МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

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

Кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота (проєкт)

перший (бакалаврський)
(рівень вищої освіти)

на тему: ««Проект автоматизації агломераційної машини в умовах аглофабрики. Система автоматизованого управління співвідношенням витрат палива та повітря»

Виконав: студент 4 курсу, групи 6.151
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)
Герасименко Дмитра Михайловича
(ініціали та прізвище)
Керівник д.т.н., проф. Пазюк М.Ю.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)
Рецензент
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя 2025

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

Кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
(код та назва)
Спеціалізація _____
(код та назва)
Освітня програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри Коваленко В.Л.
«_____»_____2025року

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

Герасименко Дмитру Михайловичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи: ««Проект автоматизації агломераційної машини в умовах аглофабрики. Система автоматизованого управління співвідношенням витрат палива та повітря»
2 Керівник роботи, Пазюк М.Ю. д.тех.наук, професор,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ЗНУ від «24» грудня 2025 року № 2029-с
3 Строк подання студентом роботи 22.05.2025 р.
4 Вихідні дані до роботи: технічна документація, технологічні інструкції, дані, отримані під час проходження виробничої практики.
5 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) аналіз існуючого рівня автоматизації, розробка технічного завдання, проєктування систем автоматизації, розробка технічної документації, розрахунок систем автоматизаці, розрахунок надійності системи, організаційне забезпечення, охорона праці та техногенна безпека.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) функціональна схема автоматизації, принципові електричні схеми, монтажна-комутаційна схема, загальний вигляд щита, схема зовнішніх з'єднань.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Пазюк М.Ю,д.т.н. професор		
2	Пазюк М.Ю, д.т.н. професор		
3	Пазюк М.Ю, д.т.н. професор		
4	Пазюк М.Ю, д.т.н. професор		
5	Пазюк М.Ю, д.т.н. професор		
6	Пазюк М.Ю, д.т.н. професор		
7	Пазюк М.Ю, д.т.н. професор		
8	Пазюк М.Ю, д.т.н. професор		

7. Дата видачі завдання 20 березня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Визначення особливостей технологічного процесу	20.03 – 26.03. 2025 р.	виконано
2	Аналіз стану об'єкту та існуючих систем автоматизації	27.03 – 02.04 2025 р.	виконано
3	Розробка технічного завдання	03.04 – 10.04. 2025 р.	виконано
4	Моделювання САР	1.04 – 16.04. 2025 р.	виконано
5	Підбір технічних засобів автоматизації для реалізації систем керування	17.04 – 23.04. 2024 р.	виконано
5	Визначення і опис небезпечних і шкідливих факторів на виробництві	24.04 – 30.04. 2025р.	виконано
6	Розрахунок техніко-економічних показників проєкту	01.05 – 10.05. 2025 р.	виконано
7	Розробка презентації роботи, проходження нормконтролю	12.05 – 16.05. 2025 р.	виконано
8	Підготовка доповіді	19.05 – 23.05. 2025 р.	виконано

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

Керівник роботи (проекту) _____ д.т.н,.проф.Пазюк М.Ю
(підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ к.т.н.,доцент Овчинникова І.А.
(підпис) (ініціали та прізвище)

ЗМІСТ

ВСТУП 8
1 ВИВЧЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ФУНКЦІОНУВАННЯ АГЛОМЕРАЦІЙНОЇ МАШИНИ. АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО РІВНЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ 9
1.1 Агломераційна машина й алгоритм її роботи 9
1.2 Технологічний процес, як об’єкт автоматизації 11
1.3 Аналіз існуючого рівня автоматизації на ПАТ «Запоріжсталь» 14
1.4 Розробка схеми матеріальних та інформаційних потоків 15
1.5 Стан рівня автоматизації на аналогічних об’єктах підприємств України та Зарубіжжя 16
1.6 Недоліки існуючої системи управління 18
2 РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ 20
2.1 Вимоги до системи в цілому 20
2.1.1 Вимоги до структури та функціонування системи 20
2.1.2 Вимоги до чисельності та кваліфікації персоналу системи та режиму його роботи 21
2.1.3 Вимоги до надійності 23
2.1.4 Вимоги до безпеки 24
2.1.5 Вимоги до експлуатації, технічного обслуговування, ремонту та зберіганню компонентів системи 26
2.1.6 Вимоги до захисту інформації від несанкціонованого доступу 26
2.1.7 Вимога до збереження інформації при аваріях 26
2.1.8 Вимоги до засобів захисту від зовнішніх впливів 26
2.2 Вимоги до функцій (задач), які виконуються системою 27
2.2.1 Вимоги до інформаційних функцій 27
2.2.2 Вимоги до функцій регулювання 29

2.3 Вимоги до видів забезпечення 30
2.3.1 Вимоги до інформаційного забезпечення 30
2.3.2 Вимоги до лінгвістичного забезпечення 31
2.3.3 Вимоги до програмного забезпечення 31
2.3.4 Вимоги до технічного забезпечення 32
2.3.5 Вимоги до метрологічного забезпечення 33
2.3.6 Вимоги до організаційного забезпечення 33
3 ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ 34
3.1 Вибір та обґрунтування функціональної структури СА 34
3.2 Визначення принципів управління по кожному технологічному параметру 35
3.3 Вибір (розробка) математичної моделі системи управління 36
3.4 Вибір та обґрунтування технологічних засобів нижнього рівня СА 39
3.4.1 Первинні перетворювачі, нормуючі пристрої, вторинні прилади 39
3.4.2 Промислові контролери 42
3.4.2 Виконавчі механізми та регулюючі органи 47
4 РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ 59
4.1 Функціональна схема автоматизації системи управління агломераційної машини 59
4.2 Принципова електрична схема 61
4.3 Принципова електрична схема живлення 62
4.4 Монтажна комутаційна схема приладової шафи 62
4.5 Зовнішній вид шафи та вид на внутрішні панелі 63
4.6 Схема зовнішніх з’єднань 63
6 ЗАМОВНА СПЕЦИФІКАЦІЯ НА ВЕСЬ КОМПЛЕКС ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ 72

7 ОРГАНІЗАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ 73
7.1 Організаційне забезпечення системи автоматизації..... 73
7.2 Техніко-економічні показники..... 73
8 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ 84
8.1 Аналіз потенційно небезпечних та шкідливих чинників, що впливають на працівників лабораторії 84
8.2 Заходи з поліпшення умов праці 89
8.3 Електробезпека 91
8.4. Пожежна безпека. Техногенна безпека 93
ВИСНОВОК 96
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ 97

ВСТУП

Система управління технологічного процесу агломераційного цеху полягає у виготовлені агломерату для доменного виробництва.

Автоматизована системи агломерації агломераційного виробництва забезпечує максимальну продуктивність агломераційних машин та задану високу якість агломерату. Автоматизація дозволяє вирішувати завдання підвищення рівня організації виробництва, оперативності управління технологічними процесами і в цілому підвищення економічної ефективності виробництва за рахунок: оптимізації режимів роботи технологічного устаткування для мінімізації енерговитрат, збільшення надійності за рахунок своєчасної ліквідації аварійних ситуацій, застосування електронної технології протоколювання процесів, забезпечення функціонування об’єкта, зниження витрат праці й т.ін.

Функцією контролю й управління є забезпечення безперервного контролю всіх параметрів технологічного процесу та можливість регулювання режимів роботи виконавчих механізмів дистанційно.

Також за допомогою автоматизованої системи виконуються такі функції:

— автоматичне управління процесом та поліпшення якості регулювання;

— забезпечення достовірної інформації про матеріальні компоненти, які застосовують на виробництві;

— зберігання інформації про хід технологічного процесу та аварійних ситуаціях;

— попередження небезпечних ситуацій.

1 ВИВЧЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ФУНКЦІОНУВАННЯ АГЛОМЕРАЦІЙНОЇ МАШИНИ. АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО РІВНЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ

1.1 Агломераційна машина й алгоритм її роботи

Агломераційна машина призначена для отримання агломерату шляхом спікання шихти за допомогою просочування через неї повітря, частково звільняючи шихту від шкідливих домішків.

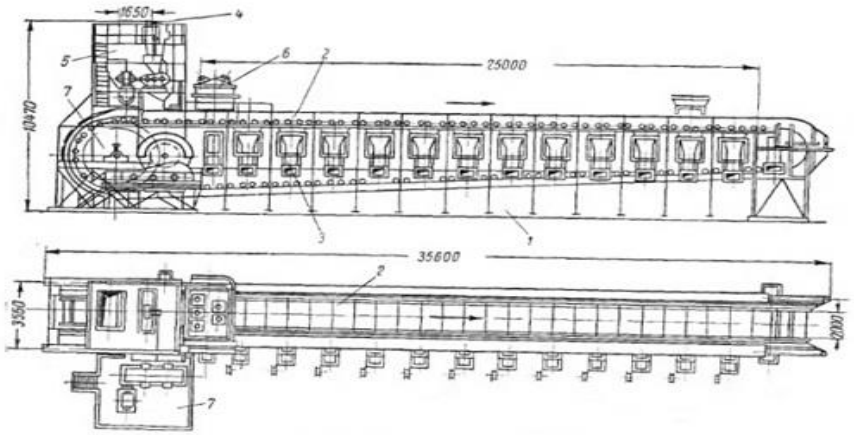
Агломераційні машини бувають двох типів - круглі і стрічкові. В даний час найпоширенішою агломераційної машиною вважається стрічкова. В комплектацію агломашини входить нескінченна стрічка, яка складається з великої кількості візків, що змикаються між собою і рухаються по рамі. Візок рухається за рахунок двох зубчастих коліс, які розташовані в головній частині механізму агломашини. Виготовляються візки зі сталі і кованого чавуну, вони мають форму корита, на дні знаходиться решітка з колосників. Знизу решіток знаходяться газові камери, які в свою чергу з'єднані з ексгаустером, той же створює розрядження.

Повільно обертаючись, колесо в головній частині агломашини зубцями захоплює візок, що підкочується знизу, і піднімає його на направляючу верхню гілку, де вона притискається до попередньої, штовхає її і через неї - решту палетів, що знаходяться на робочій гілці агломашини. При цьому останній візок в хвостовій частині агломашини переходить на направляючу кругову ділянку, а далі - на «холосту» гілку машини, що має невеликий ухил до головної її частини. Візок підхоплюється зубчастим колесом, піднімається вгору, і цикл повторюється.

Шихта, яка в підсумку підлягає спіканню і випалу, потрапляє в візки з відсіку (бункера), яка знаходиться у верхній частині конструкції машини, і лягає на колосникові грати шаром в 200 - 400 мм. Після того, як палет заповнився шихтою, він проходить під запальним горном, де здійснюється займання палива шихти в поверхневому шарі. Шар шихти доводиться до певної високої температури. Протягом часу, поки візок знаходиться на робочій гілці агломашини, через шар шихти безперервно просочується повітря (під дією розрідження в вакуум-камерах, який створює ексгаустер й за рахунок чого відбувається процес окислення). В результаті температура шару підвищується і в ньому починається процес окислення, пізніше спікання. Весь готовий агломерат рухається на візку, швидкість якого становить до 4 м/хв, в хвіст машини. Після чого відбувається скидання агломерату з решітки до прийомного бункеру.

Палет рухається з такою швидкістю, щоб за час переміщення візка від запального горна до останньої вакуум-камери зона горіння формування агломерату - пройшла зверху-вниз через весь шар шихти. При перекиданні палети в кінці агломашини відбувається її звільнення від спеченого агломерату, що утворився.[1]

Конструкція агломераційної машини представлена на рис. 1.1.



1 - каркас агломашини; 2 - візки; 3 - камери розрідження; 4 - завантаження шихти; 5 - завантаження постелі; 6 - горн; 7 - привід машини.

Рисунок 1.1 – Конструкція агломераційної машини

1.2 Технологічний процес, як об’єкт автоматизації

Агломерація є методом для створення предметів з порошкового матеріалу. При нагріванні нижче температури плавлення відбувається злипання частинок між собою через затвердіння легко сплавних частин матеріалу. Агломерація є процесом підготовки залізорудної сировини для металургійного виробництва чавуну.

Шихта складається з концентрату (невеликий залізорудний матеріал), коксику, подрібненого вапняку (фракцією 0-3мм), повернення (не кондиційний матеріал від попереднього спікання з фракцією 0-8мм) та колишникового пилу.

Висока якість агломерату є основною умовою високопродуктивної роботи доменних печей. Агломерат повинен мати: високий вміст заліза, крупність 100-150 мм, низький ступінь руйнування при перевантаженнях і відновленні, сталість всіх фізико-хімічних властивостей. [2]

Процес виробництва офлюсованого агломерату складається з наступних етапів: приготування шихти, змішування, зволоження і огрудкування готової шихти, завантаження шихти на агломераційну стрічку, запалювання шихти, спікання шихти, дроблення агломерату, відсів повернення і транспортування його до шихтового відділення, навантаження агломерату в хопери і контроль його якості. На агломашинах довжина барабана - 7,5 м, діаметр - 2,5 м, швидкість обертання - 8 об/хв.

Для забезпечення нормального змішування і огрудкування ступінь заповнення барабана шихтою повинна становити 10-15%. Нормально зволожена шихта дрібно огрудкована, пухка, пориста, й спікається при високій вертикальній швидкості. Сталість вологості досягається гарним усередненням сирих матеріалів, подачею в шихту оборотних продуктів (повернення, колошникового пилу) постійної якості і кількості і ретельним контролем за подачею води в

змішувальні барабани. При надмірному зволоженні і великому огрудкуванні шихти агломерат має занадто великі пори і стає крихким. Відбувається процес брудоутворення і руйнування огрудкованої структури, особливо в нижньому шарі шихти, що спікається. Газопроникність при цьому різко погіршується і знижується вертикальна швидкість спікання. При недостатньому зволоженні шихти обгрудкування її відбувається погано, газопроникність різко погіршується, що також призводить до зниження швидкості спікання.

Важливою умовою отримання якісного агломерату є правильне завантаження шихти на візки агломашини, де проходить спікання. Після виходу з барабана змішувача аглошихта надходить в проміжний бункер, в якому підтримується постійний рівень. З проміжного бункера шихта рівномірно видається на всю ширину живильника, з якого по завантажувальному лотку рівномірним шаром укладається на аглострічку. Поверхню шихти, що завантажена на стрічки, потрібно постійно згладжувати за допомогою спеціальної гладилки, розташованої за завантажувальним пристроєм. Зниження висоти шару супроводжується погіршенням міцності агломерату, підвищенням відносного виходу повернення. Збільшення висоти шару сприяє поліпшенню якості агломерату, тобто його зміцненню, зменшення питомої витрати палива на спікання, зниження відносного виходу повернення і вертикальної швидкості спікання. Рівномірний розподіл шихти по всій ширині аглострічки є однією з необхідних умов для нормального протікання процесу спікання. Шар шихти перед завантажувальним лотком повинен бути на рівні або вище кромки лотка на 30-50мм.

Процес спікання агломерату починається з запалювання верхнього шару шихти при просуванні його під запальним горном. Запалювання шихти має на меті не тільки займання палива, але і рівномірне гарне оплавлення поверхні пирога агломерату. Запалювання шихти повинно бути рівномірним і досить інтенсивним. Оптимальна температура факела досягається при коефіцієнті

надлишку повітря α≈1,0-1,6. При цьому полум'я має яскравий світло-жовтий відтінок. При нестачі повітря полум'я синіє, а при великому надлишку повітря полум'я стає червонуватим і тьмяним.

Для забезпечення нормального запалювання аглошихти необхідно постійно підтримувати температуру запалювання шихти 1250-1300˚С. Нормальне запалювання забезпечується підтримкою:

а) правильного співвідношення повітря і газу в горючій суміші (близько 10-16 $м^3$ повітря на 1 $м^3$ газу), при використанні горну з метою запалювання і додаткового нагріву шихти;

б) заданого розподілу газу і повітря по пальникам та температури запалювання по всьому перетину горна;

в) постійного утримання вологи в шихті;

г) оптимального вмісту вуглецю в шихті;

д) газопальникових пристроїв у справному стані.

При температурі горна нижче 1250˚С запалювання відбувається мляво і нерівномірно, верхній шар шихти не спікається, що легко виявити по рудуватому відтінку поверхні шару шихти після горна. Запальний горн має водяне охолодження передньої і задньої стінки.

Спікання шихти є основним етапом в технології отримання високоякісного агломерату. В результаті процесу спікання повинен вийти однорідний за хімічним складом, міцний, шматковатий, пористий агломерат. Спікання ведеться на колосникових решітках палету агломераційної машини методом просочування повітря за рахунок розвитку високих температур в шарі шихти.

Швидкість руху аглострічки регулюється відповідно до вертикальної швидкістю спікання так, щоб процес спікання закінчувався над передостанньою вакуум-камерою №12. Вертикальна швидкість спікання визначається швидкістю переміщення зон високих температур в шарі шихти після запалювання (від

поверхні шихти до колосникових грат). Для отримання максимальної продуктивності агломашин необхідно намагатися використовувати повну потужність ексгаустера, для чого потрібно працювати при повністю відкритій засувці ексгаустера, ретельно стежити за ущільненням агломашини, не допускаючи шкідливих просочувань повітря, ретельно стежити за справним станом колосникових грат.

Сходячи з палет агломерат проходить стадію дроблення одновалковою роторною дробаркою до фракції 0-150мм. Після дроблення агломерат проходить стадію просівання: стаціонарний гуркіт з шириною щілини між колосниками 10-20мм. Агломерат, пройшовши стадію дроблення і просіювання, по похилому жолобу надходить в хопери. Дрібна фракція агломерату надходить в бункера повернення. Не допускається наповнення бункера поверненням, так як це перешкоджає нормальному відсіву дрібниці з агломерату і призводить до викривлення металоконструкцій, порушень режиму зволоження і дозування повернення. З бункера повернення надходить в барабан охолодження повернення, в якому охолоджується водою до температури приблизно 80-90˚С. З барабана охолодження повернення надходить з конвеєрів в бункери шихтового відділення, з яких дозується в шихту. [3]

1.3 Аналіз існуючого рівня автоматизації на ПАТ «Запоріжсталь»

Діюча система автоматизації на ПАТ «Запоріжсталь» побудована на контролерах фірми Schneider Electric і виконує наступні функції: автоматичне управління процесом та поліпшення якості регулювання, забезпечення достовірної інформації про матеріальні компоненти, які застосовують на виробництві, зберігання інформації про хід технологічного процесу та аварійних

ситуаціях, зниження витрат і собівартості продукції, що випускається, підвищення безпеки на виробництві, попередження небезпечних ситуацій.

