

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

Кафедра електричних машин та електронних систем
 (повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота (проект)

цифровий (магістерський)
 (рівень вищої освіти)

на тему Розробка безпечного рівня автоматизованої системи
керування технічними процесами гнучкого
виробництва з використанням периферійного вимірювання

Виконав: студент 2 курсу, групи 81511
 спеціальності 151 „Автоматизація та
комп'ютерна інтеграція металургії“
 (код і назва спеціальності)

спеціалізації _____
 (код і назва спеціалізації)

освітньої програми Автоматизація та
комп'ютерна інтеграція металургії
 (назва освітньої програми)

Семінов Володимир Вікторович
 (ім'я та прізвище)

Керівник К.І.М. доц. Свіриденкова І.А.
 (посада, місце зайнято, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент доц. Дмитро Юрій Анатолійович Зарва
 (посада, місце зайнято, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя 2022

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

Кафедра Інформаційної інженерії та кібернетичних систем
 Рівень вищої освіти другий (магістрський)
 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 В.В.В.
 «14» 12 2022 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ) СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Степанову Володимирі Вікторовичу
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) Розробка програмного рівня автоматизованої системи управління технологічним процесом сталого виробництва виходячи з умов лінійного виробництва
 керівник роботи Овчинникова Ірина Анатоліївна, канд.техн.наук
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від «02» червня 2022 року № 597-С

2 Строк подання студентом роботи 05.12.2022р

3 Вихідні дані до роботи Технічна документація технологічної інструкції з ам. обробки лінійного виробництва сталого виробництва

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Техно-експертне обґрунтування створення системи автоматизованого управління технологічним процесом

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Проекція: Мета та методи дослідження, алгоритмічно-математична, Основи задачі автоматизованої системи управління. Стала інформаційна ланка алгоритмічного виробництва, Конструктивні рішення технологічної системи, Структурна схема контролю управління відкритою інформаційною ланкою, Схематика САР з ПІВ - укладання регулювання

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Овчинникова І.А. доц.	Юрмич	Юрмич
2	Овчинникова І.А. доц.	Юрмич	Юрмич
3	Овчинникова І.А. доц.	Юрмич	Юрмич
4	Овчинникова І.А. доц.	Юрмич	Юрмич

7 Дата видачі завдання 02 червня 2022р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
	Визначення особливостей технологічного процесу	04.07-24.07.22р	виконано
	Вибір конструктивних елементів конструкції компресора	25.07-19.08.2022р	виконано
	Вибір матеріалів конструкції компресора	20.08-04.09.2022р	виконано
	Вибір режимів роботи компресора згідно з технічними вимогами	05.09-11.09.2022р	виконано
	Вибір параметрів технологічного завантаження	22.09-16.10.2022р	виконано
	Вибір параметрів режимів роботи компресора згідно з технічними вимогами	17.10-06.11.2022р	виконано
	Вибір параметрів роботи компресора згідно з технічними вимогами	07.11-27.11.2022р	виконано
	Підготовка до захисту	28.11-10.12.2022р	виконано

Студент



(підпис)

Ступанов В.В.

(ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту)



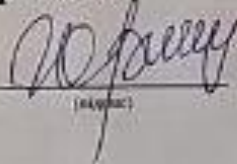
(підпис)

Овчинникова І.А.

(ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер



(підпис)

Овчинникова І.А.

(ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи магістра складається з 110 сторінок, 13 таблиць, 50 рисунків, 1 додаток.

Кваліфікаційна робота магістра присвячена розробці верхнього рівня автоматизованої системи управління агломераційним процесом, оптимізації режимів формування структури шару агломераційної шихти на аглострічці з метою підвищення якості автоматизованої системи управління спікання шихти в умовах металургійного виробництва.

У першому розділі розглянутий аналіз сучасного стану агломераційного виробництва. Визначено недоліки діючих систем виробництва агломерату та встановлені цілі підвищення якісних показників технологічного процесу, проведено розрахунок економічної ефективності проєкту і поставлено цілі дослідження.

У другому розділі розглянуто особливості конструкції технологічного агрегату і алгоритму його роботи, основні технологічні величини й особливості їх вимірювання, визначено статичні і динамічні характеристики об'єкта автоматизації за основними каналами управління, розроблено схему матеріальних і інформаційних потоків та технічне завдання до розроблюваної АСУ ТП.

У третьому розділі обґрунтовано вибір структури системи управління і структурної схеми ПТК ЗА, розроблено САР з ПД-законом регулювання та визначено її оптимальні характеристики.

К четвертому розділі розроблено математичну модель, проаналізовано отримані дані при дослідженні структури формування шару агломераційної шихти отриманої за допомогою математичної моделі, проаналізовані оптимальні показники агломераційного процесу за допомогою розробленої програми, створено проєкт АСУТП у SCADA-системі Трейс Моуд та підпрограма формування заданого температурного режиму

АГЛОМЕРАЦІЙНА МАШИНА, ЗАВАНТАЖУВАЛЬНИЙ ЛОТОК,
АГЛОШИХТА, ГАЗОПРОНИКЛИВІСТЬ, ТЕМПЕРАТУРНИЙ РЕЖИМ,
ФРАКЦІЇ, МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ, ПРОГРАМА, СИСТЕМА

ANNOTATION

The explanatory note of the master's qualification work consists of 110 pages, 13 tables, 50 figures, 1 appendic.

The master's qualification work is dedicated to the development of the upper level of the automated control system for the sintering process, optimization of the modes of formation of the structure of the sintering charge layer on the sintering belt in order to improve the quality of the automated control system of charge sintering in the conditions of metallurgical production.

The first section deals with the analysis of the current state of agglomeration production. The shortcomings of the existing agglomerate production systems were determined and the goals of improving the quality indicators of the technological process were established, the economic efficiency of the project was calculated and research goals were set.

In the second section, the design features of the technological unit and its work algorithm, the main technological parameters and their measurement features are considered, the static and dynamic characteristics of the automation object according to the main control channels are determined, the scheme of material and information flows and the technical task for the developed automatic control system are developed.

In the third section, the choice of the structure of the management system and the structural scheme of PTK ZA is justified, the SAR with the PID regulation law is developed and its optimal characteristics are determined.

In the fourth section, a mathematical model was developed, the data obtained during the study of the structure of the formation of the agglomeration charge layer

obtained with the help of a mathematical model were analyzed, the optimal indicators of the agglomeration process were analyzed with the help of the developed program, an automatic control system project was created in the Trace Mode SCADA system and a subprogram for the formation of the specified temperature regime was created.

SINTERING MACHINE, LOADING TRAY, SINTER LAYER, GAS PERMEABILITY, TEMPERATURE REGIME, FRACTIONS, MATHEMATICAL MODEL, PROGRAM, SYSTEM

ЗМІСТ

Вступ.....	9
1 Техніко економічне обґрунтування створення системи автоматизованого управління технологічного процесу.....	11
1.1 Цілі впровадження автоматизованої системи.....	11
1.2 Актуальність впровадження автоматизованої системи ...	12
1.3 Розрахунок економічної ефективності	14
1.4 Постановка цілі та задачі дослідження	21
2 Технологічні особливості управління агломераційним виробництвом.....	23
2.1. Конструкція технологічного агрегату і алгоритм його роботи	23
2.2 Основні технологічні величини й особливості їх виміру....	31
2.3 Статичні і динамічні характеристики об'єкта автоматизації.....	33
2.4. Схема інформаційних потоків	43
2.5 Технічне завдання до розроблюваної АСУ ТП	46
2.6. Висновки	48
3 Розробка системи автоматизації	50
3.1 Аналіз існуючих систем автоматизації	50
3.2 Обґрунтування структури управління	56
3.3 Обґрунтування структурної схеми ПТК ЗА	59
3.4 Вибір технічних засобів	60
3.5 Визначення принципів управління об'єктом автоматизації	67
3.6 Створення САР з ПІД-законом регулювання.....	73
3.7 Висновки	78
4 Розробка моделі процесу завантаження та формування шару шихти на агломераційній стрічці	80

4.1 Розробка математичної моделі	80
4.2 Дослідження структури формування шару агломераційної шихти отриманої за допомогою математичної моделі	86
4.3 Визначення оптимальних показників для покращення газопроникливості шару шихти	91
4.4 Створення проекту АСУТП у SCADA-системі Трейс Моуд	93
4.5 Розробка моделі системи дистанційного керування технологічними процесами	97
4.6 Розробка підпрограми формування заданого температурного режиму	101
4.7 Висновки	104
Висновки	105
Список використаних джерел	107
Додаток А	110

ВСТУП

Актуальність теми. Постійне зростання об'єму металургійного виробництва в деяких випадках тягне за собою зниження якості продукту. Оскільки, незважаючи на те, що ціна на шихтові матеріали зростає, якість при цьому погіршується. Тому, в наслідок, техніко-економічних особливостей є необхідним підвищення ефективності та якості виробництва шляхом удосконалення технологій виготовлення агломерату. Однією з умов покращення ефективності агломераційних машин є висока газопроникливість спікання матеріалу, що в значній мірі визначається характеристиками шихти, в тому числі й сегрегації шару на аглострічці. Насьогодні, досліджено вплив тільки окремих факторів на формування структури шихти, що не дає можливості в повній картині оцінювати вплив структурної неоднорідності на показники процесу спікання. Аналіз сучасного стану агломераційного виробництва показує, що продуктивність агломерату значно збільшується внаслідок підвищення шару шихти на аглострічці. Однак, з підвищенням шару шихти знижується газопроникливість шихти на агломераційній стрічці. Тому вивчення даної теми є необхідним для покращення якості та продуктивності металургії, оскільки виготовлення агломерату є першою ступеню для економічного підвищення продуктивності металургії.

Мета і задачі роботи. Ціллю даної роботи є підвищення якісних показників технологічного процесу та розробка автоматизованої системи керування технологічним процесом спікального відділення агломераційної фабрики.

Об'єктом дослідження є процес завантаження шихти на агломераційну стрічку в умовах агломераційної фабрика ПАТ «Запоріжсталь».

Предметом дослідження є визначення параметрів автоматизованої системи керування та їх впливу на якісні показники процесу агломерації.

Методи дослідження. При створенні математичних моделей використовувався балансовий метод, методи математичної статистики, моделювання, числові методи вирішення систем балансових та диференціальних рівнянь. Перевірка основних теоретичних положень виконана з використанням математичного моделювання та результатів експериментальних досліджень. Визначення фракційного складу здійснювалось ситовим методом. А газодинамічні властивості стаціонарного шару шихти на агломераційній стрічці визначалися методом визначення газодинамічності шару в промислових умовах.

Наукова новизна одержаних результатів. Встановлено закономірності, що характеризують вплив фракційного складу агломераційної шихти та структури шару на якість агломерату. А також, встановлена можливість управління якісними показниками агломерату шляхом змінення параметрів завантажувального вузла агломашини.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблено алгоритм розрахунку структури шару агломераційної шихти та математичну модель, що дозволяє визначити при якому куті завантажувального лотку буде краща газопроникливість. На основі даної моделі розроблена система управління для якісного спікання агломерату.

1 ТЕХНІКО ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

1.1 Цілі впровадження автоматизованої системи

Зважаючи на кризову екологічну ситуацію Придніпров'я, необхідна розробка перспективних проектів по нейтралізації токсичних і супертоксичних агломераційних газів.

В умовах ринкової економіки, конкуренції і загальної тенденції дорожчання енергоносіїв пріоритетного значення набувають якість продукції і енерговитрати на її виготовлення. Прогресивна зміна цих показників нерозривно пов'язана з поліпшенням екологічних характеристик, що особливо важливе для агломераційного виробництва.

До загальних напрямів економії енергоресурсів для агломераційних фабрик відносяться підготовка шихтових матеріалів і шихти в цілому; збільшення висоти шару шихти; оптимізація параметрів роботи і конструктивних характеристик запальної сурми; використання тепла гарячого агломерату і газів, що відходять від агломераційної машини; підвищення герметичності обладнання і зниження втрат тиску в ній; оптимізація режимів роботи ексгаустерів.

Для кожної окремої агломераційної фабрики ступінь значення кожного з цих напрямів різна. Вміст в газах, що відходять, шкідливих газоподібних складових (оксиди вуглецю, сірі, азоту) визначається складом шихти і особливостями технологічного процесу [1].

Для вирішення поставленої проблеми розглядаються сучасні тенденції розвитку агломераційного виробництва, визначаються технологічні способи і організаційно-технічні заходи, що дозволяють скоротити утворення газопилових викидів до виходу з процесу.

1.2 Актуальність впровадження автоматизованої системи

Агломераційні фабрики України, побудовані більше 40-70 років тому, мають високу 70-90% ступінь зносу і морально застаріли. У їх складі немає сучасних технологічних схем, ефективного обладнання для усереднювання і дозування сировини, змішування і огрудкування шихти, охолодження, дроблення і особливо грохочення агломерату. З цієї причини протягом багатьох десятиліть унеможлиблювалося корінного покращання якості товарного продукту агломераційних фабрик, особливо за змістом в нім небажаних дрібних фракцій.

Технічна політика нового керівництва приватизованих держпідприємств - генеральних менеджерів фінансово-промислових корпорацій - зосереджена в основному на забезпеченні виробництва потрібної кількості агломерату. Для цього проводилися помірні підтримуючі ремонти агломераційних машин без виконання крупних реконструктивних робіт, спрямованих на покращання головного якості агломерату.

В результаті агломераційне виробництво України відстає від досягнень кращих світових аналогів в 5-7 разів.

Тому така необхідна модернізація аглофабрик і в цілому, і по окремих агрегатах і пристроях в цепі апаратів.

В результаті аналізу загального стану технології і екологічної обстановки на агломераційних фабриках, досліджень нових і модернізованих процесів пропонуються деякі узагальнення і рекомендації по розвитку агломерації у напрямі скорочення пило- і газоутворення в ході самих процесів підготовки, спікання шихти і обробки спека стосовно аглофабрикам України.

Аналіз загального стану технології і екологічної обстановки на агломераційних фабриках України, результати досліджень нових і модернізованих процесів дозволяють зробити деякі узагальнення і рекомендації по комплексному розвитку технології агломерації з

урахуванням збільшених екологічних вимог і визначенням соціально-економічних наслідків використання пропонованих процесів. Пріоритетні напрями розвитку агломерації повинні визначатися з урахуванням їх впливу на стан навколишнього середовища [2].

Робота проведена стосовно аглофабрикам України, укомплектованим агломашинами, які побудовані в 30-60-і роки, і де проблема покращання умов праці і захисту навколишнього середовища від забруднень особливо актуальна.

Первинні операції агломераційного виробництва - розвантаження, складування і усереднювання шихтових матеріалів виконуються в основному на відкритих складах, обладнаних баштовими або роторними вагоноперекидачами, перевантажувачами рудних грейферів і одноковшевіми екскаваторами. Обладнання багатьох складів має обмежені усереднювальні можливості, не пристосовані до переробки пилових матеріалів, у багатьох випадках не володіє достатнім запасом потужності.

По методах складання на усереднювальних складах залізорудних сумішей аглофабрики можна розділити на дві групи, що відрізняються сумісним і роздільним усереднюванням компонентів.

При сумісній схемі усереднювання на фабриках комбінатів «Азовсталь», «Криворіжсталь», Макіївського, Дніпровського всі залізорудні компоненти (концентрат, аглоруди, відходи) і вапно складують в один штабель, при роздільній - в два штабелі: концентратний і аглорудний. Відходи складують або в концентрат, або в аглоруду або частково складують окремо (наприклад, колошниковий пил на комбінаті «Запоріжсталь»). Вапно на складі подають, як правило, в штабелі концентрату. По місцю введення вапна аглофабрики діляться на три групи, що відрізняються подачею вапна тільки на склад, тільки в потік залізорудної суміші або шихти і одночасним введенням вапна на склад і в потік шихтових матеріалів [3].

Згадані схеми переробки сировинних матеріалів по-різному впливають не тільки на якість підготовки агломераційної шихти, але і на стан

навколишнього середовища. Наприклад, вимушена подача вапна на відкритий усереднювальний склад без мір пилоподавлення створює підвищену запилену на самому складі і далеко за його межами. Застосування технологічно необхідного вапна і відносно сухих відходів для підсушування концентрату і додання йому сипучості супроводжується крупним недоліком: залізородний концентрат - найстабільніший по хімічному складу компонент шихти - повсюдно розусреднюється у зв'язку з недосконалим, без вагового дозування, введенням в нього добавок. Крім того, на процеси усереднювання і подальшої підготовки сировини на аглофабриках негативно впливають відсутність нормативних технологічних запасів і неритмічне постачання шихтових матеріалів. Це неминуче виводить процес спікання шихти із стаціонарного режиму, супроводиться підвищеними пиловими, а часто і додатковими газовими викидами.

