22)

7. Етапи побудови комп'ютерних моделей.

URL: http://fio.ifmo.ua/archive/group15/c1wu3/steps.htm (дата звіернення 21.12.22).

8. Консультаційний центр Matlab компании Softline. URL: http://matlab.exponenta.ua/ (дата звернення 14.01.23).

9. Кетков Ю., Кетков А., Шульц М . MATLAB 6.x: Програмування числених методів. Київ, 2004. 753 с.

10. Емпіріко-теотетичні методи дослідження систем управління. URL: http://examen.od.ua/upravlen/page117.html (дата звернення 22.01.23).

11. Свинолобов Н.П., Бровкин В.Л. Теоретические основы металлургической теплотехникиь: учеб.пособие. Днепропетровск : НметАУ, 2000. 195 с.

12. Клюєв А.С., Глазов Б.В.,Дубровський А.Х. Проектування систем автоматизації технологічних процесів. Енергоатоміздат,1990. 464 с.

13. Зінченко Ю.М., Барішенко О.М. Теорія автоматичного управління. Запоріжжя : ЗДІА, 2010. 35 с.

14. Ніколаєнко А.М. Технічні засоби автоматизації. Цифрові регулятори. Запоріжжя : ЗДІА, 2009.-84 с.

15. Ніколаєнко А.М. Програмування ПЛК у Softlogic-системі. Запоріжжя : ЗДІА, 2008. 203с.

16. Солодовников В.В., Коньков В.Г. Мікропроцесорні автоматичні системи регулювання. Київ: Вища школа, 1991. 255 с.

17. Полянський Г.О. Методичні вказання к розрахунку надійності систем автоматизованого керування. Запоріжжя : ЗДІА, 2003. 24с.

18. Барішенко О.М. Контрольна робота з дисципліни «Техніко-економічне обґрунтування проектних рішень». Запоріжжя : ЗДІА, 2010. 26с.

19. Закон України «Про охорону праці». Законодавство України про охорону праці. Збірник нормативних документів. 1 том. Київ, 2003.

20. Ткачук К.Н., Бересневич П.В. та ін. Охорона праці : підручник для студентів вищих закладів освіти.

21. Жидецький В.Ц., Джигирей В.С., Мельников О.В. Основи охорони праці. Львів : Афіша, 2000. 351с.

22. Панасейко С.П. Гігієна праці і виробнича санітарія. Запоріжжя : ЗДІА, 2004. 220с.

23. Типове положення про комісію з питань охорони праці підприємства. ДНАОП 0.00-4.09-93.

24. Галузеві нормативно-правові акти з питань управління охороною праці у галузі.

25. Державні стандарти України (ДСТУ) з питань охорони праці.

26. Галузеві нормативно-правові акти щодо вимог безпеки до виробничого обладнання, технологічних процесів, безпечної організації виконання робіт.

24. Пожежна безпека. Нормативні акти та інші документи т. 1,2,3,4.

25. Долін П.А. Основи техніки безпеки в електроустановках. : навч. пособ. для вузів. Київ : Вища школа, 1983. 442 с.

26. Інструкція по влаштуванню блискавкозахисту будівель, споруд і промислових комунікацій: Видавництво МЕІ, 2004. 57 с.

27. Румянцев В.Р. Охорона праці та техногенна безпека : метод. вказівки до виконання розділу дипломних проектів для студ. ЗДІА. Запоріжжя : ЗДІА, 2011. 43 с.