Режими роботи діючої системи автоматизації такі: автоматичний, дистанційний.

В якості технічного забезпечення системи автоматизації використовують контролери та модулі віддаленого вводу-виводу сигналів компанії Schneider Electric, в якості датчиків та виконавчих механізмів використовують таке обладнання: ТП, Сафир, OPTRTS, ТГМ, SITRANS, ПМ80, ППТ, VEGAPULS, МЕО та ін.

Програмне забезпечення контролера розробляється з використанням інструментів системи програмування компанії Schneider Electric в середовищі програмування Unity Pro.

Діюча система автоматизації архітектурно реалізована у вигляді територіально розподіленої системи з централізованим управлінням. У ній використовуються фізично і морально застарілі технічні засоби, які вимагають заміни.

1.4 Розробка схеми матеріальних та інформаційних потоків

На схемі матеріальних потоків, що супроводжують технологічний процес виготовлення агломерату на агломашині, та інформаційних потоків, які необхідно контролювати або формувати при управлінні технологічним процесом зображуємо такі параметри: [4]

— I1 - Контроль температури в вакуум-камерах №1-13;
— I2 - Контроль рівня шихти в промбункері;
— I3 - Контроль температури газів, що відходять в газоході;
— I4 - Контроль розрідження в вакуум-камерах №7, 13;

— I5 - Контроль тиску природного газу в горн;

— I6 - Контроль тиску повітря в горн;

— I7 - Контроль витрат природного газу в горн;

— I8 - Контроль витрат повітря в горн;

— I9 - Контроль швидкості аглострічки;

— I10 - Контроль ступеня зволоження шихти;

— I11 - Контроль зволоження шихти до барабана-огрудковувача;

— I12 - Контроль температури шихти на виході з приймального бункеру;

— I13 - Контроль швидкості обертання барабана-огрудковувача;

— I14 - Контроль розрідження в газоході;

— I15 - Контроль температури газів, що відходять, перед ексгаустером;

— I16 - Контроль розрідження перед ексгаустером;

— I17 - Контроль температури в охолоджувальному барабані;

— U1 - Регулювання температури в запальному горні;

— U2 - Регулювання рівня шихти на аглострічці;

— U3 - Регулювання співвідношення газ/повітря;

— U4 - Регулювання витрати води в змішувальному барабані;

— U5 - Регулювання витрати води в барабані-охолоджувачі. [5]

Схема матеріальних та інформаційних потоків зображена на кресленні ФМ Д2.140115 007.СМІП графічної частини проекту.

1.5 Стан рівня автоматизації на аналогічних об’єктах підприємств України та Зарубіжжя

На території України та Зарубіжжя розташована велика кількість металургічних підприємств. Наприклад: ПАТ " ArcelorMittal Кривий Ріг", ВАТ

«Магнітогорський металургійний комбінат», японська металургійна і суднобудівна компанія «Nippon Kokan», ВАТ «Магнітогорський металургійний комбінат (ММК)», ВАТ «Северсталь», ТОВ «Уралмаш-Металургійне обладнання», АТ «Євраз Об'єднаний Західно-Сибірський металургійний комбінат» та ін.

На сьогоднішній день в загальній кількості на металургійних підприємствах аглофабрик України знаходиться 63 машини, що випускають залізорудний агломерат. Ступінь їх технологічної відповідності нинішнім запитам металургічних підприємств пояснюється тим, що агломераційні фабрики були побудовані в 50-60-х роках минулого століття. Відповідно, зараз технологія українського виробництва агломерату відповідає рівню 50-річної давності. Це пояснюється тим, що після введення в 1969 р. другої черги аглофабрики ММК ім. Ілліча будівництво нових профільних виробництв в Україні не велося. В країні за ці роки так і не було серйозних реконструкцій аглофабрик.

Після 1960 р. міністерство чорної металургії СРСР і України втратили інтерес до розвитку агломераційних виробництв й всі зусилля були зорієнтовані на будівництві фабрики огрудкування. Це можна було пояснити тим, що запаси природно-багатих агломераційних руд вичерпувалися, це призвело до розширення виробництва тонких концентратів за технологією мокрого магнітного збагачення бідних залізистих кварцитів. Цей досвід брали США, Канада та Австралія. Там за вказаною технологією концентратів виробляли неофлюсовані окатиші, тому можливість агломерації не розглядалася.

Діючі склади аглофабрик України, це переважно рудні двори доменних цехів, обладнані козловими рудно-грейферними перевантажувачами. Величини середньоквадратичних відхилень (СКВ) для заліза та кремнезему складають 1,0-1,5% і більше. А при укладанні в загальний штабель різнорідних матеріалів величини СКВ для суміші часто стають більше, ніж вони були в окремих матеріалах до складування. Тому, технології, експлуатовані на вітчизняних

аглофабриках, допускають процес розосередження матеріалів. Це безпосередньо негативно позначається на трьох параметрах: продуктивності агломашин, якості готового агломерату, результати роботи доменних печей.

Серйозними недоліками діючих аглофабрик в Україні можна вважати їх велику кількість агломашин. Проблема в тому, що на момент проектування і будівництва аглофабрик агломашини не виготовляли продукцію в великій кількості, тому для того, щоб виготовляти її у великій кількості (від 6 до 12 млн.т агломерату на рік) встановлювали в одній будівлі (корпусі агломерації) до шести агломашин, а на аглофабриці було до двох таких корпусів,.

За весь час було реконструйовано лише дві агломашини на МК «Запоріжсталь» та МК «Азовсталь». Це дозволило: збільшити термін служби ходових роликів агломашини; збільшити стійкість візків на ходових шляхах за рахунок зниження їх висоти (на 140 мм) і розширення колії (на 480 мм) та зменшити різницю в розмірах ширини колосникового поля і вакуум-камер, забезпечивши тим самим велику рівномірність спікання по ширині візків та ін.

Функціями аглофабрик є висока продуктивність обладнання, висока якість продукції, економні витрати сировини та палива, ефективний захист навколишнього середовища та автоматизація виробництва з малою кількістю робітників.

У відмінності від МК «Запоріжсталь» на виробництві закордоном використовують вимірювальні контролери ControlWav Micro компанії «Метран», General Electric Fanuc Automation, Moore Products. [6]

1.6 Недоліки існуючої системи управління

На виробництві, як і в любій другій галузі, виникають нештатні ситуації та з’являються різні види браку.

Технології для автоматизації на підприємствах з кожним роком все більше вдосконалюються, хоча для підприємства це є в свою чергу ризиком. Наприклад, при ускладненні системи виробництва впроваджується нове обладнання, від якого може постраждати надійність обладнання, яке роками працювало без збою. До того ж, потрібен час, іноді фінанси, для навчання персоналу роботи з новим обладнанням.

Так само, можуть бути порушені технології агломерації, що призводить до отримання браку й неякісного агломерату. Внаслідок того, що може не проводитись технічна діагностика для виявлення дефектів на ранній стадії обладнання часто виходить з ладу. Через близьке розташування датчиків щодо ТОУ вони дуже швидко згорають і зношуються. Останнім часом використовують замість природного газу - змішаний, що покращує економічні показники, але підвищує вибухонебезпечність та отруєння газом.

Нештатні ситуації можуть бути доволі різними, такими як: раптове загорання електродвигуна, травми при вивантаженні кокса, загорання конвеєрної стрічки галереї, що транспортує агломерат на навантаження вагонів й таке інше.

Недоліки чинної системи автоматизації аглоцеха полягають у тому, що в ній застосовуються контролери та модулі введення-виведення фірми Schneider Electric, які знаходяться в експлуатації більше 20 років, а, отже, фізично зношені. Таким чином, система автоматизації вимагає модернізації.

2 РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

2.1 Вимоги до системи в цілому

2.1.1 Вимоги до структури та функціонування системи

На локальному рівні вимоги до системи наступні:

1. Збір інформації від датчиків :

— температура в вакуум-камерах №1-13;

— рівень шихти в промбункері;

— температура газів, що відходять, в газоході;

— розрідження в вакуум-камерах №7, 13;

— тиск природного газу в горні;

— тиск повітря в горні;

— витрати природного газу в горні;

— витрати повітря в горні;

— швидкість аглострічки;

— ступень зволоження шихти;

— зволоження шихти до барабана-огрудковувача;

— температура шихти на виході з приймального бункеру;

— швидкість обертання барабана-огрудковувача;

— розрідження в газоході;

— температура газів, що відходять, перед ексгаустером;

— розрідження перед ексгаустером;

— температура в охолоджувальному барабані;

— аварійна сигналізація агломашини.

2. Перетворення: реальні показники можуть бути представленими уніфікованим струмовим сигналом (0-5мА, 0-20мА, 4-20мА) або напругою (0-10В).

3. Управління:

— регулювання температури в запальному горні;

— регулювання співвідношення газ-повітря;

— регулювання рівня шихти в агломашині;

— регулювання витрати води в змішувальному барабані;

— регулювання витрати води в барабані-охолоджувачі.

4. Регулювання технологічних параметрів з ручною установкою завдання.

2.1.2 Вимоги до чисельності та кваліфікації персоналу системи та режиму його роботи

Чисельність та кваліфікація системи повинна визначатися з урахуванням вимоги мінімізації витрат на персонал.

За виконання автоматизованого управління відповідають начальник цеху, начальник відділу експлуатації, старший майстер, начальник лабораторії електровимірювальних пристроїв, начальник лабораторії з налагодження та вимірювання пристроїв, а також начальник відділу ремонту, агломераційники, оператори поста управління та ін. Структура агломераційного цеху представлена на рис.2.1.

Технологічний персонал та працівники механічної служби агломераційного цеху зобов’язані виконувати вимоги «Правил технічної експлуатації приладів та вимог щодо спікання агломерату». Всі робітники повинні пройти інструктаж з техніки безпеки.

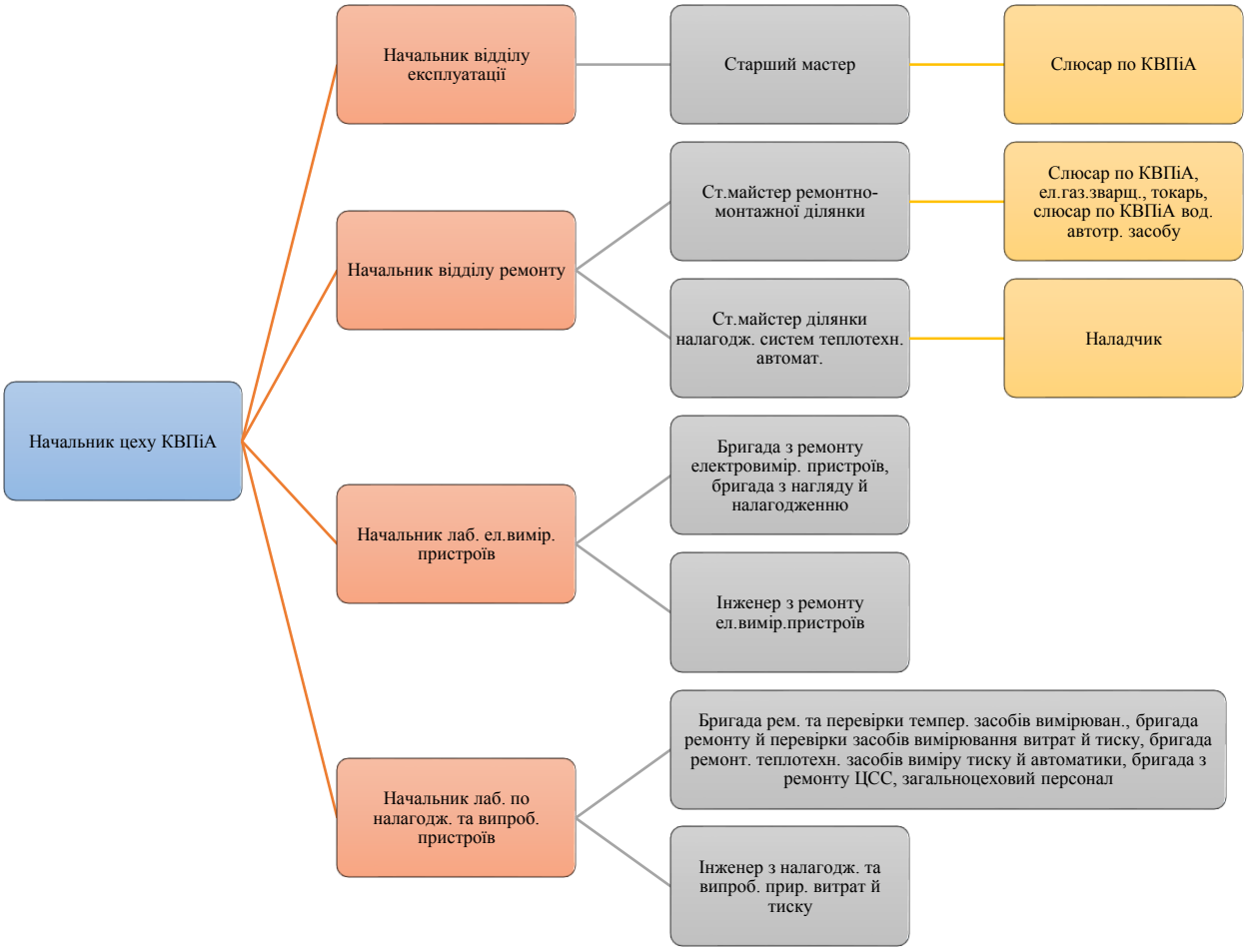


Рисунок 2.1 – Структура агломераційного цеху

Вимоги до кваліфікації працівників:

— начальник цеху: вища технічна освіта, досвід роботи з управління, вміння користуватися ПК;

— начальник відділу ремонту: досвід роботи, вища технічна освіта, проведення планового контролю ремонту обладнання;

— начальник відділу експлуатації: вища освіта, досвід роботи, знання правил безпеки з охорони праці та технічної експлуатації обладнання;

— начальник лабораторії електровимірювальних пристроїв: досвід роботи, вища технічна освіта, знання метрології;

— начальник лабораторії з налагодження та вимірювання пристроїв: вища освіта, досвід роботи, знання технічної експлуатації обладнання;

— старший майстер: вища освіта, досвід роботи, робота з графіками;

— слюсарі: технічна освіта, досвід роботи.

2.1.3 Вимоги до надійності

Кожна функція СУ повинна відповідати вимогам надійності згідно НАПБ В.01.030-86. Відповідно до чинного законодавства: «Відповідальність за пожежну безпеку окремий цехів, лабораторій, відділів, майстерень та інших виробничих ділянок несуть керівники, а під час відсутності останніх - особи, які виконують їх обов'язки.

Необхідно здійснювати перевірку щодо забезпечення пожежної безпеки підприємства і виконувати в установлені терміни приписи державного пожежного нагляду та вимоги вище стоячих організацій, спрямовані на забезпечення пожежної безпеки».

В середньому АСУ ТП повинна служити 7 років. Для забезпечення надійності системи необхідно забезпечити своєчасний ремонт і експлуатацію згідно з графіком.

Відповідно:

«При вирішенні питань, пов'язаних із забезпеченням необхідного рівня надійності АСУ, необхідно враховувати такі особливості АСУ:

— кожна АСУ є багатофункціональною системою, тому до кожної функції різний рівень вимог щодо надійності їх виконання;

— у багатьох АСУ можливе виникнення деяких виняткових (аварійних, критичних) ситуацій, що представляють поєднання відмов або помилок функціонування системи і здатних привести до значних порушень функціонування об'єкта управління (аварій);

— на рівень надійності АСУ можуть в деякій мірі впливати різні види забезпечення й персонал АСУ, що беруть участь в її функціонуванні».

2.1.4 Вимоги до безпеки

1) Вимоги до безпеки обчислювальної техніки

«Пристрої повинні бути сконструйовані і виготовлені таким чином, щоб при несправності, що виникають в процесі експлуатації, не створювалася небезпека для обслуговуючого (сервісного) персоналу (оператора) і навколишнього середовища».

2) Допустимий рівень шумів на робочих місцях

Щоб зменшити шум, що виникає внаслідок вібрацій корпусів і деталей агрегатів, необхідно:

— знизити інтенсивність вібрацій деталей агрегатів за допомогою облицювання їх поверхні вібропоглинаючими матеріалами;

— зменшити зазори в з'єднаннях деталей і усунути неправильне їх зчленування (перекоси і т.ін.);

— розмістити на внутрішніх поверхнях приміщення звукопоглинаючі облицювання;

— зменшити шум на шляху його поширення шляхом установки звукоізоляційної огорожі (перешкоди);

3) Вимоги до безпеки електротехнічних виробів

Відповідно: «Даний стандарт поширюється на електротехнічні вироби і встановлює загальні вимоги безпеки до їх конструкції. Стандарт встановлює вимоги безпеки, що запобігають або зменшують до допустимого рівня впливу на людей: електричного струму; електричної іскри і дуги; рухомих частин виробів; частин виробів, що нагріваються до високих температур; небезпечних і шкідливих матеріалів, використовуваних в конструкції виробів, а також

небезпечних і шкідливих речовин, що виділяються при їх експлуатації; шуму й ультразвуку; вібрації; електромагнітних полів, теплового, оптичного і рентгенівського випромінювання». [7]

4) Вимоги до безпеки від вібрації на робочих місцях

Ослаблення вібрації досягають за допомогою конструктивних і технологічних заходів: усунення дефектів і розхитаності окремих частин системи, віброізоляція за допомогою пристрою амортизаторів (введення в коливальну систему додаткової пружності зв'язку), активний віброзахист (введення додаткового джерела енергії, що здійснює зворотний зв'язок від ізолювання об'єкта до системи віброізоляції).

5) Вимоги щодо захисного заземлення та занулення

Відповідно: «Даний стандарт поширюється на захисне заземлення та занулення електроустановок постійного і змінного струму частотою до 400Гц і встановлює вимоги щодо забезпечення електробезпеки за допомогою захисного заземлення, занулення. Стандарт не поширюється на захисне заземлення, занулення електроустановок, що застосовуються у вибухонебезпечних зонах, електрифікованому транспорті, суднах, в металевих резервуарах, під водою, під землею і для медичної техніки».

6) Вимоги до вибухобезпеки

Відповідно: «Виробничі процеси повинні розроблятися так, щоб ймовірність виникнення вибуху на будь-якій вибухонебезпечній ділянці протягом року не перевищувала 10^{-6}.