Практикою агломерації і дослідженнями доведено, що оптимальна крупність вказаних компонентів забезпечує не тільки підвищення продуктивності і поліпшення міцності агломерату, але і істотне скорочення ви-трати твердого палива:

- аглоруда і повернення - не більше 5-6 мм;
- концентрат - 0,07-0,1 мм;
- вапняки флюсів - 0-3 мм (2 мм);
- тверде паливо - 0,5-3 мм.

Вапняк дроблять в спеціальних дробарках до крупності 0-3 або навіть 0-2 мм. Тверде паливо (коксіві відходи, антрацит) подрібнюють у валкових дробарках до крупності <3 мм, причому використовують такі додаткові способи, які гарантують виключення з палива дрібних пилоподібних класів <0,5 мм, які швидко згорають, володіють меншою тепловіддачею у зв'язку з меншим вмістом в них горючого вуглецю і виділяють більше СО при горінні. При повному видаленні фракцій 0-0,5 мм витрата палива зменшується на 15,2%, концентрація СО в газах, що відходять, зменшується на 17,6%. Видалити фракції 0-0,5 мм з палива можна шляхом його

пневмокласифікації або проміжного грохочення. За кордоном використовують класифікацію, грохочення і гравітаційно-інерційний спосіб розділення класів крупності палива.

Японці, використовуючи паливо крупності 1-2 мм, витрачають його на 20,2% менше, ніж при використанні палива звичайної крупності 0-3 мм. При рекомендованій оптимальній крупності повернення і руди 5-6 мм, фактично крупність досягає 15-20 мм. Впровадження додроблювання руди і повернення може понизити витрату твердого палива на 7%, підвищити міцність агломерату на 6% і збільшити продуктивність процесу спікання на 10%.

Реальна коливаємість шихтових матеріалів за змістом заліза і основності приблизно в три рази перевищує необхідну: $\pm 0,5$ по залізу; $\pm 0,05$ по основності.

Фактично коливання змісту Fe в рудній суміші, що поступає в агломерацію, складають 1,5-2%. Якщо вийти на рівень загальносвітових досягнень по стабільності хімічного складу рудної сировини, то можна понизити витрату палива в агломерації і доменному виробництві мінімум на 7-10%.

Застосування вапна в агломерації дозволяє:

- забезпечити транспортабельність - сипучість таких вологих матеріалів як рудний концентрат, шлами, - виключає їх замерзання при транспортуванні і складуванні, забезпечує якість дозування за рахунок збереження стійкості потоку матеріалів із бункерів і перевантажувальних пристроїв;

- забезпечити добре груд кування аглошихти, достатню міцність гранул, як при транспортуванні шихти до агломашини, так і в процесі спікання шару, де діють значні статичні навантаження, а також пов'язані з перенесенням вологи і тепла в шарі;

- витрачаючи 50-70 кг/т агломерату свіжого вапна фахівці агломерації отримують газопроникну структуру шару і можуть збільшити його висоту

до 400-600 мм, отримуючи на кожних 20 мм 1-2% економії твердо-го палива, а також підвищення міцності агломерату по виходу дрібних класів із нього на рівні 0,5-0,7% при вказаному збільшенні висоти шару (на 20 мм). Додаткова витрата палива на виробництво вапна (приблизно 150 кг.п. на 1 т вапна) окупається завдяки поліпшенням показників агломераційного виробництва, що досягаються.

Складання аглошихти відповідно до її розрахунку гарантує необхідну продуктивність, хімічний склад і міцність агломерату. Частка впливу точності вагового дозування на витрату твердого палива може досягати 25-50%. Шихту складають в автоматичному режимі, тобто шляхом постійного зважування потоків матеріалів, регулюючи видачу доз в кг на погонний м дозуючого або збірною конвеєра.

Для якісного дозування із точністю видачі кожного компоненту $\pm 0,3-0,5\%$ від максимального значення шкали приладу необхідне наступне оснащення відділень дозувань аглофабрики:

- конструкції бункерів дозувань повинні мати конічну форму із внутрішнім покриттям стін незалипаючими гідрофобними матеріалами;
- для виключення зависання матеріалів потрібні вібраційні або пневматичні системи обвалення зведення завислих матеріалів;
- необхідні датчики рівня, вимірники витрати і маси шихтових матеріалів у вигляді тензометричних датчиків і конвеєрних вагів;
- стійкість потоку матеріалів є одним з умов дотримання точності дозування;
- для контрольної точності зважування в сучасних системах автоматичного вагового дозування передбачені тарировочні пристрої.

Основною метою змішування шихти є розосередження подрібненого палива і флюсів (вапняк, вапно) в об'ємі рудних матеріалів. Кожен об'єм шихти повинен отримати декілька частинок палива, щоб при його згоранні виділилося тепло, відбулися процеси плавлення і кристалізації розплаву. У погано перемішаній шихті частину об'ємів має надмірна кількість палива, а

в деяких його немає зовсім. Шихта без палива не агломерується і повертається в процес у вигляді повернення, а надмірне паливо викликає переплавку у складі розплаву такої модифікації двокальцієвого силікату ($3-2 \text{ CaO} \cdot \text{SiO}_2$, яка при охолодженні перебудовує кристалічну решітку із збільшенням об'єму на 10-12%), перетворюючи агломерат на пил.

Завдяки сегрегації твердого палива вирівнюються температури по висоті шару, а економія твердого палива у зв'язку з покращеною сегрегацією може досягати 8-10% і більш. М'яке укладання шару шихти із збереженням його пористості дає можливість підвищувати продуктивність процесу, створювати умови для економічного високошарового спікання шихти.

Пошук способів модернізації технології і обладнання для завантаження шихти на агломашини продовжує залишатися актуальним завданням, оскільки в агломерації не розроблений поки що такий унікальний завантажувальний пристрій, який відповідав би всім вимогам сучасної технології формування на агломашині шару із оптимальними температурно-тепловими і газодинамічними характеристиками.

Системи завантаження на українських аглофабриках не відповідають багатьом вимогам специфічної технології підготовки і спікання шихти із залізородних концентратів і відходів, вони менш досконалі, чим деякі зарубіжні аналоги і потребують як мінімум елементарної модернізації. Тоді як японські фахівці запропонували декілька оригінальних конструкцій двоступінчатих завантажувальних пристроїв агломашин, частина з яких успішно використовується не тільки в Японії, але і в Китаї, Бразилії і інших країнах.

Це основний напрям вдосконалення агломерації в світовій практиці, оскільки завдяки ньому досягаються кращі показники по міцності агломерату і економії твердого палива [5].

Збільшення висоти шару на 20 мм дозволяє понизити витрату твердування палива на 1-2%, зменшити викиди в атмосферу: пил на 7%;

-CO на 3,6%;

- SO_2 на 2-3%.

Збільшення висоти шару можливо за трьох умов:

- якісній підготовці гранульованої шихти за рахунок використання сучасного обладнання і речовин, що пов'язують;
- оснащення агломашин могутніми ексгаузерами, здатними створити велике розрідження (15-30 кПа) під шаром, що спікається;
- газові мережі агломашин повинні володіти високою герметичністю.

Спікання шихти у високому шарі використовує теплотехнічні вигоди агломерації: чим вище шар, тим більша частка його висоти має характеристику підвищеної припливу тепла регенерації і достатніх температур для плавлення і формування міцного епіка.

Спікання у високому шарі значно вирівнює температурні умови формування агломерату. Проте, не закриває проблем дефіциту тепла у верхньому горизонті спікаємого шару. Для цієї мети (забезпечення приблизно однакових температур по висоті шаруючи) служить комбінований нагрів, що складається:

- із тепла горіння палива у середині шару;
- із тепла зовнішнього теплового джерела у вигляді всмоктуваного в шар повітря або продуктів горіння паливних газів (природний газ, кокс, доменний, конвертерний газ).

Переслідуються мета допалювання або розкладання CO і складних вуглеводнів, а також часткового поглинання в шарі сірчистого ангідриду. Зазвичай в процес агломерації повертають газів останніх вакуум-камер, що відходять, з температурою 150-200 °С. Оптимальний ступінь рециркуляції для промислових умов українських аглофабрик складає близько 25%). При цьому вдається понизити викиди в атмосферу також на 25% і понизити витрату твердого палива на 2 кг/т агломерату. Для подовжених машин, де близько 40% площі використовують для охолодження, доцільне продування повітрям практично готового епіка і подача цього повітря з температурою близько 600 °С на процес спікання. В цьому випадку можна

понижити зміст твердого палива на 20%>.

Склад аглогазу: CO = 0,5-3%; Co₂ = 14%; S0₂ = 0,3%; No_x = 0,05%; N₂ = 60%;

Пік охолоджують в спеціальних охолоджувачах для створення нормальних умов праці в циклі транспортування, дозування і завантаження агломерату в доменні печі. Тепло агломерату складає 38% у загальному тепловому балансі процесу спікання. Утилізація тепла агломерату дає 20% економії палива.

При охолодженні стабілізується міцність і гранулометричний склад агломерату, при якому вдається виділити із епіка максимальну кількість дрібних фракцій і отримати придатний агломерат стабільного складу по крупності, що створює основу для економії палива в доменному виробництві.

1.3 Розрахунок економічної ефективності

Дане впровадження дозволяє змінити собівартість продукції в результаті зміни питомої норми видатку природного газу на 4%.

Зміна собівартості за рахунок зміни питомих норм видатку умовного палива визначається по формулі:

$$\Delta C_H = (H_B - H_{пл}) * Ц$$

де Ц – ціна за 1м³ природного газу (Ц=8,0 грн.);

H_Б, H_{пл} - питомі норми видатку палива, у базисному й плановому варіантах (усереднене H_Б=600м³), відповідно.

$$H_{пл} = H_B - H_B * 0.04 ;$$

$$H_{пл} = 600 - 600 * 0,04 = 576,0 \text{ (м}^3 \text{ / м}^3 \text{)};$$

$$\Delta C_H = (600 - 576,00) * 1.2 = 28,8 \text{ (грн / м}^3 \text{)}$$

Додаткові капітальні вкладення

Додаткові капітальні вкладення складаються з:

- вартості контролерів;
- вартості ПЭВМ верхнього рівня;
- вартості додаткових матеріалів на впровадження АСУ ТП (придбання й установка додаткових шаф, придбання й прокладка кабелів для живлення та ін.);
- вартості монтажних і пусконаладжувальних робіт. Додаткові капітальні вкладення разом складають 380000 грн.

Річний економічний ефект

Річний економічний ефект від впровадження нововведень, що вводяться, визначається по формулі:

$$E = \Delta C_n * Q_{пл} - E_n * \Delta K,$$

де E_n – нормативний коефіцієнт порівняльної економічної ефективності нової техніки ($E_n=0,18$); тон у рік;

$Q_{пл}$ - плановий обсяг виробництва, рівний 8000т у рік.

ΔK – капіталовкладення на впровадження системи;

ΔC – зміна собівартості агломерату.

Тоді:

$$\mathcal{E} = 28,8 * 8000 - 0,18 * 380000 = 162000(\text{грн}).$$

Економічна ефективність капітальних вкладень

Економічна ефективність капітальних вкладень визначається по формулі:

$$E = \frac{\Delta C_x \Delta Q_{пл}}{\Delta K},$$

звідси:

$$E = \frac{28,8 * 8000}{380000} = 0,61 \text{ (грн / грн)}.$$

Строк окупності капітальних вкладень

Визначаємо строк окупності капіталовкладень по формулі:

$$T = 1/E = 1/0,61 = 1,64 \text{ роки.}$$

Після впровадження АСУ ТП економічний ефект складе 162000 грн, тому що коефіцієнт порівняльної економічної ефективності дорівнює 0,61 (грн/грн), при капітальних вкладеннях 380000 грн. Ефект виходить за рахунок економії умовного палива. Строк окупності 1,64 роки, тому впровадження розглянутих пропозицій доцільно й необхідно.

1.4 Постановка цілі та задачі дослідження

Аналіз сучасного стану агломераційного виробництва показав необхідність покращення сучасного процесу агломерації у зв'язку із нестабільністю якості та характеристик вхідних матеріалів. Враховуючи аналіз літературних даних щодо модернізації процесу та дослідження встановлено, що найбільше раціональним є оптимізація процесу завантаження шихти на агломераційній стрічці.

З ростом об'єму виробництва знижується якість виготовленого агломерату внаслідок погіршення газопроникливості шихти. Одним з значних моментів виникнення даної проблеми є процес завантаження шихти, внаслідок якого формується шар шихти на аглострічці.

Виходячи з вищесказаного, ціллю даної роботи є підвищення якісних показників технологічного процесу та визначення оптимального поєднання газодинамічних властивостей шару шихти та міцності агломерату.

Для досягнення поставлених цілей сформовані такі задачі:

– проаналізувати сучасний стан процесу завантаження шихти на агломераційну стрічку, пристроїв та методів підвищення якості автоматизованої системи управління спікання шихти;

– визначити газодинамічні характеристики сформованого шару та встановлення залежності впливу структури шару на його газодинамічний опір;

– дослідити вплив структури сформованого шару шихти на якість агломерату.

2 ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ УПРАВЛІНЯ АГЛОМЕРАЦІЙНИМ ВИРОБНИЦТВОМ

2.1 Конструкція технологічного агрегату і алгоритм його роботи

Завданням агломераційного процесу є підготовка високоякісної сировини для доменного виробництва із суміші залізрудних концентратів, аглоруд, колошникового пилю, окалини та інших залізовмісних матеріалів шляхом спікання їх з відповідною кількістю флюсу (звичайний і доломітізований вапняк, вапно) при використанні твердого палива (коксова дрібниця, коксовий горішок, антрацитовий штиб).

Високі техніко-економічні показники агломераційного процесу забезпечуються суворим дотриманням сталості фізичних властивостей і хімічного складу шихтових матеріалів, оптимальних технологічних параметрів.

Для досягнення максимальної продуктивності агломашин, отримання високоякісного агломерату відповідно до вимог стандарту підприємства при мінімальних витратах сировини і палива, забезпечення довговічності роботи обладнання та безпеки праці працюючого персоналу, необхідно встановити єдину методику ведення і регулювання процесу спікання доменного агломерату.

Процес спікання.

Спікання підготовленої шихти є основним етапом у технології отримання високоякісного агломерату.

Спікання шихти ведеться на колосникових ґратах агломераційної машини при просасиванні повітря за рахунок розвитку високих температур при горінні вуглецю в шарі шихти.

Колошниковий ґрати повинні забезпечити стабільне живий перетин (8-12%), мінімальну розсипанню шихти через міжколосникові зазори, виключати перекося і випадання колосників.

Швидкість руху спікальних візків регулюється агломератчиком залежно від вертикальної швидкості спікання з таким розрахунком, щоб процес спікання закінчувався на передостанній вакуум-камері зони спікання.

При нормальному ході процесу спікання готовий пиріг агломерату повинен бути рівномірно спечений по всій висоті та ширині. У спеку не допускається гнізд неспеченої шихти. Розпечений шар при виробництві пирога агломерату не перевищує $\frac{1}{4}$ висоти пирога, (від колошникової решітки).

Дроблення пирога агломерату.

Після охолодження спеченого пирога агломерату в зоні охолодження, проводиться дроблення його одновалковою дробаркою.

Для грохочення агломерату в хвостовій частині агломашини встановлений гуркіт. Далі готовий агломерат вантажиться у вагони.