Вибухобезпека виробничих процесів повинна бути забезпечена вибухопопереджувальними і вибухозахистними організаційно-технічними заходами. Для забезпечення вибухобезпечного ведення виробничого процесу нормативно-технічною документацією на ньому повинні бути встановлені коефіцієнти безпеки».

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

Кожні півроку система повинна проходити технічне обслуговування. Живлення компонентів системи здійснюється змінною напругою 220В.

При виході з ладу будь-якого технічного засобу в системі, повинна бути передбачена його заміна, тому необхідно мати запасні вироби та прилади. Умови зберігання приладів зазначені в технічній документації до них.

2.1.6 Вимоги до захисту інформації від несанкціонованого доступу

Оператору начальником ділянки повинен видаватися логін і пароль, з відповідним рівнем доступу, необхідним для забезпечення функціонування системи.

2.1.7 Вимога до збереження інформації при аваріях

При виникненні аварійних ситуацій вся інформація повинна зберігатися на сервері. Повинен бути резервний сервер. Якщо відбувається поломка основного сервера, запис повинен відбуватися на резервний сервер. Також необхідно вести журнал зміни, в якому повинні вноситися всі дані і відомості про аварії й процеси, що відбуваються в системі, із зазначенням дати і часу.

2.1.8 Вимоги до засобів захисту від зовнішніх впливів

Для забезпечення надійності системи всі контролери, перетворювачі, пускачі повинні встановлюватися в шафи. У приміщеннях з шафами повинні бути встановлені кондиціонери. Показуючі прилади на ділянках КВП і А повинні бути встановлені на щитах під спеціальними кришками для захисту від пилу.

2.2 Вимоги до функцій (задач), які виконуються системою

2.2.1 Вимоги до інформаційних функцій

Вимоги до інформаційних функцій представлені в табл.2.1

Таблиця 2.1 - Вимоги до інформаційних функцій

Найменування параметру	Діапазон вимірю-вання	Спосіб отримання інформації	Період. отримання інформації	Місце представлен-ня інформації
Ступінь зволоження шихти	8—9 %	Безперервно	Раз в 1сек.	Аналізатор
Зволоження шихти до барабана-огрудковувача	3-4%	Безперервно	Раз в 1сек.	Аналізатор
Температура в вакуум-камерах	50-250ºС	Безперервно	Раз в 1сек.	ТП-2388/1/ХК
Рівень шихти в промбункері	мах 350мм	Безперервно	Раз в 1сек.	SITRANS LVS200

Продовження таблиці 2.1

Температура шихти на виході з приймального бункеру	200 ºС	Безперервно	Раз в 1сек.	OPTRTS CTL T02
Температура газів, що відходять в газоході	80-150 ºС	Безперервно	Раз в 1сек.	ТП-2388/1/ХК
Швидкість обертання барабана-огрудковувача	4-8 об/хв	Безперервно	Раз в 1сек.	ТГМ-30
Розрідження в газоході	1100-1300 кгс/м^2	Безперервно	Раз в 1сек.	Сафир-М5230
Розрідження в вакуум-камерах №7, 13	800-1100кгс/м^2	Безперервно	Раз в 1сек.	Сафир-М5230
Тиск природного газу в горн	>300 мм. вод. ст	Безперервно	Раз в 1сек.	Сафир-М5130
Тиск повітря в горн	<10000 Па	Безперервно	Раз в 1сек.	Сафир-М5130
Втрати природного газу в горн	550-600 м^3/год	Безперервно	Раз в 1сек.	Діафрагма
Втрати повітря в горн	5500-6000 м^3/год	Безперервно	Раз в 1сек.	Діафрагма

Продовження таблиці 2.1

Температура газів, що відходять, перед ексгаустером	>80 ºС	Безперервно	Раз в 1сек.	ТП-2388/1/ХК
Розрідження перед ексгаустером	1100-1300 кгс/м^2	Безперервно	Раз в 1сек.	Сафир-М5230
Температура в барабані-охолоджувачі	<100 ºС	Безперервно	Раз в 1сек.	OPTRTS CTL T02
Швидкість аглострічки	1,5-6,0 м/хв	Безперервно	Раз в 1сек.	ТГМ-30

2.2.2 Вимоги до функцій регулювання

Вимоги до таблиці регулювання представлені у таблиці 2.2

Таблиця 2.2 - Вимоги до функцій регулювання

Найменування функції регулювання	Діапазон вимірювання	Місце розташування ОУ	Вимоги до точності
1.Температура в запальному горні	1280-1380°С	Горн	99%
2.Співвідношення газ-повітря	1:10	Повітряпровід	99%
3.Рівень шихти на аглострічці	330-400мм	Палет	99%

Продовження таблиці 2.2

4.Витрати води в змішувальний барабан	9000-10000 $м^3$/год	Водопровід	99%
5.Витрати води в барабані-охолоджувачі	6500-7000 $м^3$/год	Водопровід	99%

2.3 Вимоги до видів забезпечення

2.3.1 Вимоги до інформаційного забезпечення

Згідно з вимогами до інформаційного забезпечення АСУ:

«Інформаційне забезпечення повинно бути достатнім для виконання всіх автоматизованих функцій АСУ.

Для кодування інформації, використовуваної тільки в даній АСУ, повинні бути застосовані класифікатори.

Для кодування в АСУ вихідної інформації, використовуваної на вищому рівні, повинні бути застосовані класифікатори вище стоячих систем управління.

В АСУ для зв'язку між пристроями комплексу технічних засобів повинні бути застосовані вхідні і вихідні сигнали: електричні, гідравлічні, пневматичні.

Інформаційне забезпечення АСУ має бути сумісним з інформаційним забезпеченням систем, які взаємодіють з нею, за змістом, під час передачі сигналу, методом адресування, форматом даних і формами подання інформації, одержуваної і виданої АСУ.

Форми документів, що створюються АСУ, повинні відповідати вимогам стандартів УСД або нормативно-технічних документів відомства замовника АСУ.

Сукупність інформаційних масивів АСУ повинна бути організована у вигляді баз даних на машинних носіях.

В АСУ повинні бути передбачені необхідні заходи щодо контролю і оновлення даних в інформаційних масивах АСУ, відновленню масивів після відмови будь-яких технічних засобів АСУ, а також контролю ідентичності однойменної інформації в базах даних.»

2.3.2 Вимоги до лінгвістичного забезпечення

Вся інформація повинна бути представлена у вигляді понять і визначень, властивих металургійній галузі, а також повинна бути зрозумілою персоналу, що управляє процесом спікання шихти.

На мнемосхемі оператора повинна використовуватися шифровка основних параметрів[8].

2.3.3 Вимоги до програмного забезпечення

Програмне забезпечення АСУ повинно бути достатнім для виконання всіх функцій АСУ, що реалізуються із застосуванням засобів обчислювальної техніки. А також повинно мати засоби організації всіх необхідних процесів обробки даних, що дозволяють своєчасно виконувати всі автоматизовані функції у всіх регламентованих режимах функціонування АСУ.

Програмне забезпечення АСУ має володіти такими властивостями: функціональна достатність, надійність, адаптованість, модульність побудови та зручність експлуатації.

Програмне забезпечення АСУ повинно бути переважно побудовано на базі існуючих пакетів прикладних програм та інших програм, що запозичені з державних, галузевих та інших фондів алгоритмів і програм.

В АСУ повинні бути переважно використані системи управління базами даних, зареєстровані в установленому порядку.

Програмне забезпечення АСУ повинно бути побудовано таким чином, щоб відсутність окремих даних не відображалося на виконанні функцій АСУ, при реалізації яких ці дані не використовуються.

У програмному забезпеченні АСУ повинні бути реалізовані заходи щодо захисту від помилок при введенні і обробці інформації, що забезпечують задану якість виконання функцій АСУ.

Загальне програмне забезпечення АСУ повинно дозволяти здійснювати настройку компонентів спеціального програмного забезпечення і подальший розвиток програмного забезпечення АСУ без переривання процесу її функціонування.

Всі програми спеціального програмного забезпечення конкретної АСУ повинні бути сумісні як між собою, так і з її загальним програмним забезпеченням.

2.3.4 Вимоги до технічного забезпечення

Для забезпечення роботи системи необхідні різноманітні технічні засоби від первинних перетворювачів до ЕОМ. У даній системі повинні використовуватися різні первинні перетворювачі для вимірювання температури, тиску, витрат, рівня з уніфікованим вихідним сигналом 0-20мА. Всі технічні засоби повинні працювати з уніфікованими сигналами по струму або напрузі.

Первинні перетворювачі повинні забезпечувати безперебійну передачу даних на контролери, а контролери повинні виконувати управління.

В системі необхідно використовувати контролер SIMATIC S7-300.

Повинна формуватися інформація про порушення в роботі технічних засобів. При порушеннях повинна вмикатися звукова сигналізація.

2.3.5 Вимоги до метрологічного забезпечення

Всі технічні засоби автоматизації, наявні в системі повинні проходити державну повірку раз на рік, а планову раз на місяць.

Клас точності приладів повинен бути не більше 3%.

2.3.6 Вимоги до організаційного забезпечення

Організаційне забезпечення АСУ повинно бути достатнім для ефективного виконання персоналом АСУ покладених на нього обов'язків при здійсненні автоматизованих на нього обов'язків при здійсненні автоматизованих і пов'язаних з ними неавтоматизованих функцій системи.

Організаційна структура АСУ повинна дозволяти виконувати всі функції АСУ з урахуванням їх розподілу за рівнями управління.

Інструкції організаційного забезпечення АСУ повинні визначати дії персоналу АСУ, необхідні для виконання кожної автоматизованої функції, у всіх режимах функціонування АСУ, з урахуванням заданих вимог по безпомилковості і швидкодії реалізації персоналом АСУ своїх функціональних обов'язків.

По кожній автоматизованої функції, яка виконується у взаємодії даної АСУ з іншими системами, інструкції персоналу АСУ і цих систем повинні бути взаємопов'язані для всіх режимів виконання даної функції і містити вказівки про дії персоналу при відмовах технічних засобів АСУ.

3 ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

3.1 Вибір та обґрунтування функціональної структури СА

Система АСУ ТП - це автоматизована людино-машинна система управління, яка призначена для автоматизації технологічних процесів на виробництві. Вона служить для вироблення і реалізації керуючих впливів на об'єкти управління. Система складається з засобів автоматизації і оперативного персоналу (операторів, диспетчерів).

Програмно-технічний комплекс АСУ ТП будується на трьох рівнях: нижньому, середньому та верхньому. [9]

Нижній рівень - це рівень обладнання (входів / виходів), датчиків, вимірювальних пристроїв, що контролюють керовані параметри, а також виконавчих пристроїв, які впливають на ці параметри процесу, щоб привести їх у відповідність із завданням. На даному рівні узгоджуються сигнали датчиків з входами пристрою управління, а керуючі команди з виконавчими пристроями.

Середній рівень - це рівень контролерів (ПЛК-PLC, Programable Logic Controller). З контрольно-вимірювального обладнання та датчиків до ПЛК надходить інформація про стан технологічного процесу. В результаті чого ПЛК видає команди управління, відповідно до запрограмованого алгоритму на виконавчі механізми.

Верхній рівень – це рівень промислового сервера, мережевого устаткування, рівень операторських та диспетчерських станцій. На цьому рівні реєструється хід технологічного процесу, забезпечується зв'язок з нижніми рівнями, від яких надходять зібрані дані. Здійснюється візуалізація та диспетчеризація ходу технологічного процесу. Це рівень HMI, SCADA. Оператор здійснює локальний контроль технологічного обладнання через «людино-машинний інтерфейс» (HMI - Human Machine Interface). До цього рівня

відносяться: монітори, графічні панелі, які встановлюються локально на пультах управління і шафах автоматики. Технологічний процес контролюється за допомогою розподіленої SCADA (Supervisory Control And Data Acqusition - диспетчерське управління і збір даних) системи, яка представляє собою апаратуру та програмне забезпечення, що налаштовується і встановлюється на диспетчерських комп'ютерах. Вона забезпечує збір, архівацію, візуалізацію, найважливіших даних від ПЛК. При отриманні даних система самостійно порівнює їх із заданими значеннями керованих параметрів (уставками) і при відхиленні від завдання повідомляє оператора за допомогою тривог, дозволяючи йому вжити необхідних заходів. При цьому система записує все, що відбувається, включаючи дії оператора, забезпечуючи контроль дій оператора в разі аварії або іншої нештатної ситуації. Таким чином, забезпечується персональна відповідальність керівника оператора.

3.2 Визначення принципів управління по кожному технологічному параметру

На функціональній схемі автоматизації зображені замкнуті контури управління в яких сигнали з датчиків без додаткових вимірів доходять до виконавчого механізму. Цей принцип управління вважається за відхиленням.

В замкнутих САУ використовується інформація про керуючий параметр, що дозволяє отримати більш краще й якісніше управління. Керуючий пристрій порівнює отриманий сигнал з заданим значенням. В том випадку, якщо сигнал відрізняється, то відбувається керуючий вплив, який спрямований на зменшення неузгодження цих сигналів (заданого й виміряного). Керуючий пристрій прагне компенсувати дане відхилення, незалежно від причин, що його викликають.

3.3 Вибір (розробка) математичної моделі системи управління

В якості вхідних даних для визначення коефіцієнтів налаштування регулятора використовуємо криву розгону, яка показує залежність значення температури від часу запалювання шихти на аглострічці (рис. 3.1) [10].

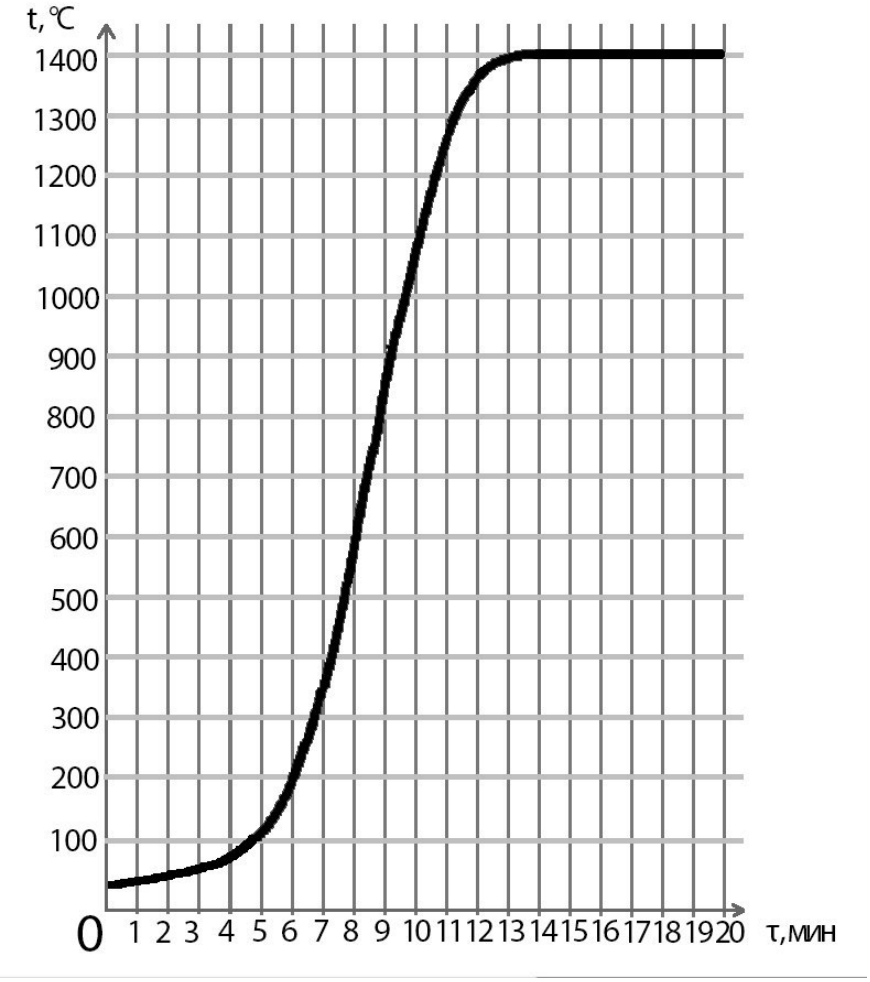


Рисунок 3.1 - Крива розгону температури в запальному горні

За рис було визначено коефіцієнт підсилення та постійну часу для регулятора:

— $K_{об}$=1,5;

— $T_{об}$=14.

Таким чином, передатна функція об’єкту матиме вид:

$$W_{об}(p) = \frac{1,5}{14p+1}.$$

В програмному пакеті Simulink середовища MatLab розроблена система для визначення закону регулювання оптимальних налаштувань регулятору (рис. 3.2).

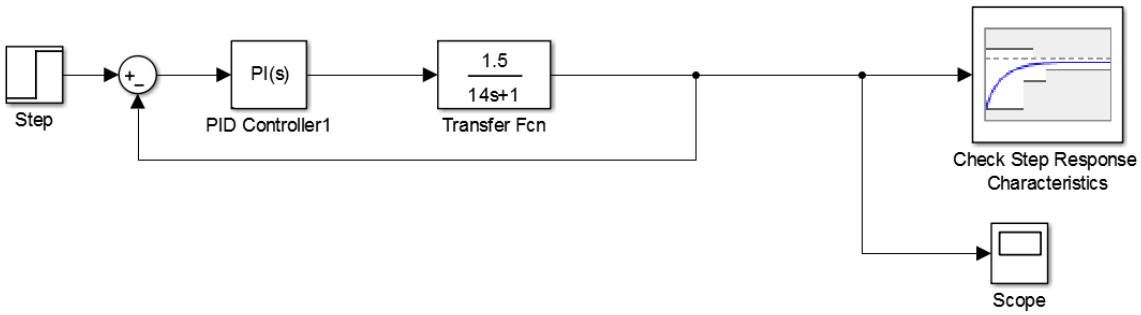


Рисунок 3.2 – Simulink-модель для визначення оптимальних налаштувань регулятору

Закон регулювання об’єкту по даному каналу ПІ. Враховуючи, що об’єкт астатичний розраховано налаштування для даного закону:

— Кр = 5,6;

— Ti = 8.4.

Перехідний процес даного налаштування зображень на рис. 3.3.

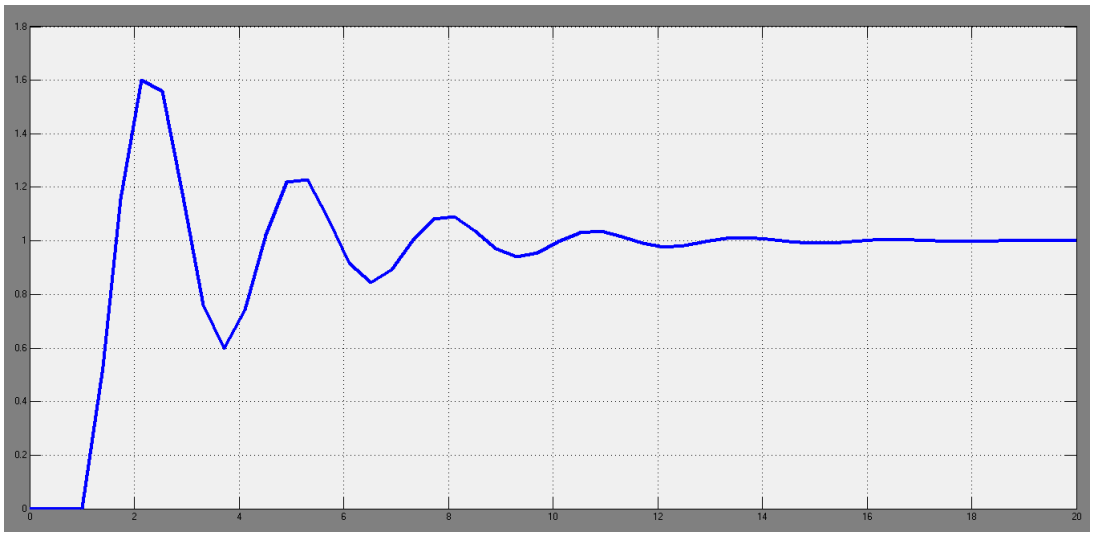


Рисунок 3.3 - Перехідний процес при налаштуваннях: Кр =5,6; Ті=8,4.

Оптимізація параметрів ПІ-закону регулювання, шляхом накладення на перехідний процес показано на рис. 3.4.

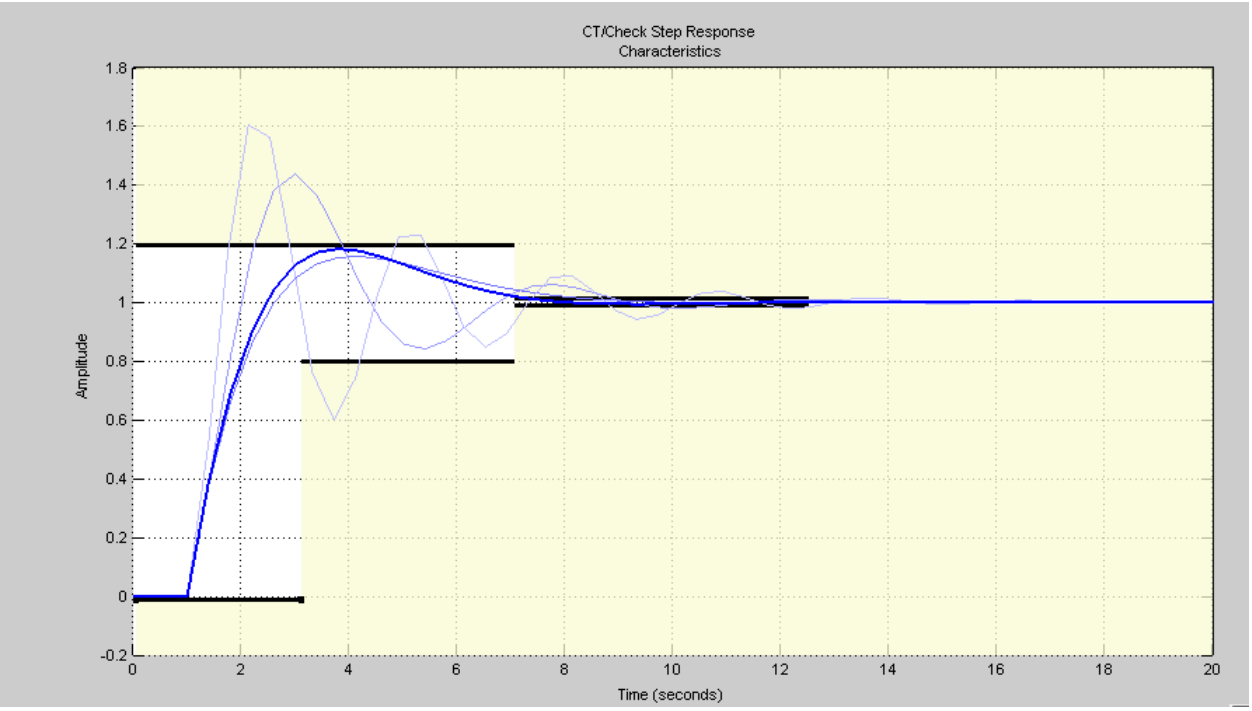


Рисунок 3.4 - Накладення обмежень на перехідний процес

Оптимізація параметрів ПІ-закону регулювання дала наступні їх значення: Кр = 10,28; Ті = 0.6. Графік перехідного процесу при оптимізованих значеннях Кр та Ті показаний на рисунку 3.5.

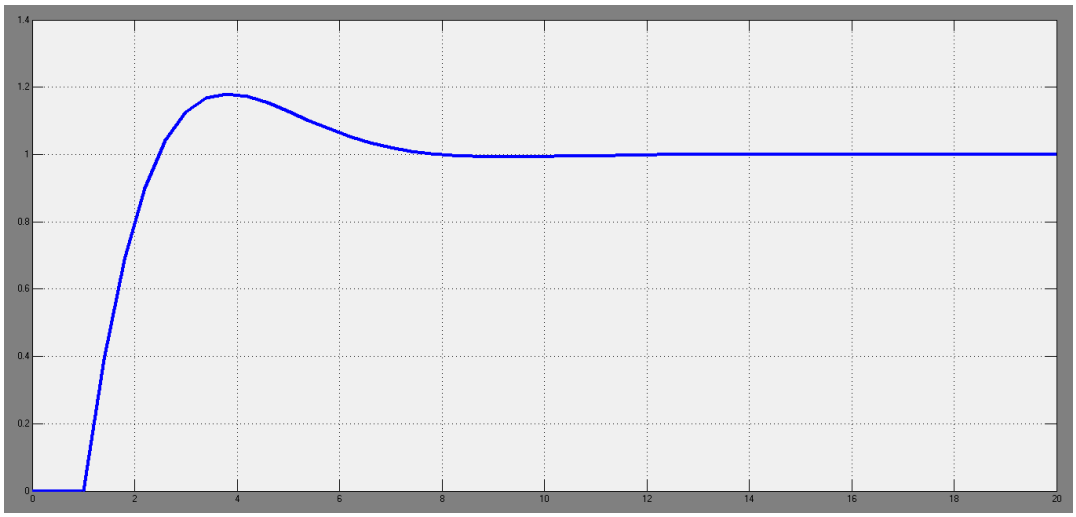


Рисунок 3.5 - Графік перехідного процесу при налаштуваннях: Кр=10,28; Ті= 0,6.

Отже процес оптимізації дав змогу отримати нівелювати коливання, та привести криву розгону до типового процесу з 20% перерегулюванням, без подовження часу перехідного процесу, лише з невеликим транспортним запізненням.

3.4 Вибір та обґрунтування технологічних засобів нижнього рівня СА

3.4.1 Первинні перетворювачі, нормуючі пристрої, вторинні прилади

Для виміру температури в запальному горні використовуються датчики температури Rosemount 248 складаються з первинного перетворювача температури (термоперетворювача опору) і вимірювального перетворювача Rosemount 248. Датчик температури вимірює температуру в діапазоні

25...1372°С, з похибкою ±0,1% або ±0,5°С. Перетворювач має високу точність виміру вихідний сигнал 4-20 мА по протоколу HART. Кріпиться на DIN-рейку.

Для безконтактного вимірювання рівня шихти на аглострічці використовується радарний рівнемір для неперервного виміру з подовжувальною антеною VEGAPULS SR68. Короткі мікрохвильові імпульси передаються через антенну систему і знову приймаються нею після відображення від поверхні продукту. Час від передачі до прийому сигналу пропорційна рівню шихти. Він має діапазон виміру до 30м й точністю виміру ±2мм. Далі за допомогою перетворювача ДВ2ТТ20-А відбувається неперервне перетворення сигналу від рівнеміра в вихідний струмовий 4-20мА. Похибка даного пристрою ±2%.

Для виміру газу й повітря встановлений витратомір Метран-350SFA. Діапазон виміру 4,2-20853600м^3/год. Вихідний сигнал 4-20мА. Границі основної відносності похибки вимірювання витрати до ±0,8%.

Для перетворення сигналу, що надходить від діафрагми, яка вимірює витрати води в змішувальному барабані використовується перетворювач Сафир-М-ДД. Він формує три уніфікованих вихідних сигнали постійного струму 0-5, 0-20 і 4-20 mA. В даній системі цей перетворювач використовується для перетворення сигналу, що надходять від датчиків, що вимірюють витрати повітря й газу в горн.

Для виміру рівня шихти в промбункері використовується вібраційний сигналізатор граничного рівня SITRANS LVS200 з довжиною стрижня до 20000 мм. Даний сигналізатор має струмовий вихід 4-20мА. Він вимірює рівень за принципом: сигнал від електронної схеми збуджує кристал в зонді, змушуючи вилку вібрувати. Якщо вилка покрита матеріалом, зміна вібрації виявляється електронною схемою, яка змушує реле змінювати стан після однієї секунди затримки. Коли вилка вільна від тиску матеріалу, повна вібрація відновлюється, і реле повертається в нормальний стан.

Для контролю розрідження в вакуум-камерах, газоході та перед ексгаустером встановлюється датчик тиску з цифровою обробкою сигналу Сафир-М5230 з діапазоном вимірювання 0-1600 кПа (з похибкою ±0,1-0,5%). На виході даний прибор має сигнал 4-20мА.

Для контролю температури шихти на виході з промбункеру та температури в барабані-охолоджувачі використовуємо інфрачервоний термометр OPTRIS CT LT02. Пірометр Optris CT LT застосовується для вимірювання температури неметалевих поверхонь. Діапазон вимірювання: -50-600°С з похибкою ± 1%, але не менше ± 1 ° С. Вихідний аналоговий сигнал 4-20мА.

Для контролю зволоження шихти до барабана-огрудковувача використовується аналізатор вологості NIR 6700. Діапазон вологості та точність: 0 - 95%, ±0.01%.

Для контролю швидкості аглострічки та швидкості обертання барабана-огрудковувача використовується тахогенератор постійного струму ТМГ-30. Він призначений для роботи в якості датчика в системі автоматичного регулювання частоти обертання приводів різних стаціонарних установок та використовується в якості вимірників швидкості обертання. Номінальна частота обертання 4000об/хв. Клас точності - 2,5.

Для контролю тиску повітря та природного газу в горн встановлюється датчик тиску з цифровою обробкою сигналу Сафир-М5130 з діапазоном вимірювання 0-1600 кПа (з похибкою ±0,1-0,5%). На виході даний прибор має сигнал 4-20мА.

Для вимірювання температури в вакуум-камерах, в газоході та перед ексгаустером застосовується термоелектричний перетворювач ТП-2388/1/ХК. Діапазон вимірюваних температур: від -40 до 600 °С. В уніфікований 4-20мА струмовий сигнал перетворюється за допомогою вимірювального перетворювача MINI MCR-TC-UI-NC. Для температури в вакуум-камерах

використовується технологічний шестиканальний РТМ59/М/В/УХЛ та двоканальний РТМ49 реєстратор. [11]

3.4.2 Промислові контролери

1) Для роботи контролера Simatic S7-300 підбираються складові у вигляді відомості обладнання для компонування ПЛК. Вимоги в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 - Дані для компонування ПЛК

Вимоги	Кількість або наявність
Живлення ПЛК (24 VDC або 220VAC)	220VAC
Кількість аналогових входів 4-20мА (згідно з ФСА)	35
Кількість дискретних виходів струм, до 3А 24 VDC (згідно з ФСА)	6
Кількість аналогових виходів	1
Програма користувача займає (Кб)	до 1000

Компонування ПЛК S7-300 робиться таким чином: вибір процесорного модулю, вибір модулів вводу/виводу, вибір аксесуарів для модулів вводу/виводу, компонування профільної шини, вибір додаткових модулів для профільної шини, вибір модулів живлення.

2) Вибір процесорного модулю

Процесорний модуль підбирається за такими критеріями за такими критеріями: кількість аналогових каналів, кількість комутаційних каналів (дискретних виходів), кількість аналогових вихідних каналів, обсяг пам’яті користувача.

— кількість аналогових входів: 35;

— кількість дискретних виходів: 6;

— кількість аналогових входів: 1.

За таблицею 3.1 підбираємо процесорний модуль. За кількістю каналів будь-який процесорний модуль задовольняє вимоги, тому орієнтуймося тільки на ємність пам’яті та наявні комутації. Серед процесорних модулів S7-300 нам підходить CPU 315-2DP (6ES7315-2AG10-0AB0).

Він має характеристики:

— робоча пам'ять 256 кб;

— завантажується пам'ять (mmc) 64кб - 8 мб;

— час виконання логічних операцій - 0.05 мкс;

— кількість прапорів / таймерів / лічильників -16384/256/256;

— кількість каналів введення-виведення, дискретних / аналогових, не більше - 16384/1024;

— вбудовані інтерфейси - MPI + DP.

3) Вибір модулів вводу/виводу представлений в таблиці 3.2

Таблиця 3.2 – Модулі вводу/виводу

Тип каналу	Назва модуля	Кількість модулів	Загальна кількість каналів в модулі	Задіяно каналів	Каналів в резерві
$A_{вх}$	SM331 6ES7331-7KF02-0AB0	5	8	35	5
$A_{Вих}$	SM332 6ES7332-5HB01-0AB0	1	2	1	1
$D_{вих}$	SM322 6ES7322-1BH10-0AA0	1	16	6	10

4) Компонування контролера

На одній DIN-рейці можна розмістити лише 8 будь-яких модулів. В даному випадку сім модулів вводу/виводу та один інтерфейсний модуль, тому використовуємо лише одну DIN-рейку. [12]

Інтерфейсний модуль IM 360 знаходиться на центральній нульовій стійці. Встановлюємо модуль 6ES7360-3AA00-0AA0.

Для функціонування контролера використовуємо модуль живлення PS 370 6ES7307-1BA01-0AA0 (на 2A).

Для кріплення на плоскій поверхні потрібна механічна основа (стійка) для розміщення модулів центрального процесора 6ES7390-1AB60-0AA0 160x122мм. Для з'єднання програматора PG/PC з CPU використовуємо кабель PG. Для посилення сигналів в підмережі PROFIBUS та MPI, а також з'єднання сегментів використовуємо повторювач RS 485 6ES7972-0AA02-0XA0 (12Мбіт/с).

Модулі на профільній шині розміщуються таким чином: спочатку блок живлення, за ним центральний процесор, інтерфейсний модуль, а потім сигнальні модулі.

На EM0 розміщуємо компоненти контролера в такій послідовності: PS 370, CPU 315-2DP, IM360, SM 322, SM 332, SM 331, SM 331, SM 331, SM 331, SM 331. (Рис. 3.6) [13].

PS 370	CPU 315-2DP	IM 360	SM 322	SM 332	SM 331	SM 331	SM 331	SM 331	SM 331

Рисунок 3.6 – Розміщення компонентів контролера на профільній шині

5) Для програмування і компонування контролеру SIMATIC S7-300 використовують пакет STEP 7 Professional. Цей пакет дозволяє отримати найвищу продуктивність при розробці комплексних проектів автоматизації.

Програма для регулювання температури в запалювальному горні агломашини написана за допомогою LAD-мови програмування та приведена на рис.3.7 та 3.8.