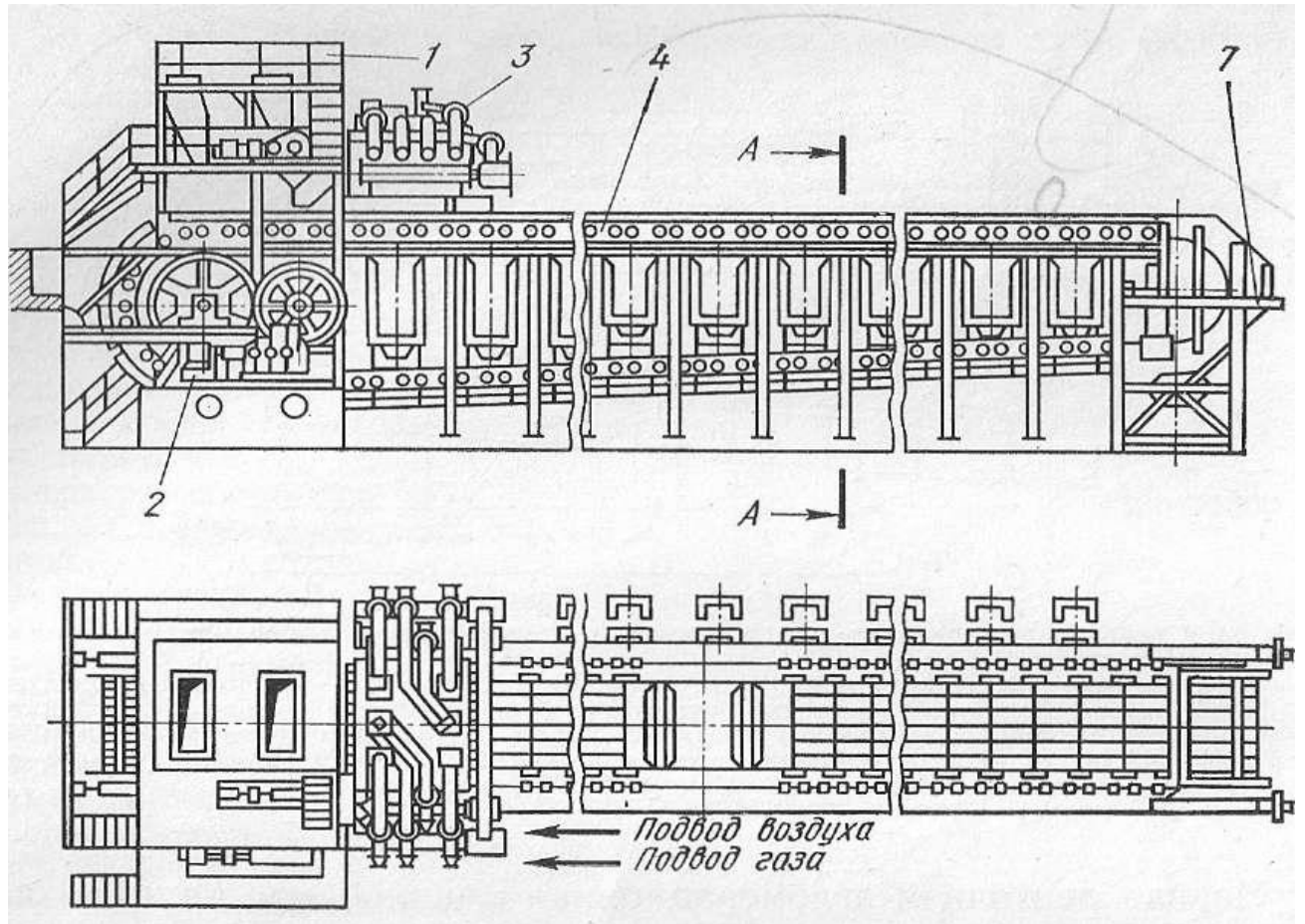
Отриманий повернення надходить в барабан - охолоджувач, де охолоджується водою, а потім системою конвеєрів подається в бункер повернення.

Агломераційна машина (агломашина) — машина, призначена для отримання агломерату шляхом спікання рудної дрібниці і концентратів методом просмоктування повітря через шар шихти, що лежить на колосникових ґратах, з частковим звільненням шихти від шкідливих домішок.

Схема агломашини представлена на рисунку 2.1.

Стрічкова агломераційна машина являє собою замкнутий ланцюг спікальних візків-палет, що рухаються і переміщуються по рейках верхнього горизонтального робочого ланцюга машини під дією зірочок (12) привода, а по горизонтальній складовій власної ваги. Захват палет з холостої ланки й транспортування їх на верхню робочу ланку машини також здійснюються за допомогою зірочок привода. На сталевій рамі кожної палет монтується три ряди колосників. Таким чином, палета являє собою колосникові ґрати, що рухаються. Під час руху по робочій частці ланцюга і палети рейках нижньої похилої ($2...3^\circ$) холостої ланки машини в переверненому положенні під дією проходять над вакуум-камерами (11), з'єднаними через збірний газопровід

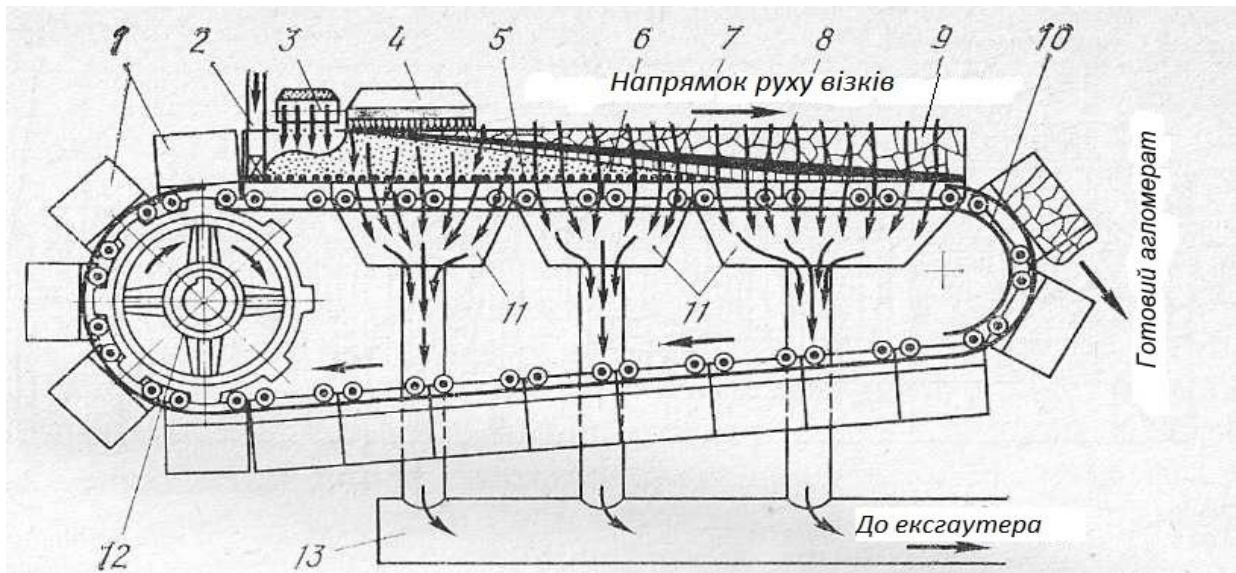
(13) з ексгаустером. Спеціальне ущільнення перешкоджає просочуванню повітря у вакуум-камери через стик із палетами, що рухаються. Спікальні візки рухаються по робочій ділянці машини одна за іншою без розривів або зазорів. Просочування повітря між візками у вакуум-камери вимикається.



1 - живильники постелі й шихти; 2 - привод машинний; 3 - запалювальний горн; 4 - спікальні візки- палети; 5 - вакуум-камери; 6 - клапани для регулювання вакууму; 7 - розвантажувальний кінець машини

Рисунок.2.1 – Агломераційна машина конвеєрного типу із площею спікання 75m^2

Хід процесу спікання на конвеєрних машинах показаний на рис.2.2



1 - спікальні візки-палети; 2 - укладальник постелі; 3 - челноковий живильник стрічки шихтою; 4 – газовий запальний горн; 5 - постіль; 6 - зона сирої шихти; 7 - зона сушіння й підігріву шихти; 8 - зона горіння твердого палива; 9 - зона готового агломерату; 10 - розвантажувальний кінець машини; 11 - вакуум-камери; 12 – провідне зубчасте колесо привода стрічки; 13 - збірний газопровід

Рисунок. 2.2 - Схема процесу спікання на агломераційній машині стрічкового типу

Таким чином, головна маса повітря повинна при русі палет над вакуум-камерами проходить через шар шихти, покладений на робочій ділянці машини. Укладання постелі й шихти на палети, що рухаються, проводиться спеціальними живильниками (2), (3) (рис.1.24). На металургійних підприємствах України основне застосування знайшли прямолінійні безперервні машини. До основних переваг цих машин варто віднести:

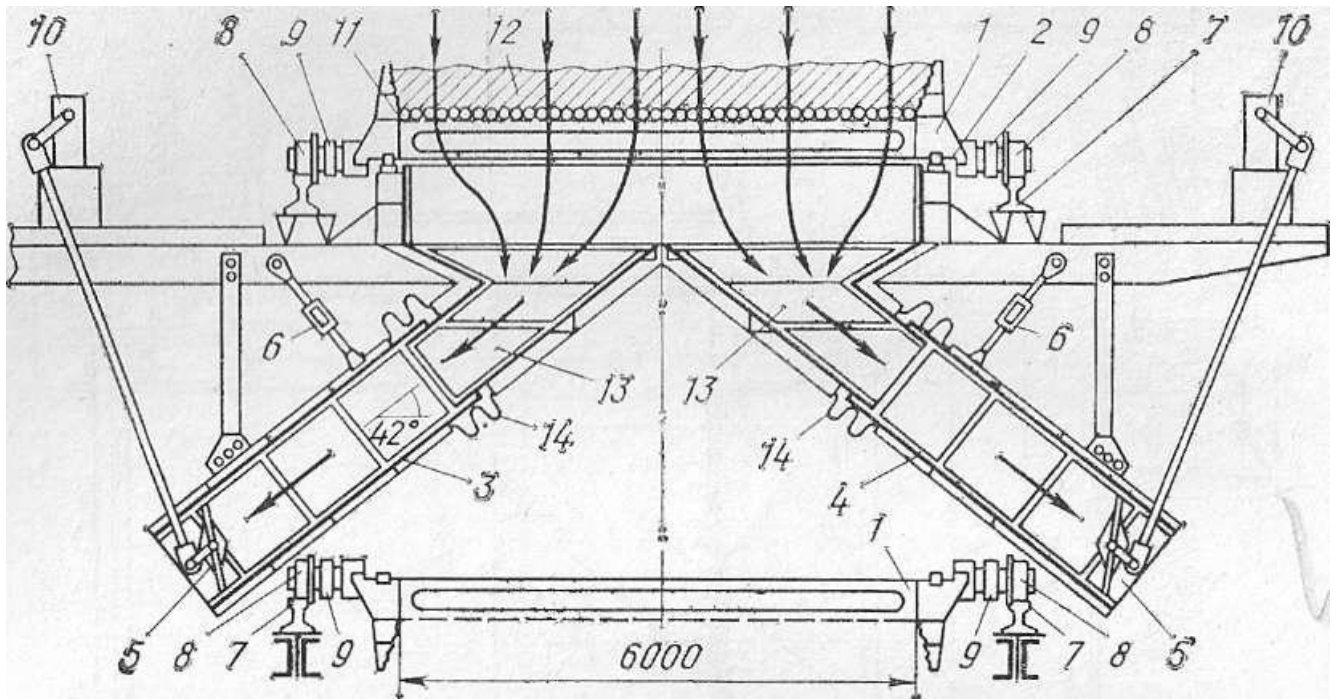
- повну механізацію процесу спікання, починаючи з моменту завантаження шихти й кінчаючи розвантаженням готового агломерату;
- безперервність роботи, що забезпечує високу продуктивність установки;

- відносно просту будову машини: шляхом збільшення довжини ланцюга можна одержати продуктивність, не досягнуту на жодній із відомих агломераційних машин інших типів.

Запалювання шихти здійснюють за допомогою стаціонарного газового горна (4). Час перебування палети під горном становить близько 1 хв. Теплота запалювання, що розрахована на 1 м^2 поверхні спікаємого шару, становить 42...50,5 МДж/хв. З моменту початку запалювання шихти палета перебуває над вакуум-камерами, у яких підтримується розрідження до 20 кПа. У міру руху палет зона горіння опускається вниз у напрямку до колосникових ґрат, проходячи весь шару, що спікається, за 10...12 хв. (залежно від висоти шарів й вертикальної швидкості спікання).

Пристрій спікального візка-палети наступний. Сталева рама палети виконана із трьох секцій, з'єднаних болтами. Між чотирма балками рами набирають три ряди сталевих колосників, зазори між якими становлять 5...6 мм (живий перетин ґрат 12...15 %). Знизу до рами прикріплені пластини ущільнення, якими палета на ходу стикується з пластинами ущільнення вакуум-камер. Повний комплект палет агломераційних машин із площею спікання 50; 75 й 312 м^2 складається відповідно з 70; 80 й 130 спікальних візків.

Під палетами на робочій ділянці агломераційної стрічки розташовуються вакуум-камери (рис.2.3), внутрішня поверхня яких покривається футерованими плитами для захисту від зносу під впливом запиленних газів.



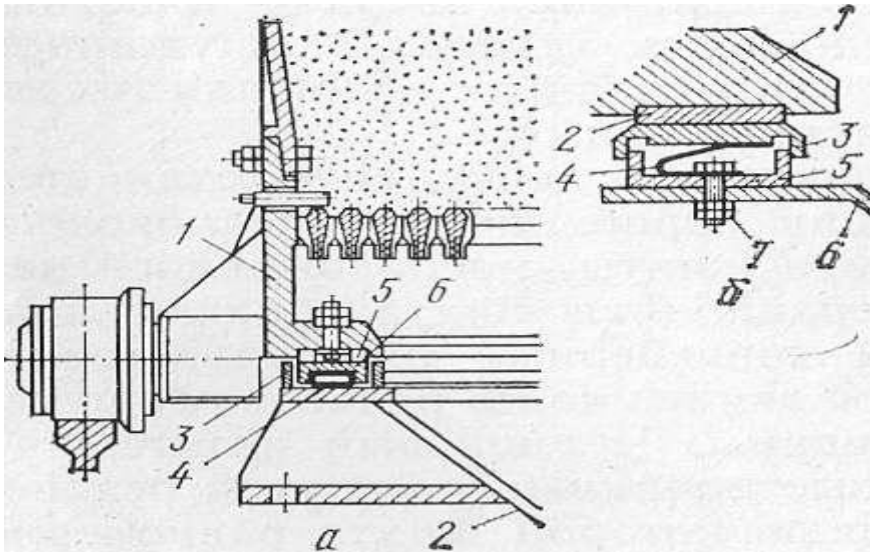
1 - палета; 2 - ущільнення; 3 - лівий патрубок вакуум-камери; 4 - правий патрубок вакуум-камери; 5 - регулювальні мотилькові клапани; 6 - тяги підвіски патрубків; 7 - ходові рейки; 8 - ходові ролики палети; 9 - вантажні ролики палети; 10 - привод до регулювальних мотилькових клапанів; 11 - постіль; 12 - аглошихта; 13 - футеровані плити; 14 - компенсатори теплового розширення конструкції

Рисунок. 2.3 - Двосторонній відвід газів на агломераційній стрічці

На найбільш великих аглострічках із широкими палетами застосовують двосторонній симетричний відвід газів, що відходять, у два збірних колектора.

Конструкції ущільнень між палетами, що рухаються й вакуум-камерами показані на рис. 2.4. У гідравлічному ущільненні рухливі пластини, що мають можливість переміщення у вертикальній площині, притискаються до пластин ущільнення палет гумовотканинним шлангом, у який під тиском 68...78 кПа нагнітається вода. Під тиском води шланг прагне до циліндричної форми, але сплющується під дією ваги палет і шихти. Шланги (лівий і правий) покладені по верхніх кромках вакуум-камер на всю довжину стрічки. Якщо ходовий ролик палети наїхав на шматочок руди й палета перекосилася,

тобто пластина палети перемістилася разом з рамою нагору, то під дією шланга зрушиться нагору й пластина вакуум-камери, зберігаючи газошільність стику. У пружинному ущільненні (рис. 2.4,б) замість пружного шланга з водою використовується пластинчаста пружина.



а – гідравлічне (1 - палети; 2 - вакуум-камера; 3 - ринва; 4 - гумовотканинний шланг із водою під тиском; 5 - ущільнювальна пластина палети; 6 - ущільнювальна пластина вакуум-камери); б - пружинне (1 - палета з ущільнювальною пластиною; 2, 3 - ущільнювачі- пластини вакуум-камери; 4 - пластинчаста пружина; 5 - ринва; 6 - вакуум-камера; 7 - болт кріплення ринви й пружини)

Рисунок 2.4 - Поздовжнє ущільнення між палетами й вакуум-камерами

Завантаження агломераційної шихти на стрічку здійснюються найчастіше за допомогою комбінації барабанного й челнокового живильників. З бункера шихти, розташованого над головною частиною машини, агломераційна шихта попадає спочатку на рухливий челноковий конвеєрний живильник, що робить зворотно-поступальний рух по рейковому шляху, розташованому поперек осі машини.

Довжина запального горна повинна бути пов'язана зі сталою швидкістю руху агломераційної машини. Наприклад, у випадку прийнятого часу запалювання, рівній одній хвилині, і швидкості машини 2,5 м за хвилину довжина горна повинна бути порядку 2,5 м.