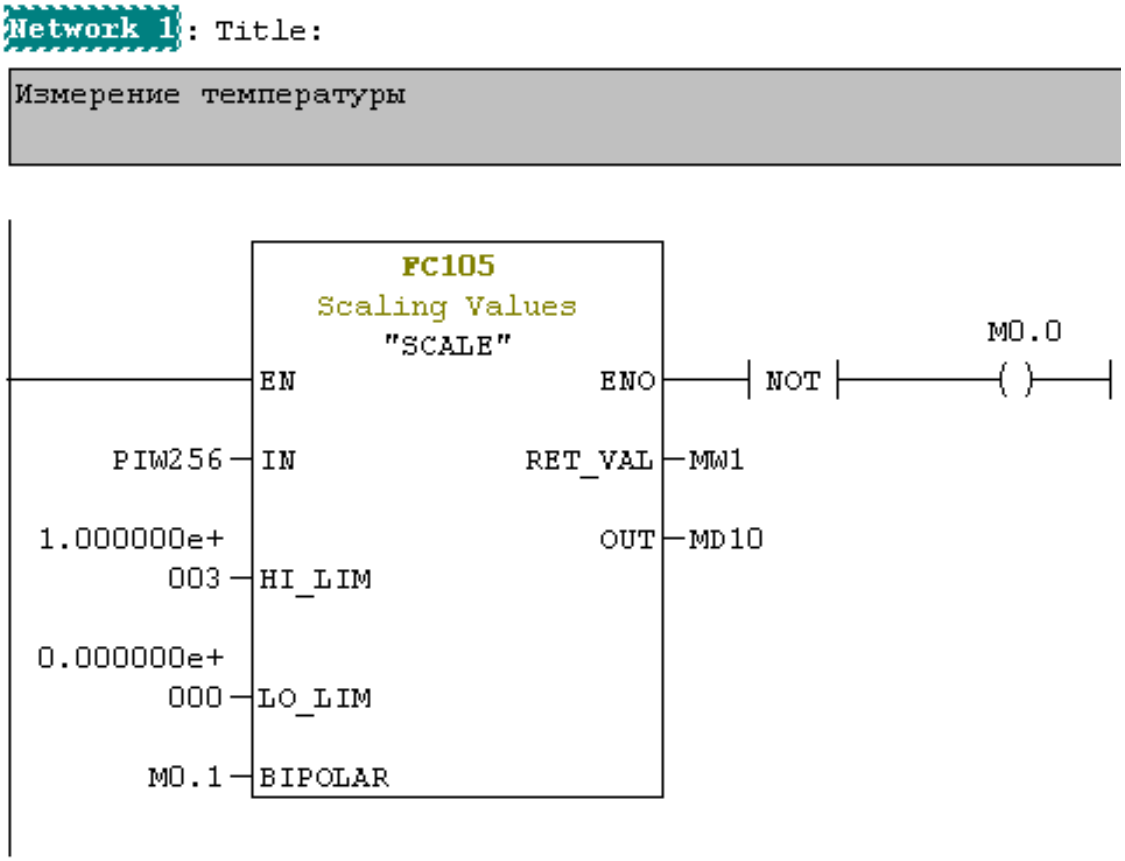


Рисунок 3.7 – Програмування вимірювання температури

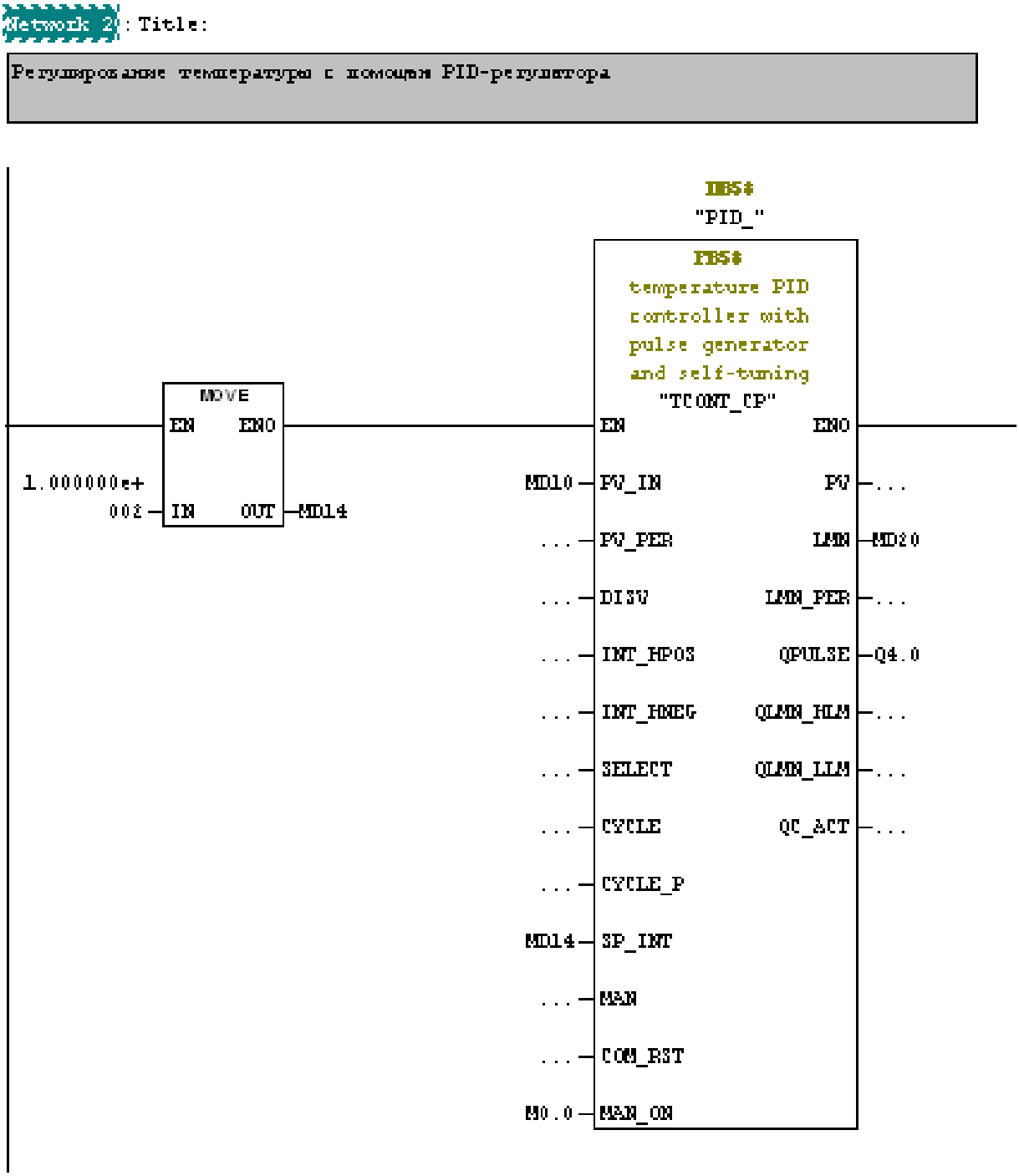


Рисунок 3.8 - Програма регулювання температурою в запальному горні агломашини

Температура вимірюється термопарою. Сигнал з термопари надходить на вхід IN блока «SCALE», що масштабує вхідну величину. Таким чином, здійснює аналогово-цифрове відповідно до заданої шкалою датчика, перевіряє на

знаходження вхідного діапазону (4-20mA) в межах шкали і виводить результат обчислення.

При натисканні контакту інверсії результату логічної операції спрацьовує катушка та сигнал надходить на вхід MAN_ON функціонального блока PID-регулятора (TCONT_CP), що перемикає на роботу в ручному режимі. Блок «MOVE» призначений для присвоєння значень, відповідно він встановлює завдання рівня сигналу уставки.

З виходу QPULSE надходить вихідний імпульсний сигнал. Таким чином на виході з контролера подається модульований з аналогового імпульсний сигнал, який керує роботою виконавчого механізму, що змінює подачу газу на горн і тим самим змінює температуру в ньому.

3.4.3 Виконавчі механізми та регулюючі органи

Вихідні дані для розрахунку:

- максимальна витрата середовища при нормальних умовах;
- абсолютний тиск на початку $Р_{нач}$ та в кінці $Р_{кін}$ частини трубопроводу;
- абсолютна температура середовища Т (незмінна для всієї частини трубопроводу);
- характеристика мережі;
- статична характеристика об’єкта.

Послідовність розрахунку:

Визначення втрат тиску на заданому відрізку трубопроводу.

Загальні втрати тиску на заданому відрізку трубопроводу складаються з втрат а відрізку трубопроводу до $\Delta Рл_1$ та після $\Delta Рл_2$ регулювального органу, а також на самому РО $\Delta Р_{ро}$. Розрахунок вміщує визначення спочатку $\Delta Рл_1$, а потім $\Delta Рл_2$ за однією і тією ж схемою та за одними й тими ж формулам , але для різних умов і властивостей середовища до і після РО. [14]

1) Втрати на Р визначаються з різниці загального перепаду тиску в мережі $\Delta P_{мер}$ та сумарних втрат тиску на лінії до $\Delta Рл_1$ та після $\Delta Рл_2$ РО.

Густина газу при робочій температурі при початковому тиску $P_{поч}$ та тиску P_2 після РО, кг/м^3

$$\rho_1 = \rho_н \frac{P_{поч} \cdot T_н}{P_н \cdot T} = 1{,}33 * \frac{0{,}1049 * 293}{0{,}1 * 303} = 1{,}349 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_2 = р_н * \frac{Р2 * Тн}{Рн * Т} = 1{,}349 * \frac{0{,}10415 * 293}{0{,}1 * 303} = 1{,}36 \text{ кг/м}^3 .$$

Розрахункова максимальна витрата газів для умов до РО $Q_{max1,}$ та після РО Q_{max2} , м^3/год.

$$Q_{max1} = Q_{max} \frac{P_н * T}{P_{нач} * Т_н} = 4194 \frac{0{,}1 * 303}{0{,}1049 * 293} = 4134{,}6 \text{ м}^3/\text{год};$$

$$Q_{max2} = Q_{max} \frac{P_н * T}{P_2 * Т_н} = 4194 \frac{0{,}1 * 303}{0{,}10415 * 293} = 4164{,}32 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Абсолютний тиск середовища після РО:

$$P_2 = P_1 - 0.3(P_{нач} - P_{кон}) = 0.00487 - 0.3 * (0{,}0049 - 0{,}0025) = 0{,}00415 \text{ МПа}.$$

Абсолютний тиск середовища до РО:

$$P_1 = P_{нач} - \Delta P_{л1} = 0{,}0049 - 0{,}0000272 = 0{,}00487 \text{ МПа}.$$

2) Об’ємна витрата залежить тільки від густини

Динамічна в’язкість середовища при $P_{поч}$ (P_2) та Т

$$\mu 1 = 1{,}36*10^{-5}\ Па*с;$$

$$\mu 2 = 1{,}33*10^{-5}\ Па*с.$$

Розрахункова швидкість середовища в трубопроводі до V_1 та після V_2 РО, м/с для пари:

$$V = \frac{354 * Q_{max\,1}}{D_{ñò}^2};$$

$$D = 18{,}85\sqrt{\frac{Q_{max\,1(2)}}{V}} \quad ;$$

де D - діаметр трубопроводу, мм

V – допускна швидкість середовища , м/с , V = 30 м/с.

$$D_1 = 18{,}85*\sqrt{4134{,}6/12} = 349{,}9\ мм;$$

$$D_2 = 18{,}85*\sqrt{4164{,}32/12} = 350\ мм.$$

Знайдену величину D округляють до близького стандартного Dст значення :

$$Dст_1 = 350мм;$$

$$Dст_2 = 350мм.$$

$$V_1 = \frac{354*4134{,}6}{350^2} = 11{,}95\ м/с;$$

$$V_2 = \frac{354*4164,32}{350^2} = 12,034 \text{ м/с.}$$

Число Рейнольдса для середовищ до Re_1 та після Re_2 РО для газів:

$$Re_{1(2)} = 0,354\frac{Q_{max} * \rho_{1(2)}}{D_{ñò} \cdot \mu_{1(2)}};$$

$$Re_1 = 354* \frac{4134,6*1,33}{350*1.67*10^{-5}} = 3,33*10^5;$$

$$Re_2 = 354* \frac{4164,32*1,36}{350*1.67*10^{-5}} = 9,6*10^5.$$

Коефіцієнт тертя для частини трубопроводу до РО, λ_1, та для частини трубопроводу після РО, λ_2.

Для круглих сталевих труб при турбулентному режимі (Re > 2300)

$$\lambda_1 = \frac{1}{(2*\lg(19.5*D_{ст}))^2} = \frac{1}{(2*\lg(19.5*350))^2} = 0,011;$$

$$\lambda_2 = \frac{1}{(2*\lg(19.5*D_{ст}))^2} = \frac{1}{(2*\lg(19.5*350))^2} = 0,017.$$

Втрати тиску в лінії до РО $\Delta Рл_1$ та після РО $\Delta Рл_2$ при максимальних витратах Q_{max1} та Q_{max2}:

$$\Delta P_{л1(2)} = \Delta P_{пр1(2)} + \Delta P_{м1(2)} \pm \Delta P_{h1(2)};$$

$$\Delta P_{np1(2)} = \sum_{i=1}^{n} \lambda_{1(2)} \frac{\rho_{1(2)} \cdot L_{1(2)} \cdot V_{1(2)}^2}{2D_{cm}} ;$$

$$\Delta P_{м1(2)} = \sum_{i=1}^{m} \xi_{1(2)} \frac{\rho_{1(2)} \cdot V_{1(2)}^2}{2},$$

де $\Delta Pnp_{1(2)}$ - втрати тиску на прямих відрізках трубопроводу при максимальному витраченні до РО, Па;

$\Delta P_{м1(2)}$ - втрати тиску в місцевих опорах при максимальному витраченні до РО, Па;

$\lambda_{1(2)}$ - коефіцієнти гідравлічного опору тертя, який залежать від режиму руху потоку до РО;

$\xi_{1(2)}$ - коефіцієнти місцевих гідравлічних опорів (зворотів, раптових звужень, розширень) до РО;

$L_{1(2)}$ - довжина прямих частин трубопроводу до РО;

$D_{ст}$ - діаметр прямих частин трубопроводу до та після РО, м;

$V_{1(2)}$ - середня по перерізу швидкість потоку в трубопроводі до РО, м/с;

$p_{1(2)}$ - густина середовища до РО, кг/м^3.

$$\Delta P_{пр1} = \frac{\mathbf{1{,}349*50*0{,}011*11{,}95^2}}{\mathbf{2*350}} = 0{,}00015 \text{ Па};$$

$$\Delta P_{пр2} = \frac{\mathbf{0{,}017*1{,}36*23*12{,}034^2}}{\mathbf{2*350}} = 0{,}00011 \text{ Па};$$

$$\Delta P_{м1} = \frac{\mathbf{(0.25+0{,}082)*1.349*11{,}95^2}}{\mathbf{2}} = 27{,}16 \text{Па};$$

$$\Delta P_{м2} = \frac{(0{,}25+0{,}45)*1{,}36*12{,}034^2}{2} = 68{,}933 \text{ Па};$$

$$\Delta P_{л1} = 0{,}00015+27{,}16= 0{,}0000272 \text{ МПа};$$

$$\Delta P_{л2} = 68{,}933+0{,}00011 = 0{,}000069 \text{ МПа}.$$

Втрата тиску в регулювальному органі при максимальній розрахунковій витраті, МПа:

$$\Delta P_{ро}=\Delta P_{мер}–(\Delta P_{л1}+\Delta P_{л2}) ;$$

де $\Delta P_{мер} = P_{поч} - P_{кін}$ - загальний перепад тиску в мережі, МПа.

$$\Delta P_{мер} =0{,}0049-0{,}0025= 0{,}0024 \text{ МПа};$$

$$\Delta P_{ро} = 0{,}0024 –(0{,}000069+0{,}0000272) = 0{,}00238\text{МПа}.$$

Розрахунок пропускної здатності, вибір регулювального органу та його перепускної характеристики.

Розрахувати необхідне значення перепускної здатності Kv мах в залежності від Q_{max} і $\Delta P_{ро}$, м^3/год .

Рівняння для потоку газу:

$$\mathbf{K_{vmax}= \frac{Qmax}{5350} * \sqrt{\frac{\rho_{газ}*T_1*K'}{\Delta P_{ро}}} = \frac{4194}{5350} * \sqrt{\frac{1{,}250*303*1}{0{,}0023*0{,}00415}} = 4938{,}1} \text{ м}^3\text{/год};$$

Стосовно переліку типорозмірів дросельних РО, вибираємо РО з умовною перепускною здатністю Kvy, яка більше розрахункового значення Kv max на 20%:

$$K_{vy} \geq 1{,}2\ K_{v\max};$$

$$K_{vy} = 1{,}2 * 4938{,}1 = 5190{,}96 \ \ м^3/год.$$

Таблиця 3.4.3 - Вибір РО

Тип	Діаметр умовного проходу, мм	Умовний тиск , МПа	Умовна перепускна здатність $K_{v\,y,}$ т/год
ПРЗ	350	0,25	2500

Коефіцієнт n визначаємо по відношенню перепаду тиску в лінії до перепаду тиску на РО.

$$n = \frac{\Delta P_л}{\Delta P_{PO}} = \frac{0.0000073}{0{,}00238} = 0{,}00306.$$

По прийнятому значенню K_{vy} визначаємо уточнене значення максимальної витрати через РО $G`_{max,}$ використовуючи необхідну формулу $K_{v\max}$

$$\mathbf{K_{vmax}} = \frac{\mathbf{Qmax'}}{\mathbf{5350}} * \sqrt{\frac{\boldsymbol{\rho}_{газ} * T_{\mathbf{1}} * \mathbf{K'}}{\Delta \mathbf{P}_{ро} * P_{\mathbf{2}}}};$$

$$5190=\frac{\boldsymbol{Qmax'}}{\mathbf{5350}} * \sqrt{\frac{\mathbf{378{,}75}}{\mathbf{0{,}000012}}};$$

$$\boldsymbol{Qmax' = 4942}.$$

Знайдемо відносне значення витрачень q_{max} та q_{min} діленням Q_{max} і Q_{min} на $Q`_{max}$:

$$Q_{min}=0.25*Q_{max} = 0.25*4194=1.031 \text{ кг/год};$$

$$q_{max}= \frac{\boldsymbol{Q}}{\boldsymbol{Q'_{max}}} = 4194/4942=0.84;$$

$$q_{min}= \frac{\boldsymbol{Q_{min}}}{\boldsymbol{Q'_{max}}} = 1.031/4942=0{,}000208.$$

Вибираємо перепускну характеристику регулювального органа. Аналіз збурень показав, що основними збуреннями в об'єкті є зовнішні збурення (зміна навантаження об'єкта та ін.), тому бажано мати лінійну витрачальну характеристику.

Потрібно зробити вибір між лінійною та рівно відсотковою перепускними характеристиками РО, виходячи з того, що при п<1,5 переважна лінійна перепускна характеристика, при п > 3 - рівновідсоткова. Для проміжних значень 1,5<п<3 може бути вибрана будь-яка з двох форм перепускної характеристики.

У нас n<1,5, тому вибираємо лінійну перепускну характеристику. Для забезпечення лінійної витрачальної характеристики клапану визначаємо діапазон переміщення РО за витрачальною характеристикою РО з лінійною пропускною характеристикою.

При відомих значеннях n, q_{max}, q_{min} знаходимо значення l_{max} та l_{min} (діапазони навантаження) для РО з лінійною пропускною характеристикою:

$$l_{max} = 0.84;$$

$$l_{min} = 0.000208.$$

При цьому коефіцієнт передачі Кро знаходимо для q_{max} та q_{min}.

$$К_{ро\ max} = 1;$$

$$К_{ро\ min} = 1.5;$$

$$\frac{K_{po\ max}}{K_{po\ min}} = \frac{1}{1.5} = 0.66.$$

3) Розрахунок з'єднання регулювального органу з виконавчім механізмом

Для якісного регулювання коефіцієнт передачі САР повинен бути незмінним.

Його величина визначається добутком

$$К=К_{об}\cdot К_{р}\cdot К_{вм}\cdot К_{з}\cdot К_{ро},$$

де $К_{об}$ – коефіцієнт передачі об'єкта,

$К_{р}$ – коефіцієнт передачі регулятора,

$К_{вм}$ – коефіцієнт передачі виконавчого механізму,

$К_{з}$ – коефіцієнт передачі з'єднання,

$К_{ро}$ – коефіцієнт передачі регулювального органа.

При вибраних формах витрачальної та пропускної характеристик, які забезпечують сталість коефіцієнта передачі регулювального органа, незмінність К може бути отримана шляхом компенсації нелінійності статичної характеристики об’єкта нелінійністю з’єднання виконавчого механізму з регулювальним органом.

Будова безрозмірної статичної характеристики з’єднання виконавчого механізму з регулювальним органом.

Статичну характеристику об’єкта регулювання подаємо у безрозмірній формі:

$$X_{вих\,об} = \frac{X^{i}_{вих}}{X_{вих\,max}}; \qquad X_{вх\,об} = X_{вих\,РО} = \frac{X^{i}_{вх}}{X_{вх\,max}};$$

де $X_{вих\ об}$ і $X_{вх\ об}$ – безрозмірні значення вихідної та вхідної величини об’єкта регулювання;

$X^{i}_{вх}$ і $X_{вх\,max}$ – і-те та максимальне значення розмірної вхідної величини об’єкта регулювання.

Безрозмірну статичну характеристику об’єкта регулювання будуємо у першому квадранті координатної площини $X_{вих\ об}=f(X_{вих\ ро})$.

У другому квадранті цієї ж площини будуємо лінійну характеристику “виконавчий механізм – об’єкт регулювання” в безрозмірному вигляді.

Праву піввісь координатної площини ділимо на десять рівних інтервалів і, відповідно до схеми, будуємо у четвертому квадранті статичну характеристику з’єднання виконавчого механізму з регулювальним органом.

Отримана характеристика лінеаризує регульований об’єкт, оскільки вона є дзеркальним відображенням його статичної залежності і забезпечує сталість коефіцієнта передачі САР.

4) Графічний метод розрахунку з’єднання регулювального органу з виконавчим механізмом.

Вхідною величиною з’єднання є кут повороту вала регулюючого органу. Тому статичну характеристику з’єднання потрібно перевести з безрозмірної в розмірну, перерахувавши кожну точку в градуси кута повороту, отримавши таким чином залежність кута повороту регулюючого органу від кута повороту вихідного валу виконавчого механізму.

На графіку виділяємо три точки, які найбільш вірогідно відображають його характер у бажаному діапазоні.

Визначаємо прирощення кутів повороту вихідного вала виконавчого механізму і відповідні їм прирощення кутів повороту регулювального органа.

Задаючи відстань між вісями валів виконавчого механізму та регулюючого органа, а також знаючи довжину кривошипа виконавчого механізму – 200 мм попередньо приймаємо розмір кривошипа – 400 мм.

Задаючи початкові кути положення кривошипів 20°, будуємо їх взаєморозміщення в масштабі 1:4.

Далі визначаємо дійсний розмір кривошипа РО та кута його положення:

Довжина кривошипа РО = 237,2 мм.

Довжина тяги між кривошипами РО та ВМ = 650 мм.

5)Вибір виконавчого механізму

Вибір виконавчого механізму (ВМ) базується на зусиллі, яке він повинен розвивати для зміни положення РО. Для повертальних затулок величину моменту, необхідного для їх обертання визначають за формулою:

$$M = K(Mp + M\text{т})$$

Момент на валу ВМ повинен бути рівним або більшим за момент, необхідний для обертання затулки. Реактивний момент, зумовлений прагненням потоку зачинити затулку, Нм:

$$Мр = \ 0{,}07 * \Delta Рзат \ * Dy^3 \ = \ 0{,}07 * 4870 * (0{,}35)^3 \ = 14{,}62 \text{ Нм}$$

де ΔРзат – перепад тиску на затулці, Па; рекомендується брати рівним надлишковому тиску перед затулкою.

Момент тертя в опорах, Нм:

$$Мт = 0{,}785 * \ Dy^2 \ * \ Рзат \ * Rш * \lambda =$$

$$= 0{,}785 * 0{,}35^2 * 4870 * 0{,}02 * 0{,}15 = 1{,}4 \text{ Нм;}$$

де Rш=0,02 – радіус шийки вала затулки, м;

λ =0,15 – коефіцієнт тертя в опорах;

Dy – умовний діаметр, м;

К=2-3 - коефіцієнт, який враховую затягнення защільників та завантаженість трубопроводу.

$$М \ = К(Мр + Мт) = \mathbf{2} * (14{,}62 + \ 1{,}4) = \ 32{,}04 \text{ Нм.}$$

Після цього обираємо виконавчий механізм.

Тип: МЭО-100/25-025

Номінальний обертальний момент на вихідному валу, Н·м: 35

Номінальний час повного ходу вихідного вала, с: 10

Номінальний хід вихідного вала, оберти: 0,25.

4 РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

4.1 Функціональна схема автоматизації системи управління агломераційної машини

Функціональна схема автоматизації є основною схемою проекту, яка показує функціонально-блокову структуру управління, а також ступінь оснащення об'єкта управління пристроями контролю і управління. На функціональній схемі в дипломному проекті зображено система автоматизації процесу спікання агломерату на агломераційної фабриці ВАТ «Запоріжсталь».

— Регулювання температури запального горна: здійснюється за допомогою датчики температури (поз. 1а). Далі сигнал з датчика надходить до перетворювача (поз. 1б). Якщо цей сигнал не відповідає заданому значенню, то контролер виконує керуючий вплив та за допомогою виконавчого механізму (поз. 1д) змінює положення керуючого клапану, тим самим збільшує або зменшує витрати газу. Перемикач (поз. 1в) дозволяє у разі виникнення аварійної ситуації вимкнути виконавчий механізм, що дозволяє припинити подачу газу.

— Регулювання рівня шихти на аглострічці. Завантаження шихти на аглострічку з проміжного бункера зазвичай проводиться барабанним живильником, продуктивність якого регулюється зміною швидкості його обертання. З барабанного живильника шихта надходить в завантажувальний лоток агломашини і потім укладається на колосники аглострічки. Система автоматичного регулювання висоти шару шихти забезпечує постійну висоту шару при зміні швидкості руху аглострічки. Інформація про висоту шару шихти надходить від датчика висоти шару шихти (поз. 2а) й на перетворювач (поз. 2б). Сигнал з перетворювача надходить на контролер, де він порівнюється з уставкою (завданням). У разі нерівності цих сигналів контролер за допомогою двигуна

змінює швидкість обертання барабанного живильника проміжного бункера. Перемикач (поз. 2в) дозволяє у разі виникнення аварійної ситуації вимкнути виконавчий механізм, що дозволяє припинити обертання барабанного живильника.

— Співвідношення газ/повітря регулюється шляхом змінення температури в горні. Температура вимірюється за допомогою термопари (поз. 1а). При відхиленні температури в горні від заданої контролер видає керуючий сигнал на електродвигун виконавчого механізму (поз. 1е), який відкриває або закриває дросельний клапан газу. Такий же механізм встановлений і на повітропроводі. Витрата газу для запалювання вимірюється витратоміром (поз. 3б-1). Такий же витратомір встановлюються для замірів витрати повітря (поз. 3б-2). Природний газ та повітря подається в співвідношенні 1:10. За допомогою перемикача (поз. 3в) можна вимкнути подачу повітря в горн у разі виникнення аварійної ситуації.

— Контроль витрат витрати повітря, природного газу в горн, витрати води в змішувальний барабан, витрати води в барабані-охолоджувачі: з діафрагми (поз. 4а, 6а, 26а) дані надходять до датчика різниці тиску з якого сигнал надходить на контролер та на ЕОМ. Регулювання витрати води в змішувальному барабані та в барабані-охолоджувачі відбувається шляхом того, що при відхилені від заданого значення виробляється керуючий вплив, що через виконавчий механізм (поз. 4е,5е) змінює положення регулюючого клапану. Перемикач (поз. 4г, 5г) дозволяє у разі виникнення аварійної ситуації вимкнути виконавчий механізм.

— Контроль швидкості аглострічки та контроль швидкості барабана-огрудковувача: складається з тахогенератора постійного струму (поз. 27а, 31а), з нього сигнал надходить на контролер та на ЕОМ.

— Контроль рівня шихти в промбункері: складається з вібраційного сигналізатору граничного рівня (поз. 20а), з якого сигнал надходить на контролер та на ЕОМ.

— Аварійна сигналізація агломашини здійснюється: при падінні розрідження в газоході чи тиску природного газу, відбувається світлова та звукова сигналізація.

— Контроль тиску природного газу й повітря в горн: складається з датчика тиску (поз. 24а, 25а), з якого сигнал надходить на контролер та на ЕОМ.

— Контроль розрідження в вакуум-камерах та газоході: складається з датчика тиску (поз. 34а, 22а), з якого сигнал надходить на контролер та на ЕОМ.

— Контроль температури в вакуум-камерах та газоході: сигнал з термоелектричного перетворювача (поз. 21а, 33а) надходить на вимірювальний перетворювач (поз. 21б, 33б), з якого сигнал надходить на контролер та на ЕОМ.

— Контроль ступеня зволоження шихти та зволоження шихти в промбункері: складається з аналізатора, з якого сигнал надходить на контролер та на ЕОМ. [15]

Функціональна схема автоматизації наведена на кресленні графічної частини роботи.

4.2 Принципова електрична схема

Принципова електрична схема (ПЕС) є повним документом, що визначає склад електричних частин проекту та зв’язків між її елементами. ПЕС дає детальне уявлення про принципи роботи системи. Електрична схема розробляється на основі ФСА, а також згідно вимогам технічного завдання.

На принципово електричній схемі враховано особливості електричного з’єднання системи приладів та механізмів на основі функціональної схеми автоматизації, відповідно до прийнятих стандартів.

Принципову електричну схему наведено на кресленні графічної частини роботи.

4.3 Принципова електрична схема живлення

На принциповій електричній схемі живлення зображені апаратура підключення джерел живлення і споживачів електроенергії, апаратура контролю напруги, найменування споживачів, креслення та перелік апаратури.

В системі регулювання виконавчі механізми потребують напругу 380В змінного струму, а датчики за допомогою блоків живлення потребують 220В.

Живлення цих приладів відбувається від існуючої мережі. Запобіжники застосовуються задля запобігання виходу з ладу приладів у разі виникнення раптового підвищення напруги.

Для того, щоб від’єднати електроприймачі й лінії для ремонтних робіт застосовуються вимикачі. Блоки живлення за допомогою яких живляться датчики вимикаються одним вимикачем.

Принципову електричну схему наведено на кресленні графічної частини проботи. [16]

4.4 Монтажна комутаційна схема приладової шафи

На монтажній комутаційній схемі (МКС) відображаються взаємозв’язки між приладами у мережах приладової шафи. МКС виконано адресним методом.

В шафі розміщено: контролер Simatic S7-300 з модулями, сигнальну лампу та два перемикача ПМОФ-45. Також в шафі розміщено клемні колодки, за допомогою яких відбувається зв’язок з обладнанням, що знаходиться на об’єкті. Через одну з таких колодок проходить напруга для живлення устаткування від мережі 220В.

Монтажну комутаційну схему наведено на кресленні графічної частини роботи.

4.5 Зовнішній вид шафи та вид на внутрішні панелі

Приладова шафа використовується для розміщення пристроїв та апаратури.

Було обрано приладову шафу Rittal AE 1090.500 з напиленням RAL7035 поверх електрофорезного ґрунтовки та ступенем захисту IP 66. Шафа з готовими отворами для кріплень на задній панелі, що усувають необхідність розмітки і свердління. Безпечні заземлюючі з'єднання передбачені всередині корпусу, на дверцятах і монтажних панелях. В середині шафи якісний захист від пилу і вологи електрообладнання. Серед існуючих розмірів було обрано: 600х1000х250мм для зручного встановлення приборів.

На схемі зображено розташування всіх встановлених приладів, вказано розміри вирізів, необхідних для монтажу.

Зовнішній вид приладової шафи наведено на креслені графічної частини роботи.

4.6 Схема зовнішніх з’єднань

На схемі зовнішніх з’єднань показані електричні і трубні лінії зв’язку, види кабелів, що прокладаються поза шафою, а саме: витратоміри для природного газу

та повітря Метран-350 SFA, виконавчі механізми МЕО-100/25-025У та тиристорні підсилювачі ФЦ-0610.

Для передачі інформації:

— від виконавчого механізму до підсилювача використовується кабель АПВПУГ 2,5мм^2 (11м), а для його захисту застосовується гофротруба ПВХ d40 (10м);

— від термопари використовується кабель ПКВГ 2,5мм^2 (35м), для його захисту – металорукав РЗ-Ц-Х-15 (35м);

— від витратомірів - ВВГнг 2,5мм^2 (3м), для захисту кабеля - гофртруба 220 ТМ 22мм (3м);

— до тиристорного підсилювача – кабель ВВГнг 2х2,5мм^2 (42м), для захисту - металорукав в ПВХ d22 (42м).

Тиристорний підсилювач живиться через дріт ПКВГ 4мм^2 (25м), а задля захисту дроту використовуємо металорукав РЗ-Ц-Х-15 (25м).

Схема зовнішніх з’єднань наведено на креслені графічної частини роботи. [17]

5 РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Розрахунок параметрів здійснюється наближеним методом. В даному методі враховуються середні значення груп інтенсивності відмов елементів системи та досвід експлуатації аналогічних виробів.

Для розрахування надійності систем автоматизації САР підпалу шихти на аглострічці складаємо логічну поелементну принципову схему об’єкта, що визначає з’єднання елементів при виконанні ними заданої функції. [18] Допоміжні елементи, що використовуються при виконані функцій об’єкта, не враховуються. Схема приведена на рис.5.1.

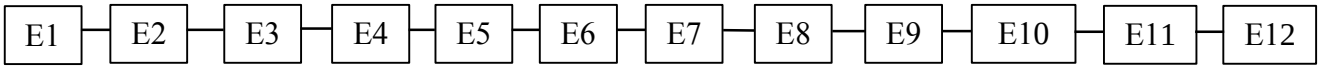


Рисунок 5.1 – Поелементна принципова схема об’єкта

Для поелементної схеми об’єкта визначаємо інтенсивність відмов (табл.5.1)

Таблиця 5.1 – Середні значення груп інтенсивності відмов елементів системи

Еле-мент	Назва елемента	Кількість n_i	Інтенсивність відмови, $\lambda_{0i} * 10^{-6}$, 1/год
E1	Датчик температури Rosemount 248	1	1
E2	Вимірювальний перетворювач Rosemount 248	1	2

Продовження таблиці 5.1

E3, E7	Виконавчий механізм МЕО-100/25-025У	2	5
E4, E8	Перемикач ПМОФ-45	2	1
E5, E9	Тиристорний підсилювач ФЦ-0610	2	0,3
E6, E10	Витратомір Метран-350SFA	2	5
E11	Контролер Simatic S7-300	1	6
E12	Робоча станція	1	5

1) Розрахунок загальної сумарної інтенсивності відмов всієї системи автоматичного регулювання (САР):

$$\lambda_{заг} = k * \sum_{i=1}^{m} \lambda_{0i} * n_i \quad (5.1)$$

де k – узагальнений коефіцієнт, який враховує призначення САР (k=3);

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

m – кількість груп;

n_i - кількість елементів у групі;

$$\boldsymbol{\lambda}_{заг} = 3 * 10^{-6}(1 * 1 + 2 * 1 + 5 * 2 + 1 * 2 + 0{,}3 * 2 + 5 * 2 + 6 * 1 + 5 * 1) =$$

$$= 109{,}8 * 10^{-6}\left[\frac{1}{год}\right]$$

2) Розрахунок напрацювання на відмову:

$$T_0 = \frac{1}{\lambda_{заг}} = \frac{1}{109{,}8 * 10^{-6}} = 9107{,}468[год]; \quad (5.2)$$

3) Розрахунок імовірність безвідмовної роботи САР:

$$P(t) = e^{-\lambda_{заг}} = e^{-\frac{t}{T_0}} = 0{,}99989 \approx 1 \quad (5.3)$$

Результати розрахунків заносимо до табл.5.2 та 5.3

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

Найменування елементів	n_i	k	$\lambda_{0i} *10^{-6}$	$\lambda_{0i} *n_i*10^{-6}$	$k*\lambda_{0i} *n_i*10^{-6}$
Датчик температури Rosemount 248	1	3	1	1	3
Вимірювальний перетворювач Rosemount 248	1		2	2	6
Виконавчий механізм МЕО-100/25-025У	2		5	10	30
Перемикач ПМОФ-45	2		1	2	6
Тиристорний підсилювач ФЦ-0610	2		0,3	0,6	1,8
Витратомір Метран-350SFA	2		5	10	30

Продовження таблиці 5.2

Контролер Simatic S7-300	1		6	6	18
Робоча станція	1		5	5	15
Разом	12		25,3	36,6	109,8

Таблиця 5.3 - Дані для побудови графіку залежності $P(t)=e^{-t/To}$

t, год	0	$0,5T_0$= =4553,73	T_0= =9107,47	$1,5T_0$= =13661,2	$2T_0$= =18214,94
P(t)	1	0,6065	0,3679	0,2231	0,1353
t, год	$2,5T_0$= =22768,67	$3T_0$= =27322,4	$3,5T_0$= =31876,14	$4T_0$= =36429,87	$4,5T_0$= =40983,62
P(t)	0,0821	0,0498	0,0302	0,0183	0,0111

Графік залежності ймовірності безвідмовної роботи залежить від поточного часу приведений на рис. 5.2.

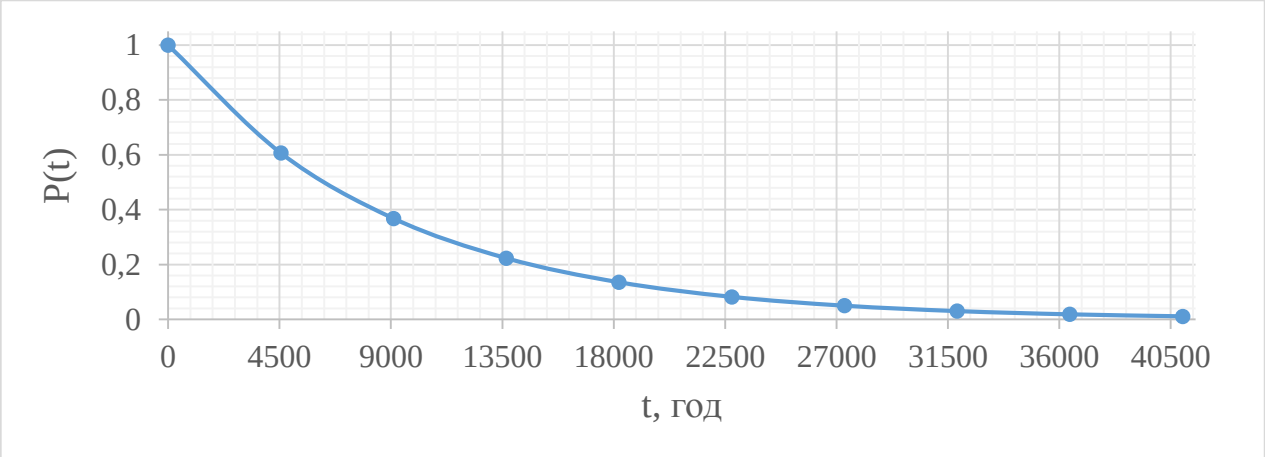


Рисунок 5.2 - Графік залежності *P(t)*: *P(t*) – ймовірність безвідмовної роботи; t – поточний час роботи системи

4) Визначається гарантійний термін роботи САР :

$$\mathrm{Т_Г} = \frac{T_0}{24 * \mathrm{К_{дн}} * \mathrm{М}} ; \quad (5.4)$$

де 24 - кількість годин роботи упродовж доби;

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

М - кількість місяців роботи за рік.

$$\mathrm{Т_Г} = \frac{\mathbf{9107{,}468}}{\mathbf{24{*}30{*}12}} = 1{,}054 \text{ рік} ;$$

5) Розраховуємо середнє значення тривалості відновлення САР, якщо потрібне повне відновлення:

$$T_B = \sum_{j=1}^{q} T_{Bj} * m_j , \text{ [год]}; \quad (5.5)$$

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

T_{Bj} - середнє значення тривалості відновлення j-го елементу, година;

m_j - кількість елементів в групі.