При дробленні до крупності, наприклад 150...30 мм, створюються нормальні умови для вантажно-розвантажувальних операцій і транспортування агломерату. Більш-менш рівний по крупності агломерат забезпечує умови для кращого охолодження. Дроблений агломерат дозволяє рівномірно завантажувати грохот. Відсіяний дріб'язок і пил направляється на утилізацію.

Основною частиною агломераційної машини є металевий жолоб (шириною 2-4 м і довжиною 25-80 м), утворений з щільно зсунутих візків з бортами - палет, що переміщаються по рейках на роликах. Дно біля візків набрано з колосників (зі щілинами шириною 5-6 мм). Рух візків здійснюється за допомогою головного зірочки, яка захоплює внизу зубами візок, піднімає її, притискає до попередньої і через неї штовхає всі інші, що знаходяться на верхніх напрямних. Остання візок переходить на колоподібні напрямні в хвості машини, перекидається і під дією власної ваги з нижнім похилих напрямних скочується до головного зірочки. Після цього цикл повторюється. У проміжку між верхніми і нижніми направляючими змонтовані пірамідальної форми вакуум-камери, з'єднані за допомогою газоходу з димососом (ексгаустером). Ексгаустер створює розрідження у вакуум-камерах, під дією якого через всю площу палет, що знаходяться на верхньому горизонтальному ділянці, в агломерируемый шар засмоктуються спочатку гарячий газ (запального горна), а потім на іншій частині машини - повітря.

Підготовлену шихту (вологе, окомкованную) живильником завантажують на безперервно рухаються палети. За час перебування шихти під запальним гірському (протягом 1 хвилини) відбувається запалювання шихти — займання твердого палива поверхневого шару шихти. Швидкість руху палет регулюється таким чином, щоб зона формування агломерату досягла колосників в момент, коли палета проходить над останньою вакуум-камерою. При

перекиданні візки «агломераційний пиріг» зісковзує з неї (див. ілюстрації) і після дроблення і грохочення направляється на охолодження. Залишки з-під машини газу очищаються від пилу і, пройшовши через екстаустер, що викидаються в атмосферу [2].

2.2 Основні технологічні величини й особливості їх виміру

Основними цілями метрологічного забезпечення є: підвищення якості продукції; ефективності керування виробництвом і рівня автоматизації виробничих процесів; підвищення ефективності науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт.

Основою технічної бази метрологічного забезпечення є засоби вимірів і контролю. Нормативно-правовою основою метрологічного забезпечення є державна система забезпечення єдності вимірів, яка являє собою комплекс державних стандартів і інших документів, що встановлюють одиниці фізичних величин; порядок і методи їх зберігання; відтворення й передачі розмірів іншим засобам вимірів.

Засобу виміру містять у собі заходи, вимірювальні перетворювачі, вимірювальні прилади й допоміжні пристрої. Усім засобам вимірів властиві основні властивості: метрологічні, експлуатаційні, інформаційні й ін. Найбільш важливими є метрологічні характеристики: діапазон вимірів, чутливість, швидкодія, варіація показань та ін. Одним з найголовніших показників засобу вимірів є клас точності – це узагальнена характеристика засобу вимірів, обумовлена межами основний і додаткової погрешностей, а також іншими властивостями, що впливають на точність виміру.

Якісне ведення технологічного процесу є однією з найважливіших завдань автоматизації технологічного процесу. Для нормальної роботи агломераційного виробництва ВАТ «Запоріжсталь» необхідно, регулювати й контролювати наступні параметри в зазначені нижче діапазонах.

У таблиці 2.1 наведений перелік контрольованих параметрів об'єкта керування й засобів виміру із вказівкою робочого діапазону й класу точності.

Таблиця 2.1. – Метрологічне забезпечення АСУ ТП роботи агломераційного виробництва ВАТ «Запоріжсталь»

Контрольований параметр	Робочий діапазон виміру	Точність виміру
Висота шару шихти на аглострічці	350 мм	1%
Рівень шихти в шкірному проміжному бункері	0-100%	1%
Швидкість аглострічці	0-2 м/хв	0,5 %
Кількість шихти в прийомному бункері	8-18 м ³	0,5 м ³
Витрата води в барабан - огрудкувателі	8м ³ /час	1%
Ступінь окомкування шихти	8.5±0.8%	1%
Висота шаруючи шихти на аглостічки	350 мм	1%
Рівень шихти в шкірному проміжному бункері	0-100%	1%
Температура в запальному горні	800-1500 °С	0.5 %
Витрата природного газу в запальному горні	400 - 800 м ³ /год	1%
Витрата повітря на запальне горно	4500 - 14000	1%
Витрата води в барабан охолодження повернення	2-4м ³ /год	3%
Швидкість аглострічки	0-2 м/хв	0.5 %
Температура димових газів перед ексгаузером	70-150°С	0.5 %
Температура димових газів у загальному колекторі	300 °С	1%
Температура димових газів у вакуум - камерах	400 °С	0.5 %
Розрідження димових газів у вакуум - камерах	15кПа	1%
Розрідження в ексгаустері	15кПа	1%
Температура повернення	20-100°С	2°С

Продовження таблиці 2.1

Тиск газу перед пальником	12.5 кПа	1%
Тиск газу перед дроселем	15кПа	1%
Тиск повітря перед пальником	4.5 кПа	1%

2.3 Статичні і динамічні характеристики об'єкта автоматизації

Фізико-математичні моделі процесу агломерації можна отримати аналітично, шляхом послідовного опису фізико-хімічних перетворень у вихідних матеріалах при виробництві. Динамічна математична модель спікання агломераційної шихти, реалізована на комп'ютері, дозволяє швидко і з мінімальними витратами дослідити вплив провідних параметрів процесу спікання (висота шару шихти, вміст вуглецю і вологи в обшивці, швидкість руху котлів і т.д.) на його техніко-економічні показники і може використовуватися як інформаційна частина в агломерації АСУ.

для оптимізації процесу. Динамічний алгоритм моделювання в математичній формі відображає фізико-хімічні перетворення і теплові явища в шарі шихти, що спікається, майже в тій мірі, в якій процес агломерації тепер можна описати аналітично.

Алгоритм динамічної моделі процесу спікання включає запалювання, сушку (перезволоження) шихти, спалювання палива, нагрівання і охолодження шару шихти, зміни витрат газів, щільність шихти, інтенсивність нагрівання матеріалів і газів, співвідношення коефіцієнтів тепло- і водообміну в технологічному процесі. Деякі хімічні (в тому числі мінералогічні) перетворення в даний час досліджуються і описані недостатньо повно, тому їх вплив на процес можна враховувати лише приблизно, шляхом деякої корекції теплового і агломерату, матеріального балансу та інших добре вивчених факторів.

Математична модель заснована на таких передумовах. Зважаючи на малі розміри частинок шихти їх температура постійна за обсягом; всі

частинки елементарного обсягу шихти, розташовані на одному горизонті шару, мають однакову температуру; теплові ефекти реакцій локалізовано в обсязі частинок шихти; теплообмін між шихтою і газовим потоком відбувається при граничних умовах третього роду; теплообмін теплопровідністю або випромінюванням між шарами шихти, розташованими на різних горизонтах, відсутня; теплота плавлення і кристалізації виражена залежністю теплоємності матеріалів від температури; теплоємності шихти і агломерату однакові; теплота екзо і ендотермічних реакцій, а також втрати теплоти з механічним недожогом і в навколишнє середовище визначаються шляхом корекції тепловиділення при горінні кокс (по тепловому балансу); кисень диссоціюючих оксидів розраховується за рівнянням, в якому вміст кисню в повітрі коригують за допомогою коефіцієнтів (з матеріального балансу); акумуляцією теплоти і маси газами в шарі можна знехтувати, так як вона мала в порівнянні з акумуляцією теплоти і маси матеріалами; теплоємність газів не залежить від їх складу. Багато з цих допущень не впливають скільки-небудь істотно на структуру алгоритму моделювання.

У шарі спекулятивного агломераційної шихти знаходяться процеси спалювання палива, тепло- і вологообмін; зміни тисків водяної пари в газах, насипної щільності листа, теплоємних матеріалів, продуктів агломерату і згоряння. Деякі з цих фізико-хімічних явищ математично характеризуються системою алгебраїчних рівнянь, які не містять просторових координат і часу. Дійсно, в залежності від теплового фактора по температурі і складу обшивки або інтенсивності тепла газу на температурі зберігаються в будь-якому місці шару в будь-який момент часу. Те ж саме відноситься і до інших подібних залежностей. Розглянемо алгебраїчні рівняння моделі.

При горінні палива виділяється теплота:

$$q_c = (1 + a_{\text{экз}} - a_{\text{энд}} - a_{\text{м.н.}} - a_n)(a_{\text{CO}_2} q_{\text{CO}_2} + a_{\text{CO}} q_{\text{CO}}), \quad (2.1)$$

де $a_{\text{екз}}, a_{\text{м.н.}}, a_n$ - теплові ефекти екзо і ендотермічних реакцій, втрати з механічним недожогом і в навколишнє середовище, виражені в частках від теплоти згорання;

$a_{\text{CO}_2}, a_{\text{CO}}$ - частка вуглецю, згорає до CO_2 и CO ;

$q_{\text{CO}_2}, q_{\text{CO}}$ - теплоти згорання вуглецю до CO_2 и CO .

Спільне перебіг тепло- і вологообмін в шарі характеризується психрометричний коефіцієнтом:

$$A = \frac{a_V}{\varepsilon_V r} \quad (2.2)$$

де a_V, ε_V - об'ємні коефіцієнти тепловіддачі і вологообміну;

r — теплота пароутворення.

Коефіцієнт тепловіддачі між газами і шихтою залежить від швидкості і температури газів і зменшується в процесі сушіння і спікання шихти, тому можна записати:

$$a_V = a_{V_0} v^m T_G^b (1 + K_C C + K_W W), \quad (2.3)$$

де v - швидкість продуктів згорання у вільному перетині шару;

T_G - абсолютна температура газу;

C - вміст вуглецю в шихті;

W – вологість шихти;

a_{V_0}, m, b, K_C, K_W - постійні.

Тиск насичених водяних парів в продуктах згорання $P_{\text{нас}}$ залежить від температури шихти $t_{\text{ш}}$ та величини нормального тиску P_n :

$$P_{\text{нас}} = P_n \exp\left(\frac{17,75t_{\text{ш}}}{248 + t_{\text{ш}}} - 5,1113\right) \quad (2.4)$$

Парціальний тиск водяної пари в газах $P_{в.п.}$ можна виразити через пропорційну швидкість v_{H_2O} і абсолютний тиск продуктів згорання P :

$$P_{в.п.} = P \frac{v_{H_2O}}{v} \quad (2.5)$$

Насипна щільність шихти $\rho_{ш}$ залежить від її абсолютної щільності ρ_a та пористості Π :

$$\rho_{ш} = (1 - \Pi)\rho_a \quad (2.6)$$

Якщо припустимо деяке зменшення точності моделювання, то можна прийняти $\rho_{ш} = \rho_{ш0} = \text{const.}$ Для розрахунків підвищеної точності може бути використана величина усадки шихти, що залежить від розрідження в вакуум-камерах, висоти шару і інших чинників. На теплоємність шихтових матеріалів $C_{ш}$ і газів C впливає температура шихти $t_{ш}$ і газів $t_{г}$:

$$C_{ш} = C_{ш0} + C'_{ш}t_{ш} + C''_{ш} \exp[-a_{ш}(t_{ш} - t_0)^2] \quad (2.7)$$

$$C = C_{г.0} + C'_{г} t_{г}, \quad (2.8)$$

де $C_{ш0}, C'_{ш}, C''_{ш}, a_{ш}, t_0, C_{г.0}, C'_{г}$ - постійні.

Продукти згорання, що проходять через спікається шар, складаються з кисню, водяної пари та інших газів, тому парціальні швидкості пов'язані співвідношенням:

$$v_{г} = v - v_{O_2} - v_{H_2O} \quad (2.9)$$

Фізичні та хімічні перетворення в шарі агломераційної шихти, що спікається, протікають у часі τ і в просторі (по висоті шару, просторова координата Z). Ці динамічні процеси (сушка, горіння вуглецю, зміна температури, концентрації кисню в газах, парціальної швидкості водяної пари і кисню по висоті шару) характеризуються системою диференціальних рівнянь в приватних похідних по τ і Z . Швидкість сушки шихти пропорційна різниці відносного тиску водяних парів: по виразу (2.10) - для насичених парів, по рівнянню (2.11) - для дійсних значень ненасичених.

$$\frac{\partial W}{\partial \tau} = -\frac{100\varepsilon_v}{\rho_{ш}} \left[\frac{P_n}{P} \exp\left(\frac{17,75t_{ш}}{248 + t_{ш}} - 5,1113\right) - \frac{v_{H_2O}}{v} \right] f(W) \quad (2.10)$$

У процесі сушіння волога мігрує всередині частинок шихти, тому вологість останньої необхідно враховувати:

$$f(W) = \frac{W^S}{(N + W^S)}, \quad (2.11)$$

де S, N — постійні.

Експерименти по динаміці сушки агломераційної шихти показали, що $N = 5,64$ і $S = 1,13$, якщо W виражена в відсотках на суху масу. Для процесу перезволоження $f(W) = 1$, так як в цьому випадку міграція вологи в частинках шихти на швидкості процесу не відбивається. З рівняння матеріального балансу вологи слід

$$\frac{\partial v_{H_2O}}{\partial Z} = -\frac{\rho_{ш}}{100\rho_{H_2O}} \frac{\partial W}{\partial \tau}, \quad (2.12)$$

де ρ_{H_2O} - щільність водяних парів.

Дослідження горіння вуглецю в шарі показали, що градієнт концентрації кисню в газах за висотою шару складним чином залежить від параметрів

процесу - концентрації кисню у газі $O_2 = \frac{v_{O_2}}{v}$, середнього радіусу частинки палива R_c , щільності палива ρ_c та ін.:

$$\frac{\partial O_2}{\partial Z} = -\frac{D}{VR_c} \cdot \frac{\rho_{ш}}{\rho_c} \cdot \frac{C}{100} O_2 e^{-\frac{E}{RT_{ш}}}, \quad (2.13)$$

де D, R, E — постійні.

Так як поточні значення R_c і C пов'язані з початковими значеннями

$R_{C_{нач}}$ і $C_{нач}$ співвідношенням $\frac{R_c}{R_{C_{нач}}} = \sqrt[3]{\frac{C}{C_{нач}}}$, то

$$\frac{\partial O_2}{\partial Z} = \frac{-D\sqrt{C_{нач}}}{R_{C_{нач}}} \cdot \frac{C^{2/3}}{100} \cdot \frac{\rho_{ш}}{\rho_c} O_2 e^{-\frac{E}{RT_{ш}}} \quad (2.14)$$

На підставі рівняння (2.14) з урахуванням матеріального балансу кисню і вуглецю можна записати рівняння швидкості горіння вуглецю:

$$\frac{\partial C}{\partial \tau} = -\frac{D\sqrt{C_{нач}}}{R_{C_{нач}}} M C^{2/3} \frac{\rho_{O_2}}{\rho_c} O_2 e^{-\frac{E}{RT_{ш}}}, \quad (2.15)$$

де $M = (12/32)a_{CO_2} + (12/16)a_{CO}$ - стехіометричний коефіцієнт;

ρ_{O_2} - густина кисню.

З рівнянь (2.14) і (2.15) отримуємо вираз зміни парціальної швидкості кисню за висотою шару:

$$\frac{\partial V_{O_2}}{\partial Z} = \frac{1}{M} \frac{\rho_{ш}}{100 \rho_{O_2}} \frac{\partial C}{\partial \tau} \quad (2.16)$$

Склавши рівняння теплового балансу газового потоку, знайдемо градієнт температури газів за висотою шару $\frac{\partial t_{\Gamma}}{\partial Z}$ і швидкість зміни температури шихти $\frac{\partial t_{ш}}{\partial \tau}$:

$$\frac{\partial t_{\Gamma}}{\partial Z} = - \frac{a_V (t_{\Gamma} - t_{ш})}{C_{\Gamma} \nu} \quad (2.17)$$

$$\frac{\partial t_{ш}}{\partial \tau} = \frac{F}{Q} \quad (2.18)$$

При цьому

$$F = \frac{a_V}{\rho_{ш}} (t_{\Gamma} - t_{ш}) + \frac{4,1868}{100} \frac{\partial W}{\partial \tau} (595 + 0,47 t_{\Gamma} - t_{ш}) - \frac{q_C}{100} \frac{\partial C}{\partial \tau} ; \quad (2.19)$$

$$Q = C_{ш} + 4,1868 \frac{W}{100} \quad (2.20)$$

Рівняння (2.1) - (2.18) є аналітичної основою математичного динамічного моделювання агломераційного процесу на ЕОМ. Розрахункова схема моделі спікається шару представлена на рисунку 2.5.