Дані для розрахунку тривалості відновлення наведено в табл. 5.4.

Таблиця 5.4 - Дані для розрахунку тривалості відновлення

Назва і типи елементів	Середнє значення тривалості відновлення T_{Bj}, год	Кількість елементів у групі, m_j
Датчик температури Rosemount 248	1,5	1
Вимірювальний перетворювач Rosemount 248	0,5	1
Виконавчий механізм МЕО-100/25-025У	3	2
Перемикач ПМОФ-45	2	2
Тиристорний підсилювач ФЦ-0610	0,5	2
Витратомір Метран-350SFA	2	2
Контролер Simatic S7-300	1,5	1
Робоча станція	2	1

$$T_B = (1{,}5*1+0{,}5*1+3*2+2*2+0{,}5*2+2*2+1{,}5*1+2*1) = 20{,}5 \text{ год.}$$

Час відновлення елементів системи визначено з урахуванням того, що є 100%-й комплект запасних елементів і аксесуарів (ЗЕА).

Для ЗЕА необхідно використовувати 10% від наявної в системі кількості модулів (кожного типу), але не менше 1-го модуля.

6) Визначаємо коефіцієнт готовності :

$$К_г = \frac{1}{1 + \lambda_{заг} * Т_В} = \frac{1}{1 + 109{,}8 * 10^{-6} * 20{,}5} = 0{,}99775 \qquad (5.6)$$

де $К_Г$ – коефіцієнт готовності;

$\lambda_{заг}$ - загальна інтенсивність відмов;

$Т_В$ – середнє значення тривалості відновлення САР.

Розраховані показники надійності даної САР дозволяють зробити висновок, що спроектована система надійна та готова до експлуатації.

6 ЗАМОВНА СПЕЦИФІКАЦІЯ НА ВЕСЬ КОМПЛЕКС ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Замовна специфікація складається на стадії робочої документації та обов’язково включає такі розділи:

— прилади та засоби автоматизації;

— агрегатні комплекси та засоби обчислювальної техніки;

— щити та пульти управління;

— електроапаратура;

— трубопровідна апаратура;

— кабелі та проводи;

— матеріали та монтажні роботи.

Замовну специфікацію представлено в графічній частині роботи.

7 ОРГАНІЗАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА РОЗРАХУНОК ТЕХНІКО- ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

7.1 Організаційне забезпечення системи автоматизації

Головним в агломераційному цеху є начальник цеха, який відповідає за всю виробничу діяльність цеху. Йому підпорядковуються начальник відділу експлуатації, начальник відділу ремонту, начальник лабораторії електронно вимірювальних пристроїв, начальник лабораторій по налагодженню та випробуванню пристроїв.

Майстри підпорядковуються замісникам начальника цеха з виробництва та начальникам зміни й виконують всі їх розпорядження. Майстрам підпорядковуються слюсарі та бригади.

7.2 Розрахунок техніко-економічних показників

1) Для визначення та розрахунку капітальних витрат для створення та впровадження АСУ розрахуємо суму капіталовкладень. Дані приведені в табл. 7.1.

Таблиця 7.1 - Кошторисна вартість комплексу технічних засобів (КТЗ).

Найменування устаткування	Кількість	Ціна за одиницю, грн	Сума, грн
Діафрагма	2	400	800
Модуль аналогового виводу Siemens SM332 6ES7332-5HB01-0AB0	1	3360	3360

Продовження таблиці 7.1

Датчик температури Rosemount 248, вимірювальний перетворювач в комплекті	1	7860	7860
Виконавчий механізм МЕВ-100/25-025У	2	8730	17460
Тиристорний перетворювач ФЦ-0610	2	1500	3000
Витратомір Метран-350 SFA	2	12200	24400
Перемикач ПМОФ-45	2	480	960
Центральний процесор Siemens CPU 315-2DP 6ES7315-2AH14-01AB0	1	39800	39800
Модуль аналогового вводу Siemens SM331 6ES7331-7KF02-0AB0	5	3940	19700
Модуль дискретного виводу Siemens SM 322 SIEMENS 6ES7322-1BH10-0AA0	1	5500	5500
Блок живлення PS 307, 2A Siemens 6ES7307-1BA01-0AA0	1	3050	3050
Інтерфейсний модуль IM 360 Siemens 6ES7360-3AA01-0AA0	1	5350	5350
Профільна шина DIN, 160мм Siemens 6ES7390-1AB60-0AA0	1	550	550
Шинний кабель PROFIBUS	1	1170	1170
Повторювач RS485	1	1400	1400
Програмне забезпечення STEP 7	1	530	530
Блок живлення БП-24	3	800	2400
Загальна кількість	21	113980	137290

Розрахування витрат на створення АСУ ($К^А$) визначається за формулою [19]:

$$К^А = К^А_П + К^А_К, \quad (7.1)$$

де $К^А_П$ – довиробничі витрати на розробку АСУ, грн (визначається за формулою 7.2);

$К^А_К$ – капітальні витрати, грн (визначається за формулою 7.3).

Довиробничі витрати на розробку АСУ розраховуються за формулою:

$$К^А_П = К^А_{ПР} + К^А_{ПО} + К^А_{ІЗ}, \quad (\mathbf{7.2})$$

де $К^А_{ПР}$ -витрати на проектування АСУ, грн.;

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

$К^А_{ІЗ}$ – витрати на підготовку інформаційного забезпечення тривалого користування (створення баз даних АСУ), грн.

$$К^А_П = \mathbf{54500 + 47000 + 86000 = 187500} \text{ грн.}$$

Величина капітальних витрат визначається за формулою:

$$К^А_К = К^А_{КТЗ} + К^А_{МОНТ}, \quad (7.3)$$

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

$К^А_{МОНТ}$ − витрати на установку, монтаж і запуск КТЗ в роботу (10% від вартості КТЗ), грн.

$$К^А_К = \mathbf{137290 + 13729 = 151019} \text{ грн.}$$

За формулою 7.1 розраховуємо витрати на створення АСУ:

$$К^{А} = \mathbf{187500 + 151019 = 338519}\ \text{грн.}$$

2) Розрахування річних експлуатаційних витрат на функціонування АСУ ($З_{ЕКСП}$) здійснюється за формулою:

$$З_{ЕКСП} = З_{ЗП} + З_{ЕЛ} + З_{А} + З_{МАТ} + З_{РЕМ}, \qquad (\mathbf{7.4})$$

де $З_{ЗП}$ – річні витрати на заробітну плату спеціалістів в умовах функціонування АСУ, грн.;

$З_{ЕЛ}$ – річна вартість електроенергії, споживаною АСУ, грн.;

$З_{А}$ – річна сума амортизаційних витрат (10% від вартості КТЗ), грн.;

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

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

Заробітна плата фахівців в умовах функціонування АСУ залежить від їх чисельності, часу роботи і тарифної ставки.

Враховуючи, що на підприємстві працюють робітники з різними режимами роботи, розрахуємо кількість робочих днів. Режим роботи працівників приведено в табл. 7.2.

Таблиця 7.2 – Режим роботи працівників

Найменування	Режим роботи	
	40-годинний робочій тиждень	Позмінний робочий день двох бригад (2 через 2)
Календарний час, Дк	365	365
Вихідні дні, Дв	110	182,5
Святкові дні, Дс	11	-
Відпустка, Дд	24	24
Робочі дні, Др	224	172,5

Розрахування оплати праці робітників з 40-годинним робочим тижнем

Заробітна плата робітників в рік:

$$ЗП_{ПРТ} = Г_К * С_Т * Д_Р * Ч_К, \quad (7.5)$$

де $Г_К$ – кількість відпрацьованих годин в день, год;

Ст – ставка робітника, грн./год;

Др – кількість робочих днів на рік;

Чк – кількість робітників.

По 40-годинному робочому тижню працює 9 працівників (начальник цеху, старший майстер, старший майстер ремонтно-монтажної ділянки, старший майстер ділянки налагодження системи технічної автоматизації, інженер з ремонту електр. вимірювальних пристроїв, інженер з налагодження та випробування природних витрат й тиску).

$$ЗП_{ПРТ} = \mathbf{8} * \mathbf{40} * \mathbf{224} * \mathbf{9} = \mathbf{645120} \text{ грн.}$$

Премії за якісно виконану роботу:

$$ЗП_{ПМ} = ЗП_{ПРТ} * \frac{Вт}{\mathbf{100\%}}, \quad (\mathbf{7.6})$$

де $ЗП_{ПРТ}$ – заробітна плата робітників, грн.;

Вт – премія, відсоток від заробітної плати, %.

$$ЗП_{ПМ} = \mathbf{645120} * \frac{\mathbf{25\%}}{\mathbf{100\%}} = \mathbf{161280} \text{ грн.}$$

Оплачувана відпустка робітника розраховується враховуючи тривалість днів відпустки, заробітну плату та час відпрацювання:

$$ЗП_{ВД} = \frac{Д_Д * (ЗП_{ПМ} + ЗП_{ПРТ})}{Д_Р}, \quad (\mathbf{7.7})$$

$$ЗП_{ВД} = \frac{\mathbf{24} * (\mathbf{161280} + \mathbf{645120})}{\mathbf{224}} = \mathbf{86400} \text{ грн.}$$

Заробітна плата працівників за 40-годинним робочим тижнем:

$$ЗП_{СТ} = ЗП_{ПРТ} + ЗП_{ПМ} + ЗП_{ВД}, \quad (\mathbf{7.8})$$

$$ЗП_{СТ} = \mathbf{645120} + \mathbf{161280} + \mathbf{86400} = 892800 \text{ грн.}$$

Розрахування оплати праці робітників за позмінний робочий день двох бригад, враховуючи, що в бригаді 3 працівника (розраховується за формулою 7.5):

$$ЗП_{ПРТБ} = 8 * 36 * 172{,}5 * 6 = 298080 \text{ грн.}$$

Премії за якісно виконану роботу (розраховується за формулою 7.6):

$$ЗП_{ПМБ} = 298080 * \frac{25\%}{100\%} = 74520 \text{ грн.}$$

Оплачувана відпустка робітника розраховується враховуючи тривалість днів відпустки, заробітну плату та час відпрацювання (розраховується за формулою 7.7):

$$ЗП_{ВДБ} = \frac{24 * (298080 + 74520)}{172{,}5} = 51840 \text{ грн.}$$

Заробітна плата працівників за 40-годинним робочим тижнем (розраховується за формулою 7.8):

$$ЗП_{СТБ} = 298080+74520+51840=424440 \text{ грн.}$$

Річні витрати на заробітну плату спеціалістів в умовах функціонування АСУ розраховуються за формулою, грн:

$$З_{ЗП} = ЗП_{СТ} + ЗП_{СТБ} + \frac{ЕСВ(ЗП_{СТ} + ЗП_{СТБ})}{100\%}, \quad (7.9)$$

де ЄСВ – єдиний соціальний внесок для підприємців (22%).

$$З_{ЗП} = 892800 + 424440 + 0{,}22(892800 + 424440) = 1607032{,}8 \text{ грн.}$$

Річна вартість електроенергії, споживаної АСУ, визначається за формулою, грн.:

$$З_{ЕЛ} = W * Т_{ЕФ} * Ц_{Е}, \quad (7.10)$$

де W – встановлена потужність КТЗ (W=0,57065кВт);

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

$Ц_{Е}$ – вартість 1 кВт * год електроенергії (2,1 грн.).

$$Т_{ЕФ} = Д * Г = 365 * 24 = 8760 \text{ год}; \quad (7.11)$$

$$З_{ЕЛ} = 0{,}57065 * 8760 * 2{,}1 = 10497{,}68 \text{ грн.}$$

Розраховуємо річні експлуатаційні витрати на функціонування АСУ за формулою 7.4:

$$З_{ЕКСП} = 1607032{,}8 + 10497{,}68 + \frac{137290 * 10}{100} + \frac{137290 * 2}{100} + \frac{137290 * 7}{100} =$$

$$= 1643615{,}58 \text{ грн.}$$

3) Розрахунок очікуваної економії від впровадження АСУ. Впровадження даної системи дозволить зменшити витрати подачі природного газу в горн. Економію можна розрахувати за формулою:

$$Екн = Ц * (Пз - Ппл), \quad (7.12)$$

де Пз – стандартні витрати газу на добу;

Ппл – плановані витрати газу після впровадження АСУ;

Ц – ціна природного газу (7 грн/м^3).

Екн = 7*(3200*24-3170*24) =5040 грн.

4) Річна економічна ефективність АСУ ТП розраховується за формулою:

$$ЕЕ = Е - З_{ЕКСП}, \quad (7.13)$$

де Е – річна економія від функціонування АСУ ТП (Е=Екн*365), грн;

$З_{ЕКСП}$ – річні витрати на експлуатацію, грн.

ЕЕ=5040*365-1643615,58 =195984,42грн.

Термін окупності капітальних затрат (Тр) на АСУ ТП розраховується таким чином:

$$Т_Р = \frac{К_А}{ЕЕ}, \quad (7.14)$$

де $К_А$ – капітальні вкладення задля створення й впровадження АСУ ТП, грн;

ЕЕ – річний економічний ефект, грн./год.

$$Т_Р = \frac{338519}{195984,42} = 1,73 \text{ років.}$$

Рентабельність капітальних вкладень (Ер) на АСУ ТП визначаємо за формулою:

$$Е_Р = \frac{ЕЕ}{К_А}, \quad (7.14)$$

$$Е_Р = \frac{195984,42}{338519} = 0,5789 * 100\% = 57,89\%.$$

Техніко-економічні показники АСУ ТП можна переглянути в табл. 7.3.

Таблиця 7.3 – Техніко-економічні показники АСУ ТП

Показники	Одиниця вимірювання	Рівень показника (річний)
Капітальні затрати		
Вартість засобів автоматизації (КТЗ)	грн.	137290
Витрати на проектування, розробку ПО та інформаційного забезпечення	грн.	151019
Затрати на інженерні роботи	грн.	13729

Продовження таблиці 7.3

Всього	грн.	338519
Експлуатаційні витрати		
Амортизаційні відрахування	грн.	137290
Витрати на обслуговування системи	грн.	9610,3
Заробітна плата для робітників та обслуговуючого персоналу	грн.	1607032,8
Забезпечення АСУ матеріальне	грн.	2745,8
Електроенергія	грн.	10497,68
Всього	грн.	1643615,58
Річна економія	грн.	1839600
Річний економічний ефект	грн./год	195984,42
Термін окупності капітальних вкладень	років	1,73
Рентабельність капітальних вкладень	%	57,89

8 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ

8.1 Аналіз потенційно небезпечних та шкідливих чинників, що впливають на працівників лабораторії

У агломераційному цеху ПАТ «Запоріжсталь» наявні такі шкідливі та небезпечні фактори:

— Високий рівень шуму, обумовлений роботою технологічного обладнання. З часом викликає погіршення слуху, зниження якості праці, нервовість, розлади сну.

Пил. Багато технологічних процесів (дроблення, просівання, перевантаження компонентів шихти й агломерату, їх перемішування, спікання і т.д.) супроводжується виділенням пилу, що негативно впливає на організм людини й в основному на його органі подиху, що іноді погіршує виробничу обстановку (видимість, орієнтування) у межах робочої зони, що й приводить до швидкого руйнування тертьових частин машини. Крім того, пил може бути вибухонебезпечної й бути джерелом статичних зарядів електрики[20].

Постійно запиленими на аглофабриках є приміщення циклу повернення, дроблення, рудосортування, спекательних стрічок, шихтового відділення. Кількість пилу на робочім 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 Потрапляючи у організм може осідати на альвеолах легень та призводити до такого захворювання як пневмоконіоз.

Висока температура у приміщенні цеху. 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 ^{0}С – на робочім місці дробильника, 39,5 °С – на робочім місці машиніста ексгаустера. Несприятливий вплив високих температур повітря підсилюється впливом випромінюваного тепла. Призводить до зневоднення організму, швидкої втомлюваності, зниження уваги. При безпосередньому контакті з нагрітими поверхнями можливе виникнення опіків.

Тепловий ефект впливу опромінення залежить від довжини хвилі й інтенсивності потоку, випромінювання ділянки, що опромінюється, організму, тривалості опромінення й переривчастості його, кута падіння променів, одягу. Потоки теплових випромінювань у 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 останній довжині хвилі інтенсивність опромінення 54 кДж/м^2 год викликає приємне відчуття. Верхня межа оптимального опромінення менш 1,25МДж/м^2 ч.

Наявний отруйний газ СО в змішаному газі, що надходить в горн з паливом, який складає близько 40% доменного газу, яким (у суміші з природним) опалюються нагрівальні агрегати та під час згорання коксу, що міститься у шихті.

Вдихання угарного газу може викликати отруєння (удушення) через те, що газ СО поєднується з гемоглобіном крові та утворена сполука унеможливлює переніс кисню кров'ю.

Найбільш газонебезпечними місцями біля агломашини є газопроводи, пальники повітрянагрівальників і пилові мішки.

Параметри мікроклімату, рівні теплового опромінення, шуму, вібрації, ультра- та інфразвуку, будь-яких видів випромінення, вміст шкідливих речовин на робочих місцях металургійних виробництв з постійним або непостійним перебуванням працюючих повинні відповідати нормативам, визначеним законодавством з охорони праці.