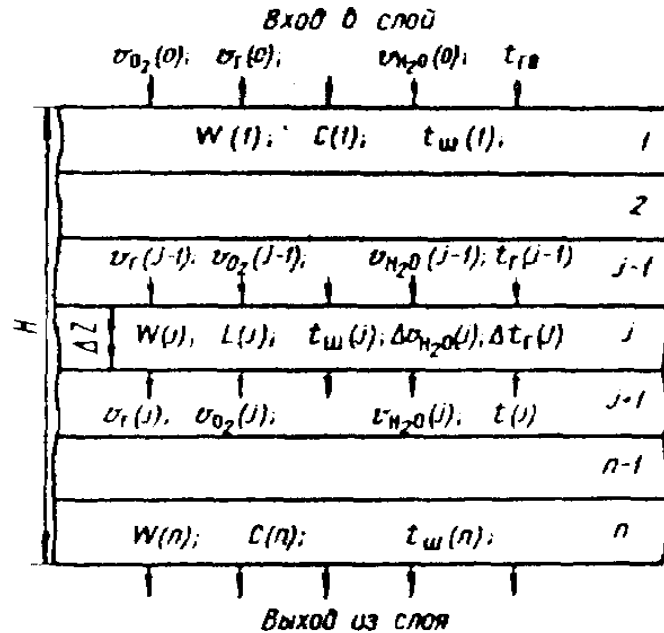


Рисунок. 2.5 - Розрахункова схема моделі шару агломераційної шихти, що спікається

Шар шихти заввишки H розбитий на n зон, так що $\Delta Z = H/n$. Шари пронумеровані по ходу процесу спікання (зверху вниз): $1, 2, \dots, j-1, j, j+1, \dots, n-1, n$. Дискретизація процесу моделювання в часі з кроком дискретності Δt дозволяє проводити розрахунки по кроках, номери яких $1, 2, \dots, K-1, K, K+1, \dots$. В результаті квантування процесу в часі i в просторі ΔZ диференціальні рівняння (2.21) - (2.28) представлені в кінцево-різницевої формі. Запишемо ітераціональну схему функціонування динамічної моделі. Для величин, що відносяться до шихти (W, C, t_w), наприклад, для вологості: $W(K, j) = W(K-1, j) + \Delta W(K-1, j)$, а для величин, що відносяться до газового потоку ($v_{H_2O}, v_{O_2}, v_r, t_r$), наприклад для швидкості водяних парів:

$$v_{H_2O}(K-1, j) = v_{H_2O}(K-1, j-1) + \Delta v_{H_2O} \quad (2.21)$$

Для шихти номер j відповідає елементу розбивки; для газового потоку номер $j-1$ означає вхід в елементарний шар з номером j , а номер j - вихід з нього. Перейдемо в диференційних рівняннях (6.7.10) - (6.7.18) к кінцевим

різницям (от $\partial\tau$ к $\Delta\tau$ і от ∂Z к ΔZ) та оберемо $\Delta\tau$ і ΔZ достатньо малими. тоді збільшення Δ величин W , C , t_u , v_{H_2O} , v_{O_2} , v_Γ і t_Γ можна уявити у вигляді:

$$\Delta W(K-1, j) = -\frac{100 \cdot \varepsilon_V(K-1, j) \cdot \Delta\tau}{\rho_u} \left\{ \frac{P_u}{P} \cdot \exp\left[\frac{17,75 \cdot t_u(K-1, j)}{248 + t_u(K-1, j)} - 5,1113 \right] - \frac{v_{H_2O}(K-1, j-1)}{v_{H_2O}(K-1, j-1) + v_{O_2}(K-1, j-1) + v_\Gamma(K-1, j-1)} \right\} \cdot f[W(K-1, j)] ; \quad (2.22)$$

$$\Delta C(K-1, j) = -\frac{MD^3 \sqrt{C_{нач}}}{R_{C_{нач}}} \cdot \frac{\rho_{O_2}}{\rho_C} \cdot \Delta\tau \cdot C^{2/3} \frac{v_{O_2}(K-1, j-1)}{v(K-1, j-1)} \times \exp\left[-\frac{E}{R} \cdot \frac{1}{t_u(K-1, j) + 273,15} \right] ; \quad (2.23)$$

$$\Delta t_u(K-1, j) = \frac{F \cdot \Delta\tau}{\Theta} ; \quad (2.24)$$

$$\Delta v_{H_2O}(K-1, j) = -\frac{\rho_u(K-1, j) \cdot \Delta Z}{100 \cdot \rho_{H_2O} \cdot \Delta\tau} \cdot \Delta W(K-1, j) ; \quad (2.25)$$

$$\Delta v_{O_2}(K-1, j) = \frac{1}{M} \cdot \frac{\rho_u(K-1, j)}{\rho_{O_2}} \cdot \frac{\Delta Z}{\Delta\tau} \cdot \Delta C(K-1, j) ; \quad (2.26)$$

$$\Delta v_\Gamma(K-1, j) = -(a_{CO_2} + 2a_{CO}) \cdot \Delta v_{O_2}(K-1, j) ; \quad (2.27)$$

$$\Delta t_\Gamma(K-1, j) = -\frac{a_V(K-1, j) \cdot \Delta Z \cdot [t_\Gamma(K-1, j-1) - t_u(K-1, j)]}{[C_{\Gamma.O} + C'_\Gamma t_\Gamma(K-1, j-1)] \cdot v(K-1, j-1)} \quad (2.28)$$

де,

$$\begin{aligned}
 F &= \frac{a_v(K-1, j)}{\rho_{uu}(K-1, j)} \cdot [t_{\Gamma}(K-1, j-1) - t_{uu}(K-1, j)] + 0,041868 \times \\
 &\times \frac{\Delta W(K-1, j)}{\Delta \tau} \cdot [595 + 0,47t_{\Gamma}(K-1, j-1) - t_{uu}(K-1, j)] - \frac{q_c}{100} \cdot \Delta C(K-1, j) \\
 &; \tag{2.29}
 \end{aligned}$$

$$\Theta = C_{u.o} + C_{uu}' \cdot t_{uu}(K-1, j) + C_{uu}'' \cdot \exp\{-a_{uu}[t_{uu}(K-1, j) - t_o]\} + 0,041868W(K-1, j) \tag{2.30}$$

$$\begin{aligned}
 a_v(K-1, j) &= a_{v_o} v^m(K-1, j-1) \cdot T_{\Gamma}^b(K-1, j-1) \times \\
 &\times [1 + K_c C(K-1, j) + K_w W(K-1, j)]; \tag{2.31}
 \end{aligned}$$

$$\varepsilon_v(K-1, j) = \frac{a_v(K-1, j)}{A} \tag{2.32}$$

Зміна швидкості просмоктуваного через шар повітря при моделюванні прийнято таким же, як і в виробничих умовах, в яких встановлено емпірична залежність (парабола четвертого ступеня):

$$v_B = K_1(\tau - \tau_m)^2 + K_2(\tau - \tau_m)^4 + v_m, \tag{2.33}$$

де v_m - мінімальна витрата в момент часу τ_m ;

K_1, K_2 - постійні.

У процесі програмування розрахунків на ЕОМ передбачені логічні операції з обмеження величин $C \geq 0$ і $W \geq 0$ це дозволяє забезпечити абсолютну стійкість процесу обчислень

Моделювання виконується на ЕОМ при наступних умовах:

$$\begin{aligned}
a_{CO_2} &= 0,8; \quad a_{CO} = 0,2; \quad q_{CO_2} = 32815 \text{ кДж/кг}; \quad q_{CO} = 9210 \text{ кДж/кг}; \\
a_{\text{экс}} &= 0,075; \quad a_{\text{энд}} = 0,175; \quad a_{\text{м.п}} = 0,015; \quad a_n = 0,14; \quad A = 3,13 \text{ К}; \\
r &= 2284 \text{ кДж/кг}; \quad a_{V_o} = 23500 \text{ Вт/(м}^3 \cdot \text{К)}; \quad m = 0,8; \quad b = 0,25; \\
K_C &= 0,3; \quad K_W = 0,32; \quad \rho_{\text{шо}} = 1800 \text{ кг/м}^3; \quad C_o = 3,7\%; \quad W_o = 7,0\%; \\
C_{\text{шо}} &= 0,92 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{К)}; \quad C'_{\text{ш}} = 0,0004 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{К}^2); \\
C''_{\text{ш}} &= 2,79 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{К)}; \quad a_{\text{ш}} = 0,000025 \text{ К}^{-2}; \quad t_o = 1570 \text{ }^\circ\text{C}; \\
C_{\text{ГО}} &= 1335 \text{ кДж/(м}^3 \cdot \text{К)}; \quad C'_\Gamma = 0,222 \text{ Дж/(м}^3 \cdot \text{К}^2); \quad D = 3570; \\
C_{\text{нач}} &= 3,7\%; \quad R_{\text{Снач}} = 0,001; \quad \rho_C = 2200 \text{ кг/м}^3; \quad E/R = 8000; \\
\rho_{O_2} &= 1,335 \text{ кг/м}^3; \quad \rho_{H_2O} = 0,749 \text{ кг/м}^3; \quad P = 101325 \text{ Па}; \quad M = 0,45; \\
h &= 160 \text{ мм}; \quad n = 160; \quad \Delta Z = 160/160 = 1 \text{ мм} = 0,001 \text{ м}; \quad \Delta \tau = 1 \text{ с}.
\end{aligned}$$

Це всі вхідні параметри, які використовуються для дослідження. Результатом експерименту є крива, що показує зміну температури в елементарному шарі, що розташовується на відстані від поверхні на 30 мм, тобто вихідними даними є температура $t_{\text{ш}}$ і час τ .

2.4 Схема інформаційних потоків

Схематичне уявлення агломераційного виробництва представлено на рисунку 2.6. Воно являє собою схему виробництва від початкової підготовки сировини і до готового агломерату.

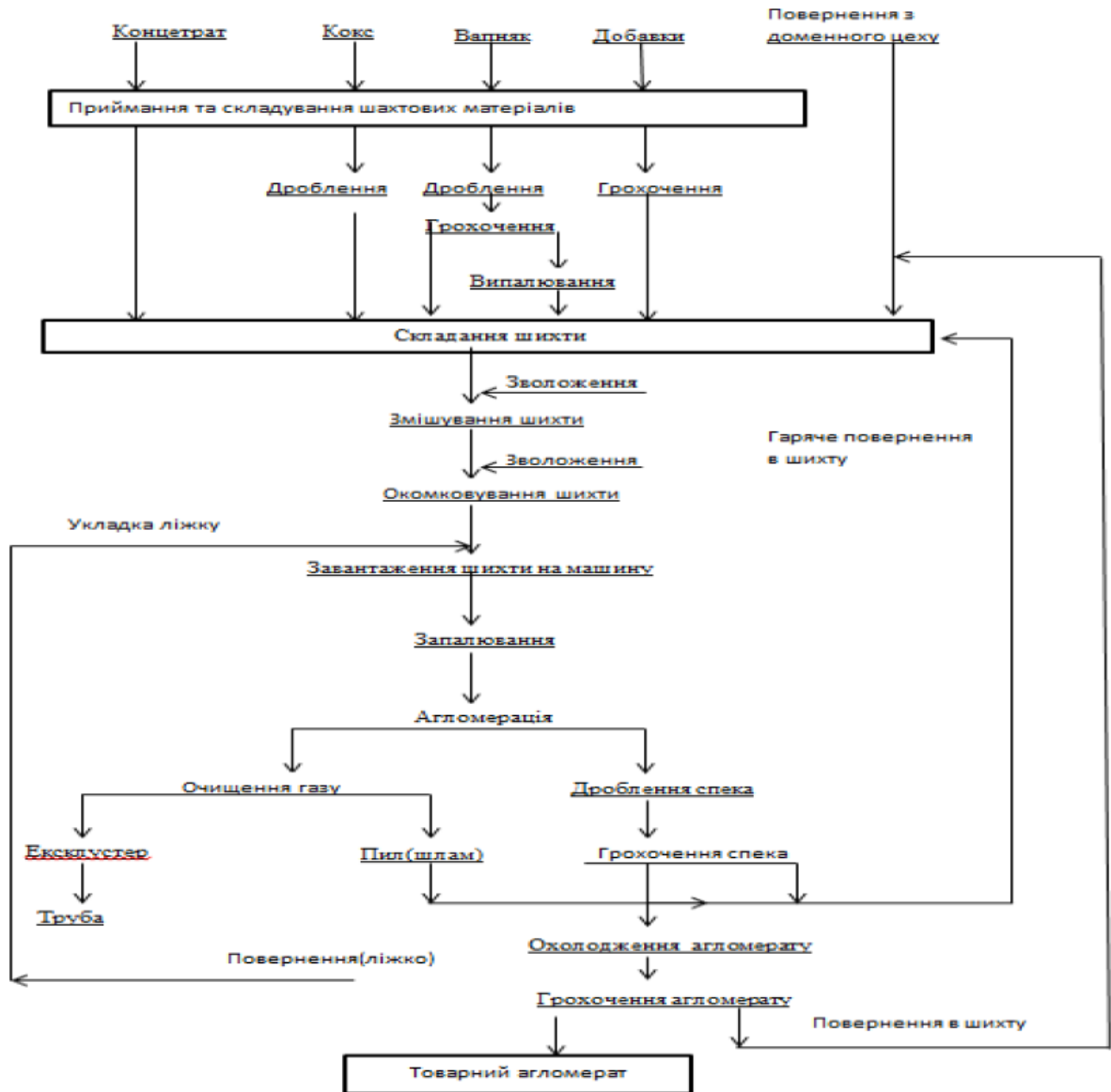


Рисунок 2.6 - Схема інформаційних потоків агломераційного виробництва

Щоб визначити всі вхідні і вихідні сигнали мікропроцесорної системи управління і здійснити проектне компонування контролера для системи автоматичного управління агломашиною, необхідно на основі розглянутих алгоритмів автоматичного регулювання технологічних параметрів агломашини скласти схему інформаційних потоків, рис.2.7.

Потоки інформаційних сигналів:

I1 - Інформація про температуру в горновому просторі;

- I2 - Інформація про температуру в останній вакуум-камері;
- I3 - Інформація про тиск в горновому просторі;
- I4 - Інформація про розрідження у вакуум-камерах;
- I5 - Інформація про витрату газу;
- I6 - Інформація про витрату повітря;
- I7 - Інформація про рівень шихти на аглострічці;
- I8 - Інформація про тиск газу;
- I9 - Інформація про тиск повітря;
- I10 - Інформація про тиск димових газів до циклону;
- I11 - Інформація про тиск димових газів після циклону;
- I12 - Інформація про рівень шихти на завантажувальному лотку.

Потоки керуючих сигналів:

- U1 - Вплив для регулювання подачі газу;
- U2 - Вплив для регулювання швидкості аглострічки;
- U3 - Вплив на зміну тиску у горновому просторі;
- U4 - Вплив на швидкість роботи ексгаустера;
- U5 - Вплив для регулювання подачі повітря;
- U6 - Вплив для регулювання подачі шихти.

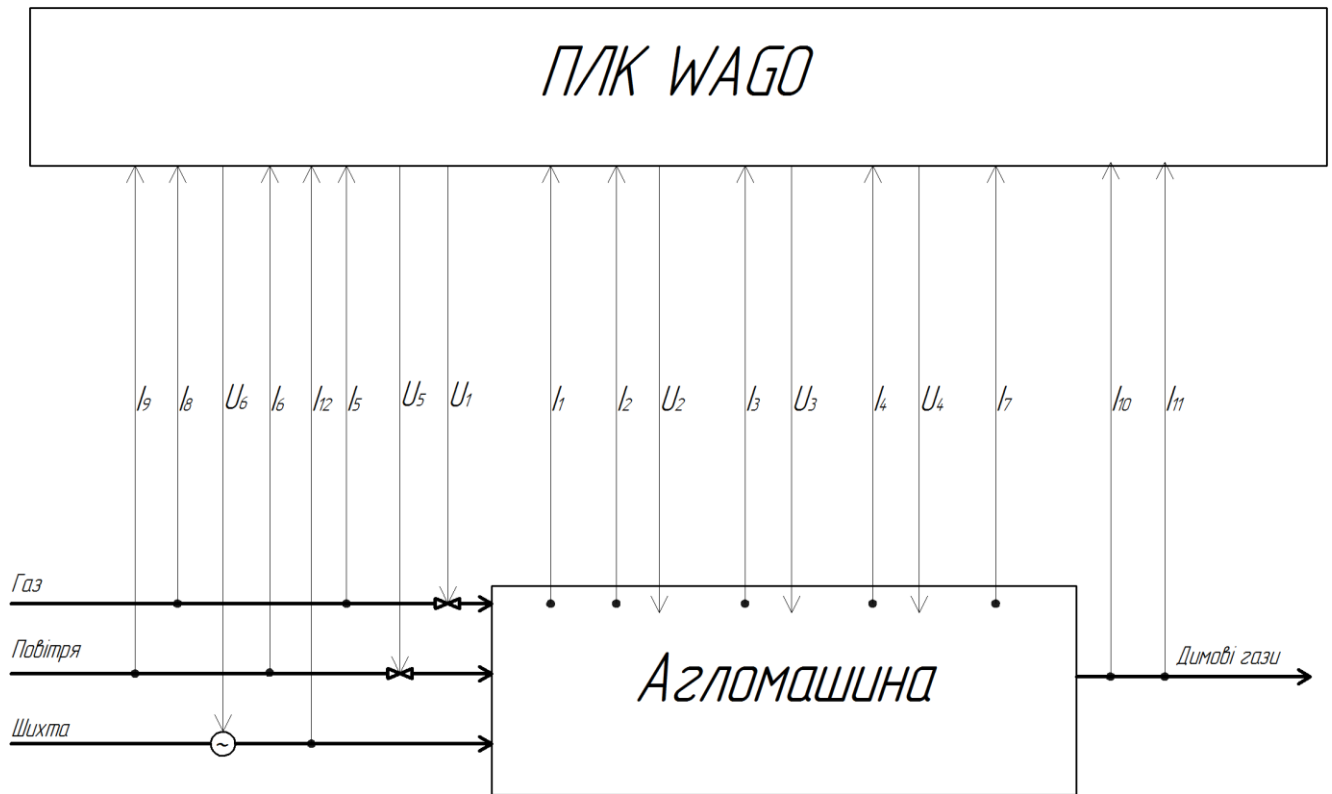


Рисунок 2.7 - Схема інформаційних потоків

2.5 Технічне завдання до розроблюваної АСУ ТП

Для забезпечення максимальної продуктивності агломашин служать системи автоматичного контролю і управління процесом спікання, що виконують операції підготовки шихти (зволоження і огрудкування), завантаження її на агломераційного машину, контролю теплового режиму та оптимізації процесу спікання. Певне значення мають також локальні схеми контролю і управління рівнем матеріалів в потоках і ємностях, а також системи управління окремими механізмами агломераційної фабрики – дробарками, ексаустерами, обжиговими установками та ін.

Точність дозування компонентів шихти впливає на якість готового агломерату та хід спікання на аглоленте. Сталість хімічного складу шихти досягається дозуванням шихтових матеріалів системою бункерів з живильниками. Дозування здійснюється по масі матеріалів з урахуванням їх хімічного складу. Співвідношення компонентів шихти регулюють шляхом

автоматичного підтримання витрати окремих складових з коригуванням за даними хімічних аналізів і аналізів вологості матеріалів. Якість регулювання при цьому залежить від частоти відбору проб та аналізу.

Для забезпечення якісної завантаження шихти спікальні візки агломашини обладнують проміжним (завантажувальним) бункером, який, як проміжна ємність, згладжує коливання різниці між приходом шихти з барабана-окомкователя і витратою її на аглоленту. Щоб не порушувалася газопроникність окомкованної шихти, рівень її в проміжному бункері необхідно підтримувати як можна точніше.

Автоматизація управління процесами в спікальному відділенні полягає в автоматичному підтримці висоти шару аглошихти, що завантажується на машину, автоматичному регулюванні рівня шихти в проміжному бункері (промбункере) над агломашиною, контролі і автоматичному управлінні процесом запалювання шихти і регулювання закінченості процесу спікання в кінці активної ділянки аглоленти. Окремий вузол управління складають механізми охолодження і дозування повернення.

З метою оперативного керування агломераційним процесом на аглофабриці здійснюють контроль таких технологічних параметрів:

- швидкість руху аглострічки;
- об'ємних витрат природного газу та повітря на запалювання;
- температури запалення шару шихти, відхідних газів в останніх вакуум-камерах, колекторах агломашини, перед ексгаустерами, шихти перед барабанами-окомкователями;
- розрідження у вакуум-камерах, колекторі агломашини перед ексгаустерами;
- товщина шару агломерату на аглострічці.

Швидкість руху аглострічки необхідно контролювати, т. к. рівномірний розподіл шихти по ширині аглострічки є одним з необхідних умов для нормального протікання процесу спікання. Якщо швидкість аглострічки

збільшиться, то температура шихта до 11-14 вакуум-камерах може бути вище норми, що погіршує якість спекаемой шихти.

Контроль обсягів витрат природного газу та повітря на запалювання, т. к. необхідно рівномірне запалювання шихти за аглоленте. Висока температура факела, надлишок тепла для запалювання викликає плавлення поверхні шару і погіршення його газопроникності. При низькій температурі запалювання виходить погано спеченная з малою міцністю верхня частина «пирога».

Температура регулюється в ході всього процесу спікання, оскільки від цього залежить якість спікаймої шихти.

АСУ ТП відділення спікання агломерату є підсистемою АСУ ТП агломераційного виробництва. В цілому АСУ ТП повинна забезпечувати за рахунок стабілізації та оптимізації технологічного процесу:

- підвищення продуктивності агломашин;
- підвищення виходу придатного агломерату;
- зниження частки повернення в шихті;
- підвищення якості агломераційної шихти;
- зниження питомої витрати шихти на огрудкування і брак за окомкованію і спікання;
- зменшення кількості аварійних режимів роботи;
- поліпшення умов праці обслуговуючого персоналу;
- полегшення управління об'єктом.

2.6 Висновки

1. Визначено особливості конструкції агломераційної машини та виробництва агломерата, які є суттєво впливають на якість кінцевого продукту.

2. Проаналізовано статичні та динамічні характеристики за основними керуючими каналами, що дозволило визначити якісний та

кількісних вплив керуючих параметрів на стан процесу агломерації

3. Розроблено схему інформаційних та матеріальних потоків, яка дозволила провести аналіз каналів управління.

4. Розроблено технічне завдання на створення автоматизованої системи управління агломераційним процесом

3 РОЗРОБКА ВЕРХНЬОГО РІВНЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ

3.1 Аналіз існуючих систем автоматизації

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

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

Управління процесом спікання полягає в стабілізації його готовності в певній точці по довжині аглострічки і в підборі вхідних параметрів з метою забезпечення максимальної продуктивності і високої якості агломерату. Для оцінки і контролю ходу процесу спікання використовуються такі показники, як температура і склад газів, що відходять, освітленість в вакуум-камерах, магнітна проникність шару та ін.

Закінченість процесу спікання може порушуватися в результаті складу шихти, її вологості, ступеня ущільнення, висоти шару шихти і швидкості руху аглоленти. Всі зазначені обурення в кінцевому підсумку виявляються через зміну швидкості спікання шихти, яка, таким образом, є обурюючим впливом для системи управління кінцевого спікання.

Як показники завершеності спікання шихти, зазвичай використовується температурні показники процесу: температура в одній з останніх вакуум-

камер, різницю або суму температур в різних вакуум-камерах, температуру в загальному газовому колекторі. Застосування мікропроцесорної техніки дозволяє використовувати деякі комплексні показники.

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

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

Процес виробництва агломерату протікає в умовах обурюючих впливів: зміни хімічно-мінералогічного та зернового складу компонентів спеченої шихти, умов дозування, транспортування, змішення і зволоження шихти, а також укладання шихти на агломераційну машину. Для усунення впливу обурень на хід технологічного процесу використовують такі основні дії, що управляють: співвідношення (дозування) компонентів опалювальної шихти, вміст вуглецю (кокс) в шихті, вологість шихти, швидкість руху аглострічки, розрідження в вакуум камерах і ін.

Особливості процесу спікання в агломашині як об'єкта автоматичного управління, можна сформулювати наступним чином:

- агломашина являє собою систему, яка характеризується багатьма вхідними та вихідними параметрами;
- процес безперервний;
- робота агломашини схильна до різких обурень, пов'язаних з довільною

зміною витрати шихти, запізненням системи і т.п.

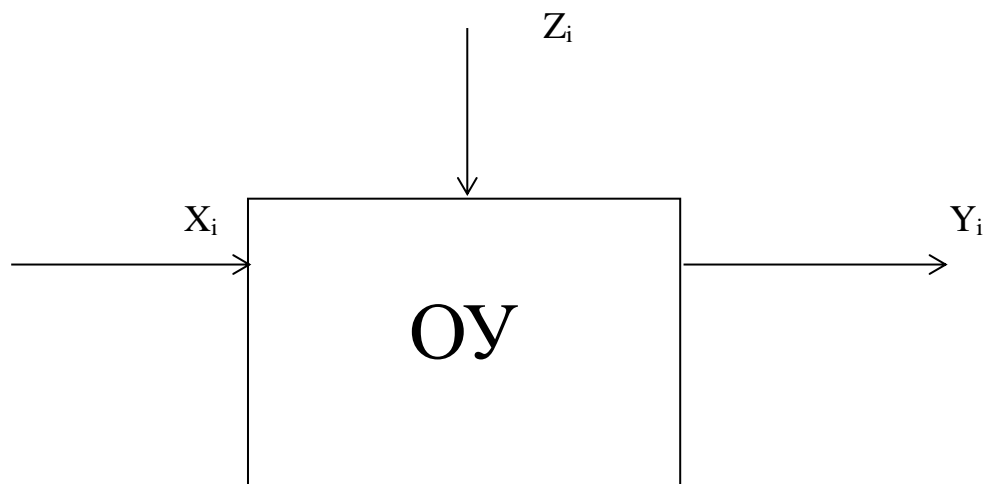


Рисунок 3.1 - Агломашина як об'єкт автоматичного управління

X_i - вхідні параметри (управляючі змінні), контролюються безперервно та періодично;

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

Y_i - вихідні параметри - залежні змінні (вихідні показники), що характеризують якість і кількість кінцевого продукту процесу (міцність, відновлений агломерат, продуктивність агломашини).

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

Вхідні параметри: вологість шихти; газопроникність шихти; склад вуглецю в шихті; висота шару шихти; швидкість руху аглострічки;

продуктивність екстаустера; умови запалювання - температура горна (температура середовища в горні), температура запалювання (температура над поверхнею зворотного зв'язку спалювальної шихти), узагальнена температура, яка вимірюється за допомогою терморпарі, встановленої в середині горна, температура поверхні аглошихти; витрати палива; витрата повітря; витрата компресорного повітря; витрата води на газоочистку, на скрубери; довжина аглострічки.

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

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

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

$$\varpi_l = \frac{l}{h_c} \varpi_c, \quad (3.1)$$

де l – відстань від місця запалювання до точки виміру;

h_c – задана величина спеченого шару в точці вимірювання.

Зазвичай домагаються закінчення процесу спікання в кінці аглострічки,

тобто при $\frac{l}{h_c} = \frac{l_l}{H}$ (де l_l – робоча довжина стрічки; H – висота шару шихти).

При цьому швидкість аглоленти повинні складати:

$$\varpi_l = \frac{l_l}{H} \varpi_c \quad (3.2)$$

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

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

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

$$V_T = \frac{q_T b \varpi_l}{\eta Q_T}, \quad (3.3)$$

де q_T – витрата палива на запалювання;

b – ширина шару шихти;

V_T – швидкість аглострічки;

Q_T – питома теплота згоряння;

η - тепловий ККД запалювального горну.

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

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

Один з основних показників, що характеризують тепловий режим спікання, - механічні властивості агломерату. Ці властивості зазвичай визначаються шляхом різних випробувань, таких як руйнування агломерату у обертовому барабані, скиданням і ін. При розвантаженні агломерату з агломашини на колосниковий гуркіт також відбувається свого роду випробування на міцність агломерату в природних умовах. Кількість виділеного на гуркоті повернення характеризує міцність одержуваного

агломерату. Таким чином, безперервний контроль виходу повернення дозволяє отримувати інформацію про одне з найважливіших властивостей агломерату - його міцності.

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

3.2 Обґрунтування структури управління

Широке впровадження засобів автоматизації викликають необхідність створення раціональної структури оперативного автоматичного управління технологічними процесами й координацію взаємодії виробничих ділянок і підприємства в цілому. Для рішення цих питань розробляють структурну схему контролю й управління, завдяки якій устанавлюються канали адміністративного, технічного й оперативного управління, устанавлюються взаємні зв'язки між оперативними робочими постами основних груп технологічного встаткування.

Сучасні автоматизовані системи управління технологічними процесами на агрегатах безперервної дії обробки будують по ієрархічному принципі. Структура системи управління складається із двох рівнів: верхнього й нижнього.

До складу нижнього рівня входять пристрою виміру (датчики) різних параметрів, що характеризують режими роботи спікального горна, перетворювачі й програмувальний логічний контролер, що приймає й обробляє інформацію з датчиків і видає управляючі сигнали виконавчим механізмам для регулювання параметрів технологічного процесу. Контролер також здійснює передачу необхідних даних на верхній рівень.

На верхньому рівні використовуються ЕОМ, на які покладає реалізація завдань, що вимагають роботи з більшими масивами даних, сполучених зі значними обсягами обчислень, і завдань, пов'язаних з формуванням і видачею інформації операторові у вигляді різних протоколів, зображень і повідомлень. До складу верхнього рівня входить ЕОМ, що утворить АРМ оператора.

ЕОМ перебуває на пості управління процесом спікання й призначена для оперативного управління технологічним процесом. На підставі закладених алгоритмів і даних, що вводяться оператором, ЕОМ видає уставки температур. Дана ЕОМ взаємодіє із суміжною ЕОМ, що розташована на посту управління на виході з агрегату й вирішує завдання збору й обробки накопичується інформації, що, здійснює зв'язок з вищестоящою АСУ, робить розрахунок змінного й добового завдання, веде виробничий протокол, реєструє простої горна, фіксують підсумки роботи агрегату за зміну.

Опис процедур збору, обробки й використання інформації. Основні технологічні параметри роботи горна - це температура, тиск, витрата. Ці параметри вимірюються за допомогою сучасних датчиків, до складу кожного з них входить перетворювач, що перетворить вимірюваний параметр в уніфікований аналоговий сигнал.

Сигнали, які беруть участь у регулюванні технологічним процесом, надходять на вторинні багатоканальні прилади й потім на модулі аналогового уведення мікропроцесорного контролера. До таких сигналів ставляться наступні: сигнали з термопар сигнали з датчиків тиску, що вимірюють тиск у

робочій зоні горна й тиск газу під муфелем; сигнали з витратомірів, що вимірюють витрату газів.

Параметри, які тільки контролюються в ході технологічного процесу, надходять також на багатоканальні індикаторні прилади й потім надходять безпосередньо на модулі аналогового входу контролера

Це наступні сигнали: температура в горна, витрату газів, тиск у робочому просторі й під муфелем. Зв'язок контролера з ЕОМ верхнього рівня здійснюється через інтерфейс RS-232. Зв'язок контролера з ЕОМ верхнього рівня здійснюється через інтерфейс RS485. Зв'язок між мікропроцесорним контролером і ЕОМ двостороння, тобто обмін інформацією йде в обох напрямках. З контролера на ЕОМ надходить інформація про значення основних параметрів процесу, де вона перетвориться в більше зручний для сприйняття вид і зберігається в цьому виді певний час. Оператор вводить в ЕОМ параметри процесу, ЕОМ вибирає відповідний режим спікання, потім змінює уставки й вибирає необхідний алгоритм управління для мікропроцесорного контролера. Мікропроцесорний контролер формує вихідні управляючі сигнали, впливаючи на об'єкт управління. Сигнали з модулів дискретного виводу контролера надходять на блок ручного управління й на пускач, що у свою чергу впливає на виконавчий механізм.

У системі передбачені наступні контури регулювання: температура, тиск у робочому просторі, витрата газу та повітря а також аварійна сигналізація.

Оператор може коректувати вимоги по спіканню. Коли оператор порахує правильними дані, він ініціює їхнє уведення в ЕОМ натисканням відповідної кнопки. Дані про коші й вимоги по їхній обробці в обсязі змінного завдання реєструються друкувальними пристроями. Одночасно ці дані представляються на дисплеї на пості управління на виході з агрегату. При корекції оператором вимог по обробці садки відповідний рядок змінного завдання реєструється повторно у вже зміненому виді після підтвердження оператором її правильності.

У ЕОМ вищого рівня посилають результати спікання, дані про роботу й простій агрегату, дані про витрату енергоносіїв, різні протоколи. Цей зв'язок підтримується за допомогою Industrial Internet.