Агломераційний цех є приміщенням, де виконуються тяжкі фізичні роботи, тому повинні дотримуватися такі вимоги:

— шкідливі хімічні речовини (ШХЧ) I класу небезпеки (ангідрид хлор) – 0,009 мг/м^3 (допустима - 0,01 мг/м^3);

— ШХЧ II класу небезпеки (марганцю оксид, аерозоль) – 0,35 мг/м^3 (допустима – 0,3 мг/м^3);

— ШХЧ III класу небезпеки: азоту діоксид – 1,8 мг/м^3 (допустима – 2,0 мг/м^3), сірчистого ангідриду – 5,5 мг/м^3 (допустима – 10,0 мг/м^3), вуглецю оксид – 17,0 мг/м^3 (допустима – 20,0 мг/м^3);

— пил переважно фіброгенної дії - 1050 мг/м^3 (допустимий – 4,0 мг/м^3);

— вібрація – 98 дБ (допустима – 92 дБ);

— шум – 88 дБА (допустимий – 80 дБА);

— оптимальна температура повітря – 39^{o}С (допустима - 26 ^{o}С);

— оптимальна відносна вологість повітря – 75% (допустиме – 75%);

— швидкість руху повітря – 0,3м/с (допустима - 0,3м/с);

— інфрачервоне випромінювання – 5000 Вт/м^2 (допустиме – 140 Вт/м^2).

Таблиця 8.1 – Оцінка факторів виробничого та трудового процесу агломераційника

№ п/п	Фактори виробничого середовища та трудового процесу	Норм. знач. ПДК, ПДУ	Факт. знач. ПДК, ПДУ	III клас: шкідливі та небезпечні умови, характер праці			Час дії фактору, %, за зміну
				I	II	III	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Шкідливі хімічні речовини, мг/м^3: I клас небезпеки - ангідрид хром II клас небезпеки – марганцю оксид, аерозоль III - IY клас небезпеки: азоту діоксид, сірчистий ангідрид, вуглецю оксид	0,01 0,3 2,0 10,0 20,0	0,009 0,35 1,8 5,5 17,0	1,17р			60
2.	Пил переважно фіброгенної дії, мг/м^3	4,0	1050			262,5р	90
3.	Вібрація (загальна і локальна), дБ	92	98		6		80
4.	Шум, дБА	80	88	8			90
5.	Інфразвук, дБ						

Продовження таблиці 8.1

6.	Ультразвук, дБ						
7.	Неіонізуюче випромінювання: -радіочастотний діапазон, В/м -діапазон промислової частоти, кВ/м -оптичний діапазон (лазерне випромінювання) Вт/м^2						
8.	Мікроклімат в приміщенні: - температура повітря, ^{o}C - швидкість руху повітря, м/с - відносна вологість повітря, % - інфрачервоне випромінювання, Вт/м^2	 26 0,3 75 140	 39 0,3 75 5000			 13 5000	 90 70
9.	Тяжкість і напруженість праці	важка, дуже напружена					

Таким чином, аналіз шкідливих та небезпечних факторів дозволяє зробити висновок, що умови праці аглоцеху мають наявність дуже шкідливих виробничих чинників, таких як: значне перевищення пилу фіброгенної дії, інфрачервоного

випромінювання та температури повітря в приміщенні, що призводить до зростання захворюваності з втратою працездатності та проявом початкових ознак професійної патології.

8.2 Заходи з поліпшення умов праці

Щоб гарантувати повну безпеку і здорові умови праці, повинні бути заходи, спрямовані на профілактику травматизму, професійних захворювань та підвищення культури виробництва.

Для покращення працездатності використовується штучна іонізація повітря в приміщеннях постів керування агломераційними машинами, для зменшення запиленості на робочому місті влаштовується місцева витяжна вентиляція, інтенсивна вентиляція повітря, нехватка якого може надати шкідливий вплив на організм людини.

У агломераційних цехах необхідно ізолювати хвостову частину агломераційних машин від всіх основних приміщень агломераційного корпусу, щоб ізолювати їх від дії підвищеної температури, високого рівня шуму та пилу. Не допускається влаштування гратчастого перекриття між приміщеннями агломераційного відділення і холостого ходу транспортерних стрічок.

Дробильні, помольні агрегати необхідно розміщувати в ізольованих приміщеннях, завантаження їх матеріалами повинно бути механізовано, для зниження небезпечних ситуацій з робітниками й застереження від будь-якого шкідливого впливу на них, і агрегати обладнані аспіраційною системою задля викиду меншої кількості пилу в повітря.

Устаткування і механізми агломашин (змішувальні й охолоджувальні барабани, редуктори, підшипники механізмів і т.д.) повинні щозміни очищатися від мастила задля підвищення терміну експлуатації їх роботи та запобігання

виникнення випару шкідливих речовин, та задля зменшення ризику виникнення пожеж.

Для забезпечення безперервної роботи технологічного процесу й зниження виходу з ладу обладнання потрібно: постійно контролювати роботу пальників горна, щозміни перевіряти роботу відсікання газу і повітря, запірної арматури на газопроводі і повітропроводі агломашини, постійно контролювати роботу системи охолодження запального горна агломашини і аглодробарки.

Основний запобіжний захід - ліквідація витоків газу. Якщо ліквідувати витік газу неможливо, його необхідно підпалити або видалити людей з газонебезпечного місця, або користуватися кисневим апаратом при роботі.

Слід також ретельно стежити за підведенням природного газу до горнів і своєчасно усувати витоки, так як запалення скупчився природного газу може викликати серйозні опіки. Якщо ліквідувати витік природного газу не вдається, краще перекрити його подачу.

Також можна покращити такі умови праці як:

— удосконалення конструкцій устаткування або заміна застарілого - новим;

— раціональне планування та інженерне забезпечення виробничих процесів;

— поліпшення діючих вентиляційних систем;

— виготовлення та установка ефективних інженерно – технічних засобів охорони праці (огороджень, засобів сигналізації, контролю запобіжних пристроїв тощо);

— провести заходи щодо зниження рівня шуму, вібрації та температурного режиму.

Для зниження шуму в приміщені можна установити звукопоглинаючий кожух в приміщені, де знаходиться технологічний агрегат, або краще за все,

раціонально планувати приміщення з облицюванням стін звукопоглинальним матеріалом.

Для створення й підтримки оптимальних значень температури, вологості і швидкості руху повітря, в холодну пору року використовується водяне опалення, а в теплу пору року застосовується кондиціонування повітря.

8.3 Електробезпека

Для забезпечення захисту людей від шкідливого і небезпечного впливу електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля і статичної електрики проводиться система організаційних і технічних заходів і засобів.

Згідно з ПБЕ агломераційний цех можна віднести до 2 класу. Враховуючи, струмопровідні підлоги, високу температуру (39 °С), напругу (220/380В).

На ПАТ «Запоріжсталь» в агломераційному цеху знаходиться велика кількість електроапаратури та електродвигунів.

Ступінь небезпечного і шкідливого впливу на людину електричного струму, електричної дуги і електромагнітних полів залежить від:

— роду і величини напруги і струму;

— частоти електричного струму;

— шляху струму через тіло людини;

— тривалості впливу електричного струму або електромагнітного поля на організм людини;

— умов зовнішнього середовища;

— травмуватися електричним струмом можливо за допомогою факторів:

— при дотику до оголених проводів, які перебувають під напругою;

— якщо людина опинилася поблизу впавшого на землю проводу, який знаходиться під напругою;

— при відключенні електроапаратів без дугогасильних пристроїв і в інших випадках.

Електробезпека повинна забезпечуватися:

— конструкцією електроустановок;

— технічними способами і засобами захисту;

— організаційними і технічними заходами.

Електроустановки і їх частини повинні бути виконані таким чином, щоб працюючі не наражалися небезпечним і шкідливим впливам електричного струму і електромагнітних полів, і відповідати вимогам електробезпеки.

Для забезпечення захисту від випадкового дотику до струмоведучих частин необхідно застосовувати такі способи і засоби:

— захисні оболонки;

— захисні огородження (тимчасові або стаціонарні);

— безпечне розташування струмоведучих частин;

— ізоляція струмоведучих частин (робоча, додаткова, посилена, подвійна);

— ізоляція робочого місця;

— мале напруга;

— захисне відключення;

— попереджувальна сигналізація, блокування, знаки безпеки.

Для забезпечення захисту від ураження електричним струмом при дотику до металевих неструмоведучих частин, які можуть опинитися під напругою в результаті пошкодження ізоляції, застосовують такі способи:

— захисне заземлення;

— занулення;

— вирівнювання потенціалу;

— система захисних проводів;

— захисне відключення;

— ізоляція неструмоведучих частин;

— електричне поділ мережі;

— мале напруга;

— контроль ізоляції;

— компенсація струмів замикання на землю;

— засоби індивідуального захисту.

При проведенні незапланованого і планового ремонту електричного апарату виконують наступні дії:

— відключення установки від мережі;

— перевірка відсутності напруги.

Виконавши ці дії проводиться ремонт несправного обладнання.

8.4 Пожежна безпека. Техногенна безпека

Агломераційний цех по вибуховій та пожежній небезпеці можна класифікувати до категорії Г. Основні джерела пожежної безпеки в аглоцеху: природний газ, масла й мастила, бензин й дизпаливо, кабельні проводки, кисень, відкрите вогнище при проведенні вогневих робіт, неізольовані поверхні трубопроводів пару та обладнання, недоліки й аварії при експлуатації обладнання з викидом іскор вогню.

За конструктивними характеристиками будівлю можна віднести до третього (III) класу вогнестійкості. Більшість будинків переважно з каркасною конструкцією металево незахищених.

В приміщеннях для застереження від пожежі забороняється:

— улаштовувати тимчасові електромережі, застосовувати саморобні некалібровані плавкі вставки в запобіжниках і саморобні подовжувачі, прокладати електричні проводи безпосередньо по горючій основі, експлуатувати світильники зі знятими ковпаками чи розсіювачами;

— використовувати несправні вимикачі та штепсельні розетки;

— користуватися побутовими електрокип'ятильниками;

— користуватися електрочайниками, мікрохвильовими плитами поза межами спеціально відведених та обладнаних підставками з негорючого теплоізоляційного матеріалу місць;

— залишати без нагляду ввімкнені в електромережу кондиціонери, комп'ютери та тощо;

— захаращувати підходи до засобів пожежогасіння;

— самовільно прокладати електропроводку, встановлювати і підключати додаткові електроприлади;

— розвішувати на стінках, шафах, сейфах, дверях плакати, малюнки, вирізки із газет і журналів, крім матеріалів, необхідних в службовій діяльності;

— курити (крім спеціально відведених місць), проводити зварювальні та інші вогневі роботи без оформлення відповідного письмового дозволу (наряду-допуску), застосовувати ЛЗР.

Електромережі, електроприлади та апаратура повинні експлуатуватися тільки у справному стані. У разі пошкоджень електромереж, вимикачів, розеток та інших електроприладів слід негайно вимкнути їх і вжити необхідних заходів щодо приведення до пожежонебезпечного стану.

Основними причинами пожеж можуть бути:

— необережне поводження з полум'ям;

— несправність опалювальних приладів;

— порушення правил експлуатації та монтажу електротехнічних пристроїв, та знаходження їх в несправному стані;

— порушення технологічних процесів;

— невиконання вимог з питань пожежної безпеки;

— загорання цеху внаслідок зовнішніх впливів.

Для гасіння пожеж в агломераційному цеху використовується вуглекислий вогнегасник ВП-6 та ручний пожежний інструмент (гаки, ломи, сокири відра, лопати, ножиці для різання металу), які завжди знаходяться на видному та доступному місці на стендах та щитах.

Для забезпечення швидкого повідомлення й виявлення місця пожежі приміщення оснащені автоматичною пожежною сигналізацією та автоматичною системою пожежогасіння.

Електромережі, електроприлади та апаратура повинні експлуатуватися тільки у справному стані. У разі пошкоджень електромереж, вимикачів, розеток та інших електроприладів слід негайно вимкнути їх і вжити необхідних заходів щодо приведення до пожежонебезпечного стану.

Відповідальний за пожежну безпеку приміщення по закінченні роботи зобов’язаний ретельно оглянути приміщення, упевнитись у відсутності причин і умов виникнення пожежі, відключити електроприлади (штепсельні вилки повинні бути вийняті з розеток), прибрати робочі місця, закрити вікна і кватирки, вимкнути освітлення.

Особлива увага приділяється евакуації людей з приміщень. Вона проводиться по заздалегідь продуманих шляхах та її план завжди знаходиться на видному місці.

ВИСНОВОК

У кваліфікаційній роботі було розглянуто процес автоматичного управління співвідношенням витрат палива та повітря умовах ПАТ «Запоріжсталь».

Недоліки діючої системи автоматизації аглоцеха полягають в тому, що контролери та модулі введення-виведення знаходяться в експлуатації більше 20 років, а отже, фізично зношені. Тому система автоматизації потребує модернізації.

В даній системі для покращення роботи було замінено контролер та модулі введення-виведення компанії Schneider Electric на контролер Simatic S7-300 компанії Siemens. Для діючих параметрів системи було скомпоновано контролер та написана програма регулювання запалювання співвідношенням витрат палива та повітря.

У ході виконання кваліфікаційної роботи розроблено схему інформаційних та матеріальних потоків, функціональну схему автоматизації, принципово електричну схему, принципово електричну схему живлення, зовнішній вид приладової шафи, монтажну комутаційну схему, схему зовнішніх з’єднань та складено замовну специфікацію на обладнання необхідного в діючій системі.

Щодо захисту від шкідливих та небезпечних факторів, таких як: шум, пил, електричний струм, пожежа були розроблені заходи поліпшення умов праці.

Для підтвердження доцільності робочого проекту автоматизації САР співвідношенням витрат палива та повітря розраховані техніко економічні показники. Розрахунок показав результат того, що річний економічний ефект сягає 195984,42 гривень за рік. Термін окупності сягає 1,73 роки.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Автоматизація металургійних печей: підручник для вузів / Г.М. Глінков, В.А. Маковський. - 2-ге видавн., перероб. и доп. - М.: Металургія, 1999. -130с.

2. Mettalurgy – Агломерація// Агломераційна машина [Електронний ресурс]// Режим доступу: https://metallurgy.zp.ua/aglomeratsionnaya-pech-aglomashina/.

3. Металургійні печі: в якості навч. посібника / В.А. Баум, Д.В. Будрин, А.І. Ващенко; ред. М.А. Глінков, та др. – М.:, 1951. -976 с.

4. Діамідовський Д.А. Контроль та автоматизація в кольоровій металургії.-М.: «Металургія», ч.1, 1990. – 374с.

5. Діамідовський Д.А. Контроль та автоматизація в кольоровій металургії.-М.: «Металургія», ч.2, 1990. – 401с.

6. Симоненко Н.С., Симоненко Н.А. Патентування та захист авторських прав: Методичні вказівки до проведення практичних занять для студентів ЗДІА спеціальності 7.092501 «АУТП». – Запоріжжя: ЗДІА, 2005. – 49с.

7. ГОСТ 34.602-89 Інформаційні технології Комплекс стандартів на автоматизовані системи. Технічне завдання на розробку автоматизованої системи.

8. РД 50 - 34.698 – 90 Комплекс стандартів та керівних документів на автоматизовані системи. Автоматизовані системи вимоги до змісту документів.

9. А.С. Клюєв, Б.В. Глазов, А.Х. Дубровський, А.А. Клюєв Проектування систем автоматизації технологічних процесів. Під ред. А.С. Клюєва. – 2-ге видав., перероб. та доп.- М.: Енергоатомиздат, 1990. -464с.: іл.

10. Полянський Г.О., Барішенко О.М. Теорія автоматичного управління. Моделювання та оптимізація систем управління: Методичні вказівки до

лабораторних робіт для студентів ЗДІА спеціальності 6.092501 «АУТП».- Запоріжжя: ЗДІА, 2008. – 63с.

11. Пазюк М.Ю., Ренгевич О.В., Семендяєва І.А. Методичні вказівки до лабораторних робіт по курсам «Технологічні вимірювання та прилади», «Метрологія та основи вимірювань»: Для студентів спеціальності «АУТП». – Запоріжжя: ЗДІА, 2002. – 55с.

12. Ніколаєнко А.М. Технічні засоби автоматизації. Цифрові регулятори: Методичні вказівки до лабораторного практикуму для студентів ЗДІА спеціальності «АУТП». – Запоріжжя: ЗДІА, 2009. – 84с.

13. Ельперін І.В. Промислові контролери: навч. посіб. [для студ. Вищ. навч. закл.] / Ельперін І.В. – К.: НУХТ, 2003. – 320с.

14. Мікропроцесорні автоматичні системи регулювання. Основи теорії та елементи: навч. посіб. [для студ. вищ. навч. закл.] / Солодовников В.В., Коньков В.Г., Суханов В.А., Шевяков О.В. – М.: Вищ. шк. 1991 – 255с.

15. А.С. Клюєв, Б.В. Глазов, А.Х. Дубровський, А.А. Клюєв Проектування систем автоматизації технологічних процесів. Під ред. А.С. Клюєва. – 2-ге видав., перероб. та доп.- М.: Енергоатомиздат, 1990. -464с.: іл.

16. Пазюк М.Ю. Проектування АСУ ТП: Методичні вказівки до курсового проекту для студентів спеціальності «АУТП». – Запоріжжя: ЗДІА, 2003. – 4с.

17. Пазюк М.Ю., Овчинникова І.А. Автоматизація технологічних процесів: Методичні вказівки до розробки технічного проекту систем автоматизації для студентів ЗДІА спеціальності «АУТП». – Запоріжжя: ЗДІА, 2005. -74с.

18. Полянський Г.О. Методичні вказівки до розрахунку надійності та роботоздатності систем автоматизованого управління (розділ дипломного проекту «Проектна оцінка надійності АСУ ТП») для студентів ЗДІА спеціальності «АУТП». – Запоріжжя: ЗДІА, 2003. - 24с.

19. Барішенко О.М., Овчинникова І.А. Контрольна робота з дисципліни «Техніко-економічне обґрунтування проектних рішень»: метод. Вказівки для студентів ЗДІА спеціальності 7.092501 «АУТП». – Запоріжжя: ЗДІА, 2010. – 26с.

20. Румянцев В.Р. Охорона праці та техногенна безпека: метод. Вказівки до виконання розділу дипломних проектів (робіт) для студ. ЗДІА (спеціалістів) напряму 6.050401 «Металургія / В.Р. Румянцев, С.П. Панасейко, І.О. Ткаліч; ЗДІА. – Запоріжжя: ЗДІА, 2011. – 43с.