3.3 Обґрунтування структурної схеми ПТК ЗА

АСУ ТП має чотирьох-рівневу структуру й виглядає так (рис. 3.2):

Рівень збору/розподілу інформації

Містить у собі датчики, перетворювачі. Забезпечується вимір необхідних технологічних параметрів, їхнє перетворення в необхідний уніфікований сигнал.

Рівень автоматичного управління

Даний рівень поєднує програмувальні логічні контролери, які забезпечують локальну роботу підсистем автоматизації.

Рівень оперативного контролю й управління.

Поєднування автоматизованого робочого місця (АРМ) агломератника, що здійснює контроль і управління основними технологічними й виробничими операціями в агломераційному відділенні.

Рівень диспетчерського контролю.

Поєднує АРМ диспетчера термічної ділянки, АРМ начальника цеху.



Рисунок 3.2 – Структура системи автоматизації

Дана структура дозволяє системі гнучко реагувати на вихід з ладу якого-небудь елемента, для забезпечення безперервності технологічного процесу. При виході з ладу або порушенні зв'язку з комп'ютером завдання мікроконтролера буде визначено вручну. При виході з ладу або порушенні зв'язку з мікроконтролером управління може здійснюватися за допомогою блока ручного управління.

3.4 Вибір технічних засобів

Експлуатація приладів та засобів автоматизації – основна що показує функціонально-блокову структуру управління, а також ступінь оснащення об'єкта управління пристроями контролю і управління.

Система автоматизації процесу спікання агломерату на агломераційної фабриці ПАТ «Запоріжсталь» містить такі локальні системи:

- автоматичного контролю температури в запальному горні;
- автоматичного регулювання температури в запальному горні;
- автоматичного контролю температури в колекторі спікання;
- автоматичного контролю температури в колекторі охолодження;
- автоматичного контролю температури природного газу на аглокорпус;
- автоматичного контролю температури в вакуумкамерах №16-21, 31;
- автоматичного контролю і регулювання закінченості процесу спікання;
- автоматичного контролю температури відхідних газів перед ексгаустером;
- автоматичного контролю температури відхідних газів перед скрубера;
- автоматичного контролю розрідження перед ексгаустером;
- автоматичного контролю розрідження в колекторі спікання;
- автоматичного контролю розрідження в колекторі охолодження;
- автоматичного контролю розрідження в вакуумкамерах №1-17;

- автоматичного контролю тиску природного газу в горн;
- автоматичного контролю тиску повітря в горн;
- автоматичного контролю витрати природного газу в горн;
- автоматичного контролю витрати природного газу на аглокорпус;
- автоматичного контролю витрати повітря в горн;
- автоматичного регулювання співвідношення «паливо-повітря»;
- автоматичного контролю рівня шихти в промбункере;
- автоматичного контролю швидкості аглострічки;
- аварійної сигналізації агломашини.

Розглянемо більш докладно розроблені контури.

Контур автоматичного контролю температури в запальному горні: вимірювання температури здійснюється первинним пірометричним перетворювачем ППТ121-01, з якого сигнал надходить на вторинний вимірювальний перетворювач ПВ-0, який видає стандартний сигнал 0-5 мА на вторинний реєструючий прилад Диск-250-1121 і на мікроконтролер Symatic S7-300. З мікроконтролера сигнал надходить в ЕОМ.

Контур автоматичного контролю температури в колекторі спікання: сигнал термоелектричного перетворювача ТХК-1087 надходить на вторинний реєструючий прилад Диск-250-1121, на мікроконтролер і на ЕОМ.

Розташування приладів в контурах автоматичного контролю температури в колекторі охолодження, температури природного газу на аглокорпус, температури в вакуумкамерах №16-21, 31, температури відхідних газів перед ексгаустером і перед скрубера аналогічно контуру контролю температури в колекторі спікання.

Контур автоматичного контролю розрідження перед ексгаустером, в колекторі спікання і колекторі охолодження, вакуумкамерах №1-17 здійснюється за допомогою вимірювального перетворювача розрядження «САПФІР-22М-ДВ», сигнал з яких поступає на вторинний реєструючий прилад Диск-250-1121, на мікроконтролер і на ЕОМ.

Контур автоматичного контролю тиску природного газу і повітря в горн: складається з датчика-реле тиску ДН-40, перетворювач МЕТРАН-45 (поз.22-2, 23-2) і вторинного реєструючого приладу Диск-250-1121. Крім того, сигнал поступає на мікроконтролер і на ЕОМ. Тут працює аварійна сигналізація: при ослабленні тиску газу спрацьовує звукова або світлова сигналізація, а потім зупиняється робота машини.

Контур автоматичного контролю витрати повітря, природного газу в горн і на аглокорпус абсолютно однакові за складом приладів: діафрагма, перетворювач вимірювальний різниці тисків «САП-ФІР-22М-ДД-2410», блок добування кореня БИК-1,1, вторинний реєструючий прилад Диск-250-1121, вихідний сигнал з якого поступає на мікроконтролер Symatic S7-300 і на ЕОМ.

Контур автоматичного контролю швидкості агломашини: складається з тахогенератора постійного струму ТГМ-30, сигнал з якого поступає на мікроконтролер і на ЕОМ.

Контур автоматичного контролю рівня шихти в промбункере: складається з датчика рівня, сигнал з якого надходить на вимірювальний перетворювач ЭП-8007, а потім на вторинний реєструючий прилад Диск-250-1121, вихідний сигнал поступає на мікроконтролер Symatic S7-300 і на ЕОМ.

Аварійна сигналізація агломашини здійснюється наступним чином: при падінні розрідження в колекторі спікання або тиску природного газу, повітря при подачі в горн нижче допустимого, відбувається звукова сигналізація при перемиканні кнопково перемикача КЕ-011 на дзвінок МЗ-1, або світлова сигналізація, при перемиканні на світлове табло ТСМ.

Далі наводяться основні параметри вибраних модулів мікроконтролера Simatic S7-300.

Блок живлення PS 307 1В сконструйований для підключення до лінійному напрузі 120/230 В змінного струму і постачає вторинну бік напругою 5 В постійного струму 4 А і 24 В постійного струму 0,5 А.

Вхідна напруга:

- номінальне значення $\sim 120/230$ В;
- допустимі діапазони від 85 до 132 від 170 до 264 Ст.

частота живильної мережі:

- номінальне значення 50/60 Гц;
- допустимий діапазон від 47 до 63 Гц.
- при 120 У змін. струму 0,55 А;
- при 230 В змінн. струму 0,31 А.

Вихідні напруги:

- номінальне значення 5,1 В / 24 В;
- допустимі діапазони 5: +2% / -0,5%; 24: $\pm 5\%$;

Вихідні струми 5: 4; 24: 0,5 А.

Блок живлення PS 307 1E сконструйований для підключення до лінійному напрузі 120/230 В змінного струму і постачає вторинну бік напругою 5 В постійного струму 10 А і 24 В постійного струму 1 А.

Вхідна напруга:

- номінальне значення $\sim 120/230$ В;
- допустимі діапазони від 85 до 132 від 170 до 264 Ст.

частота живильної мережі:

- номінальне значення 50/60 Гц;
- допустимий діапазон від 47 до 63 Гц.

Номінальний вхідний струм:

- при 120 В 1,14 А;
- при 230 В 0,57 А.

Вихідні напруги:

- номінальне значення 5,1 В / 24 В;
- допустимі діапазони 5: +2% / -0,5%; 24: $\pm 5\%$;

Вихідні струми 5: 10; 24: 1,0 А.

Технічні характеристики центрального процесора та інтерфейсних модулів наведені у табл. 3.1 і 3.2

Таблиця 3.1 - Технічні характеристики CPU 315-2DP

Процесор	Pentium 120 МГц
Можливість розширення пам'яті	16 Мбайт
Напруга живлення	3,3 В
Кеш другого рівня	250 Кбайт
Номінальна напруга	5 пост. струму (від 4,75 до 5,25 пост.струму)
Типове споживання струму	3,0 А
Максимально допустиме споживання струму	3,5 А
Максимально допустимі втрати потужності	17,5 Вт
Максимально допустимі втрати потужності з інтерфейсними субмодулями	20,5 Вт
Робоча пам'ять	0,8 Мбайт або 1,6 Мбайт (вбудована)
Завантажувальна пам'ять	16 Кбайт (вбудована)
Розмір відображення процесу, входи і виходи	512 байт
Область адрес входів/виходів	16 Кбайт
Цифрові входи/виходи	131072
Аналогові входи/виходи	8192

Таблиця 3.2 - Технічні характеристики інтерфейсних модулів ІМ 153-1

Споживання струму шини S7-300 5 В пост.струму ІМ 153-1	Тип. 100 мА Макс. 120 мА
Втрати енергії ІМ 153-1	Тип. 500 мВт Макс. 600 мВт
Джерело живлення для пристрою розширення	5 / 5 А на ланцюг

Повторювач RS 485 (табл. 3.3) підсилює сигнали даних на лініях шини і пов'язує шинні сегменти між собою.

Таблиця 3.3 - Технічні дані повторювача R 485

Джерело живлення: - номінальна напруга - пульсація	24 В пост.струму від 18 пост.струму до 30 пост.струму

Продовження таблиці 3.3	
Споживання струму при номінальній напрузі: - без навантаження в роз'ємі PG/OP - навантаження в роз'ємі PG/OP (5В/90мА) - навантаження в роз'ємі PG/OP (24В/100мА)	100 мА 130 мА 200 мА
Швидкість передачі	від 9,6 кбіт/с до 12 Мбіт/с

Таблиця 3.4 - Технічні дані пам'яті

Найменування	Споживання струму при 5 В	Струми при буферизації
МС 952 / 64 Кбайт / RAM	тип. 20 мА макс. 50 мА	тип. 0,5 мкА макс. 20 мкА
МС 952 / 64 Кбайт / 5 У флеш	тип. 15 мА макс. 35 мА	-

Таблиця 3.5 - Модуль введення дискретних сигналів SM 321 (16 входів)

Кількість входів, які можуть одночасно управлятися	16
Споживання струму та шини S7-400 (5 пост.струму)	макс. 150 мА тип. 100 мА
Дані для вибору датчика	
Вхідна напруга Номінальне значення	від 24 до 60 VUC
Для сигналу «1»	від 15 до 72 VDC від -15 до -72 VDC від 15 до 60 VAC
Для сигналу «0»	від -6 до +6 VDC від 0 до 5 VAC
Діапазон частот для сигналів змінного струму	від 47 до 63 Гц
Вхідний струм при сигналі «1»	від 4 до 10 мА

Таблиця 3.6 - Модуль введення аналогових сигналів SM 331 (8 входів)

Діапазон вимірювання напруги	± 80 мВ, ± 250 мВ, ± 500 мВ, ± 1 , $\pm 2,5$ В, ± 5 В, ± 10 В,
------------------------------	---

	від 1 до 5 В
Діапазон вимірювання струму для 4-х дротових перетворювачів	від 0 до 20 мА, від 4 до 20 мА, ± 20 мА
Діапазон вимірювання струму для 2-х дротових перетворювачів	від 4 до 20 мА

Модуль аналогового виводу SM 332 (табл. 3.7):

- 4 виходів;
- роздільна здатність 13 біт;
- вихідні діапазони для напруги;
- вихідні діапазони для струму;
- напруга живлення: 24 В пост.струму.

Таблиця 3.7 - Модуль аналогового виводу SM 332

Вихідний діапазон (номінальні значення)	± 10 В від 0 до 10 В від 1 до 5 В ± 20 мА від 0 до 20 мА від 4 до 20 мА
---	--

Модуль з релейним виходом SM 332:

- 8 виходів;
- номінальна вихідна напруга: 230 В змінн.струму / 125 В пост. струму.

Таблиця 3.8 - Модуль аналогового виводу SM 332

Номінальна напруга на L+ Допустимий діапазон	від 5 до 264 В змінн. струму від 5 до 125 В пост.струму
Сумарний струм виходів (на групу) до 40С до 60 С	Без вент. / з вентил. 10 А / 10 А 5 А / 10 А
Допустима різниця потенціалів між групами на стороні процесу/стороні управління	500 змін.струму 1500 змін.струму

Продовження таблиці 3.8	
Тип контакту	Вид А
Опір контакту	Макс. 100 Ом
Мінімальний струм навантаження	10 мА
Втрати потужності модуля	тип. 4,5 Вт, макс. 25 Вт

В якості ЕОМ обраний Pentium III-650, 17" SVGA, 128 Мб, який пройшов промислове випробування. Для виводу на друк даних вибрано широкоформатний принтер Epson FX-1880.

3.5 Визначення принципів управління об'єктом автоматизації

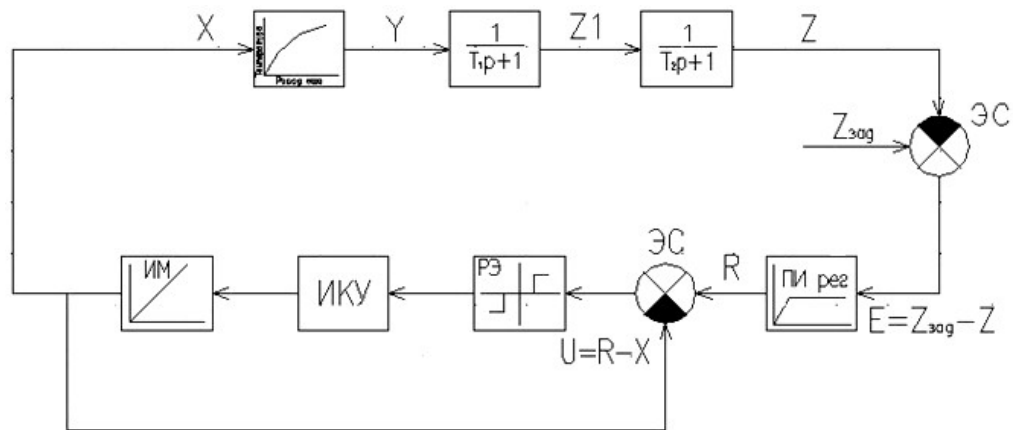
Контур регулювання температури горна працює наступним чином. Для запалювання шихти потрібно на одиницю поверхні горна подати необхідну кількість тепла. Завданням системи є управління приходом теплової енергії в одиницю часу на площу горна. Калорійність коксового газу, що надходить в горн, коливається в значних межах, тому управління з приходом теплової енергії на горн регулюванням обсягу газу не представляється можливим. У зв'язку з цим управління приходом теплової енергії на горн можливо тільки непрямим методом по температурі в робочому просторі горна [11].

Структурна схема моделювання роботи контуру стабілізації температури горна представлена на рисунку 3.3.

Процес підтримки температури горна включає виконання таких функцій:

- отримання інформації про ланцюг управління у вигляді поточного заданого значення температури в просторі горна;
- проведення аналізу отриманої інформації, формування сигналу неузгодженості, різниця між заданим значенням і поточним;
- прийняття рішення на управління, що включає формування керуючого впливу відповідно до прийнятого закону управління;
- реалізація прийнятого рішення, що включає управління виконавчим

механізмом (ВМ), що переміщує регулюючий орган витрати палива.



ЕС1 и ЕС2 - елементи порівняння; РЕ - релейний елемент; ІКУ – імпульсно-комутуючий пристрій; - ВМ - виконавчий механізм.

Рисунок 3.3 – Контур регулювання температури горна

Поточне значення температури в просторі горна Z порівнюється в елементі порівняння ЕС1 з заданим значенням $Z_{зад}$.

На виході ЕС1 формується сигнал неузгодженості $\varepsilon = Z_{зад} - Z$

Поточне значення неузгодженості $\varepsilon(\tau)$ подається на вхід регулятора, форміруючого розрахункове значення керуючого впливу R відповідно до прийнятим ПІ-законом управління, формула (3.1)

$$R(\tau) = k_p \cdot (\varepsilon(\tau) + \frac{1}{T_{из}} \int_0^{\tau} \varepsilon(\tau) d\tau), \quad (3.1)$$

де $R(\tau)$ - поточне розрахункове значення ходу ІМ, необхідне для усунення сигналу неузгодженості;

k_p та $T_{из}$ - параметри динамічної настройки ПІ-регулятора, відповідного коефіцієнта передачі і час ізодрома.

Оскільки для управління використовується виконавчий механізм (ІМ) постійної швидкості $K_{и} = const$, то дійсне переміщення вихідного валу ВМ під дією керуючого впливу буде дорівнює, формула (3.2).

$$X(\tau) = X_H + \sigma(\tau) \cdot \tau \cdot k_u, \quad (3.2)$$

де X_H - початкове положення вала ВМ;

τ - поточна час;

k_u - середня швидкість виконавчого механізму, $k_u = 100\% / T_{ім}$;

$T_{ім}$ - час руху ІМ з положення 0% ходу в положення 100% ходу;

$\sigma(\tau) \in (+1, 0, -1)$ - сігмум (знакова) функція, яка визначає поточний напрямок переміщення ВМ.

При $\sigma(\tau) = +1$, $X(\tau)$ збільшується, при $\sigma(\tau) = -1$ - зменшується та при $\sigma(\tau) = 0$ - ВМ зупинений.

На вході елемента порівняння ЕС2 розрахункове значення R порівнюється з дійсністю значенням X і на виході елемента порівняння формується сигнал помилки управління $U(\tau)$, формула (3.3):

$$U(\tau) = R(\tau) - X(\tau) \quad (3.3)$$

Релейний елемент РЕ формує поточне значення функції $\sigma(\tau)$ відповідно до умов, формула (3.4)

$$\sigma(\tau) = \begin{cases} +1 & \text{при } U(\tau) > \frac{Z_H(\tau)}{2} \\ 0 & \text{при } -\frac{Z_H(\tau)}{2} \leq U(\tau) \leq \frac{Z_H(\tau)}{2} \\ -1 & \text{при } U(\tau) < -\frac{Z_H(\tau)}{2} \end{cases}, \quad (3.4)$$

де $Z_H(\tau)$ - задана зона нечутливості релейного елемента.

Імпульсний комутуючий пристрій (ІКП) забезпечує імпульсний режим роботи виконавчого механізму. Це дозволяє змінювати середню швидкість виконавчого механізму в межах зміни швидкості від мінімальної до максимальної.

Експлуатація контуру співвідношення газ-повітря включає виконання

наступних функцій:

- отримання інформації про ланцюг управління у вигляді поточного заданого значення витрати повітря;
- проведення аналізу отриманої інформації, формування сигналу неузгодженості, різниця між заданим значенням і поточним;
- прийняття рішення на управління, що включає формування управляючого впливу відповідно до прийнятого закону управління;
- реалізація прийнятого рішення.

Контур регулювання співвідношення газ повітря представлений на рисунку 3.4.

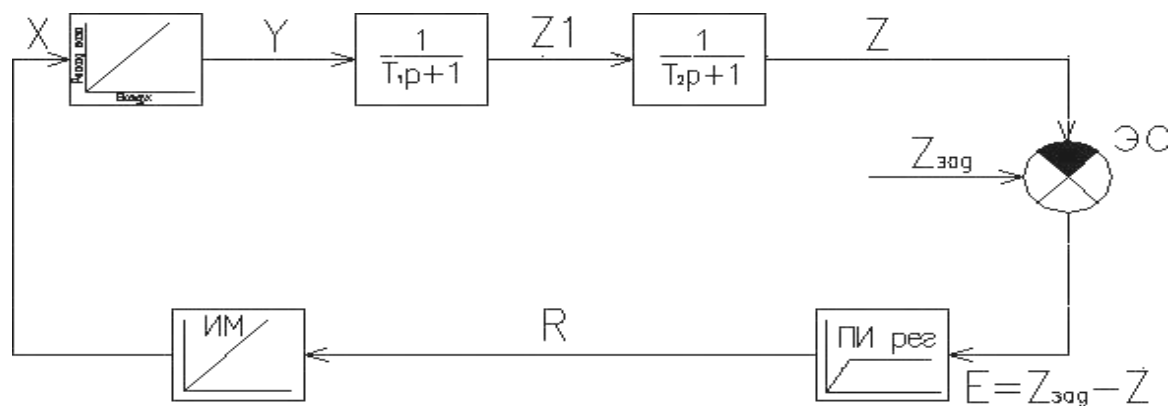


Рисунок 3.4 -Контур співвідношення газ-повітря

Поточне значення витрати повітря Z порівнюється в елементі порівняння ЕС1 з заданим значенням $Z_{зад}$.

На виході ЕС1 формується сигнал неузгодженості $\varepsilon = Z_{зад} - Z$.

Поточне значення неузгодженості ε (τ) подається на вхід регулятора, формуючого розрахункове значення керуючого впливу R відповідно до прийнятого ПІ-законом управління, формула (3.5).

$$R(\tau) = k_p(\varepsilon(\tau) + \frac{1}{T_{из}} \int_0^{\tau} \varepsilon(\tau) dt) \quad (3.5)$$

де $R(\tau)$ - поточне розрахункове значення ходу ІМ, необхідне для усунення сигналу неузгодженості;

K_p і $T_{из}$ - параметри динамічної настройки ПІ-регулятора: відповідно але коефіцієнт передачі і час ізодрома.

Перейдемо до розгляду контуру управління швидкістю агломераційної машини. Швидкість аглоленти повинна бути такою, щоб процес спікання агломерату закінчився над $n-1$ вакуум-камерою, тобто над передостанньою. Про закінченості процесу спікання агломерату можна судити по декільком па- параметром, таким як: температура газів, що відходять в вакуум-камерах, температура газів, що відходять в загальному колекторі, світність в вакуум-камерах, газопроникність агломерату, концентрація СО у відхідних газах, електрична провідність агломерату і його електромагнітна проникність.

Метод визначення закінченості спікання агломерату за допомогою вимірювання температури газів, що відходять в трьох останніх вакуум-камерах найбільш зручний через простоти реалізації і низької вартості.

Основна ідея методу полягає тому, що при певній швидкості аглоленти температура газів, що відходять в останніх вакуум-камерах змінюється відносно відстані до закінчення активної довжини аглоленти,

Якщо агломашина має зону охолодження, то в цьому випадку можна досить точно визначити висхідну і спадну гілки траєкторії розподілу температури в трьох останніх вакуум-камерах.

Потрібно визначити значення активної довжини, де закінчується процес спікання агломерату. Для вирішення поставленого завдання припускають, що залежності температури від довжини аглоленти визначається рівнянням, формула (3.6).

$$t = a + bL + cL^2,$$

де a , b , c - постійні коефіцієнти.

Довжина активної частини стрічки L_a визначається максимумом температури, в цій точці має виконуватися умова, формула (3.7)

$$\begin{cases} T_1 = a + b \cdot L_1 + c \cdot L_1^2 \\ T_2 = a + b \cdot L_2 + c \cdot L_2^2 \\ T_3 = a + b \cdot L_3 + c \cdot L_3^2 \end{cases} \quad (3.7)$$

Знаючи температури T_1 , T_2 , T_3 і відстані, від початку аглоленти до того місця де встановлені термопар, L_1 , L_2 , L_3 можна за наведеними рівняннями розрахувати коефіцієнти a , b , c . Отримані коефіцієнти a , b , c з отримані в ході вирішення системи рівнянь, підставляються в формулу для визначення активної довжини стрічки. Отримане значення порівнюється з заданим, тобто з відстанню над передостанній вакуум-камерою. У разі якщо ці значення не рівні, система подає сигнал на безпосередній перетворювач частоти (НПЧ), який змінює напругу і частоту харчування асинхронного електродвигуна, що рухає аглоленту, тим самим змінюючи її швидкість [12].

Система автоматичного регулювання швидкості агломераційної стрічки отримує сигнали з термопар, вирішує систему рівнянь, визначає неузгодженість і подає сигнали на НПЧ. Структурна схема автоматизації контуром управління представлена на рисунку 3.5.

Сигнали з термопар, що знаходяться в трьох останніх вакуум-камерах по- ступають в блок розрахунку БР, де по статичним характеристикам температур відходячих газів в вакуум-камерах від відносної зміни частоти, розраховується, за допомогою наведених вище рівнянь, поточна активна довжина аглострічки.

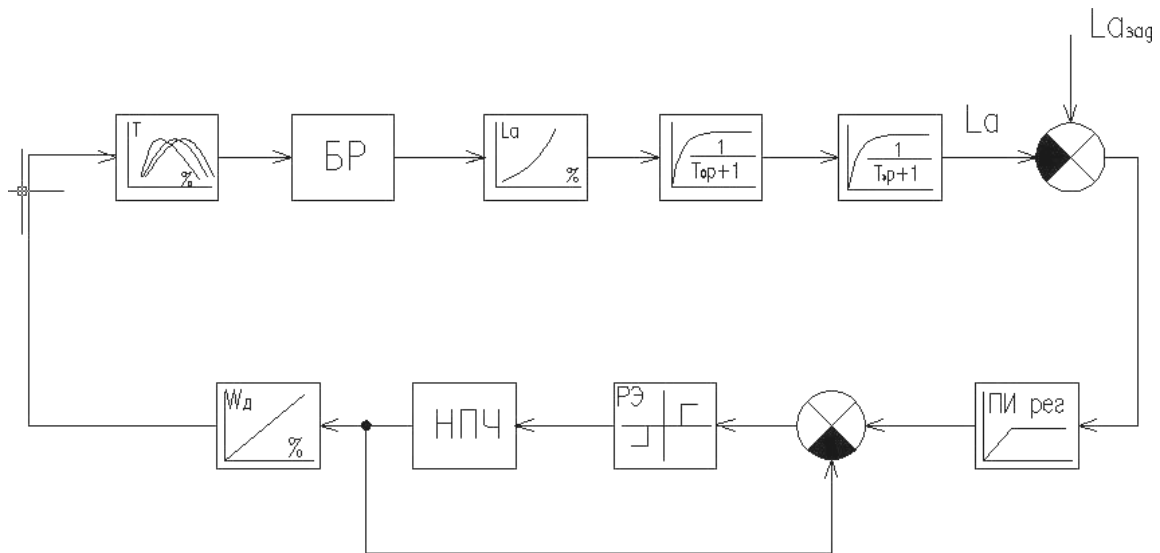


Рисунок 3.5 – Структурна схема контуру управління швидкістю агломераційної машини

Далі блоки інерційності і запізнювання моделюють інерційність термопар з часом об'єкта $T_{об} = 80$ с і запізнювання системи $T_z = 8$ с відповідно. Поточне значення довжини активної зони аглоленти порівнюється з заданою ним, на елементі порівняння і в разі розбіжності цих величин починає працювати ПІ - регулятор. Зона нечутливості НПЧ дорівнює 2% від величини повного регулювання частоти, безпосередній перетворювач частоти змінює напругу і частоту харчування асинхронного електродвигуна, тим самим змінюючи швидкість агломераційної стрічки.

Швидкість аглострічки пропорційна відсотку зміни частоти від максимальної, тому для спрощення розрахунку системи управління досить враховувати тільки відсоток зміни частоти. Межі регулювання частоти живлення рівні 50% - 80% від максимальної.

3.6 Створення САР з ПІД-законом регулювання

Відповідно до кривої розгону виконано ідентифікацію параметрів об'єкта 2 способами (графічним та за допомогою середовища Matlab). Після одержання значень параметра об'єкта виконано порівняння отриманих

результатів за допомогою функціонального блоку OBJ у SCADA-системі. Вихідні дані наведено у табл. 3.9.

Таблиця 3.9 - Вихідні дані

Час, с	T, °C
0	0
10	10
20	62
30	85
40	88
50	89
60	90

Крива розгону об'єкта та параметри об'єкту, які отримані графічним методом, наведені на рис. 3.6.

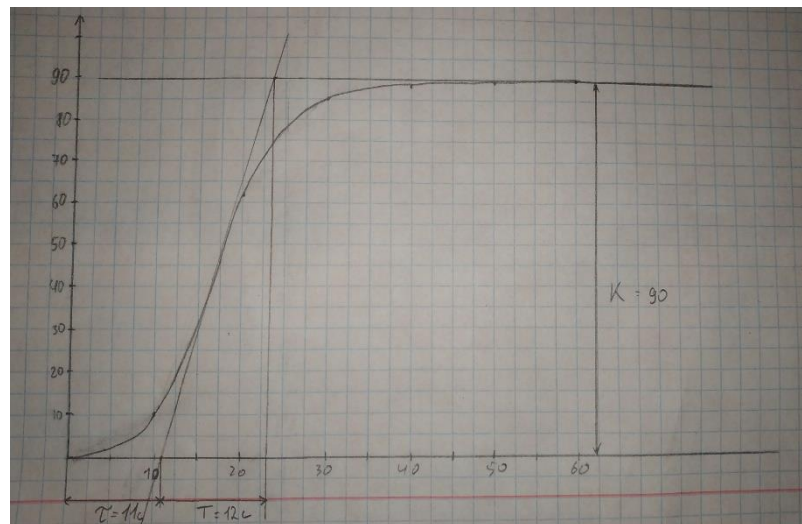


Рисунок 3.6 – Крива розгону

Параметри об'єкту: $K_{об} = 90$, $T_{об} = 12$, $\tau_{об} = 11$

Визначення параметрів ПІД-регулятора проведено у середовищі Matlab. Результати наведено на рис. 3.7.

The screenshot shows the 'Process Models' window with the following configuration:

- Transfer Function:**
$$\frac{K \exp(-T_d s)}{(1 + T_p1 s)}$$
- Poles:** 1, All real
- Options:** Zero (unchecked), Delay (checked), Integrator (unchecked)
- Parameter Table:**

Par	Known	Value	Initial Guess	Bounds
K	<input type="checkbox"/>	89.3696	Auto	[-Inf Inf]
Tp1	<input type="checkbox"/>	0.55954	Auto	[0 10000]
Tp2	<input type="checkbox"/>	0	0	[0 Inf]
Tp3	<input type="checkbox"/>	0	0	[0 Inf]
Tz	<input type="checkbox"/>	0	0	[-Inf Inf]
Td	<input type="checkbox"/>	0.338	Auto	[0 30]
- Initial Guess:** Auto-selected (selected)
- Disturbance Model:** None
- Initial condition:** Zero
- Focus:** Simulation
- Covariance:** Estimate
- Buttons:** Regularization..., Options..., Display progress (unchecked), Continue, Name: P1D, Estimate (highlighted), Close, Help

Рисунок 3.7 – Налаштування Process Models

Передавальна функція об'єкту апроксимована ланкою транспортного запізнення та аперіодичною ланкою 1-го порядку. Результати обчислення наведено на рис. 3.8.

В результаті моделювання системи автоматичного регулювання отримано динамічні параметри об'єкта (рис. 3.9).

Отримано наступні динамічні характеристики: $K_{o6} = 89.37$, $T_{o6} = 0.55954$, $\tau_{o6} = 0.338$.

Проведено порівняння динамічних характеристик отриманих двома методами у SCADA-системі Trace Mode за допомогою блоків OBJ.

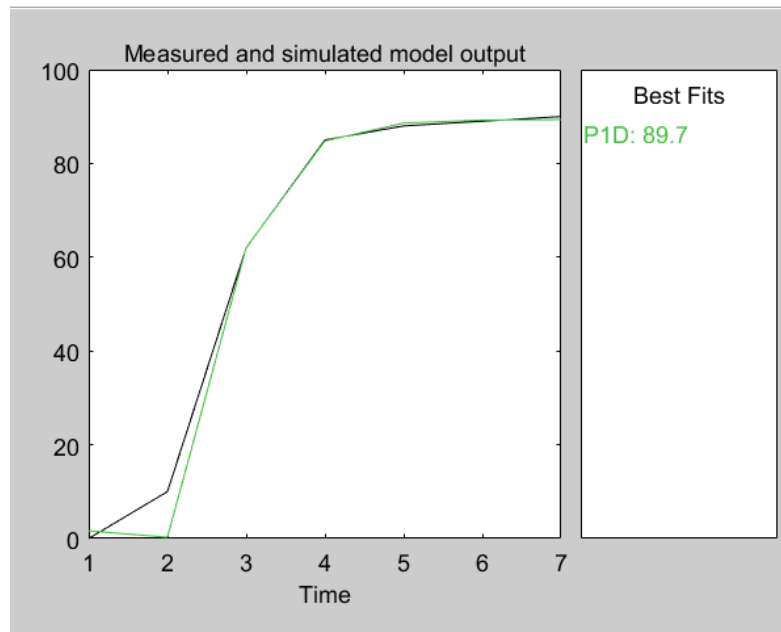


Рисунок 3.8 – Результат апроксимації даних

```

Process model with transfer function:
      Kp
G(s) = ----- * exp(-Td*s)
      1+Tp1*s

      Kp = 89.37
      Tp1 = 0.55954
      Td = 0.338

Name: P1D

```

Рисунок 3.9 – Динамічні характеристики об'єкта згідно з System Identification Toolbox

На рис. 3.10 наведено тренд з двома кривими, прив'язаними до вихідних змінних блоків ОВJ. Для подання на вхід INP блоків ОВJ значення 1 для імітації ступінчатого завдання або 0 для скидання завдання передбачено дві кнопки (рис. 3.10).

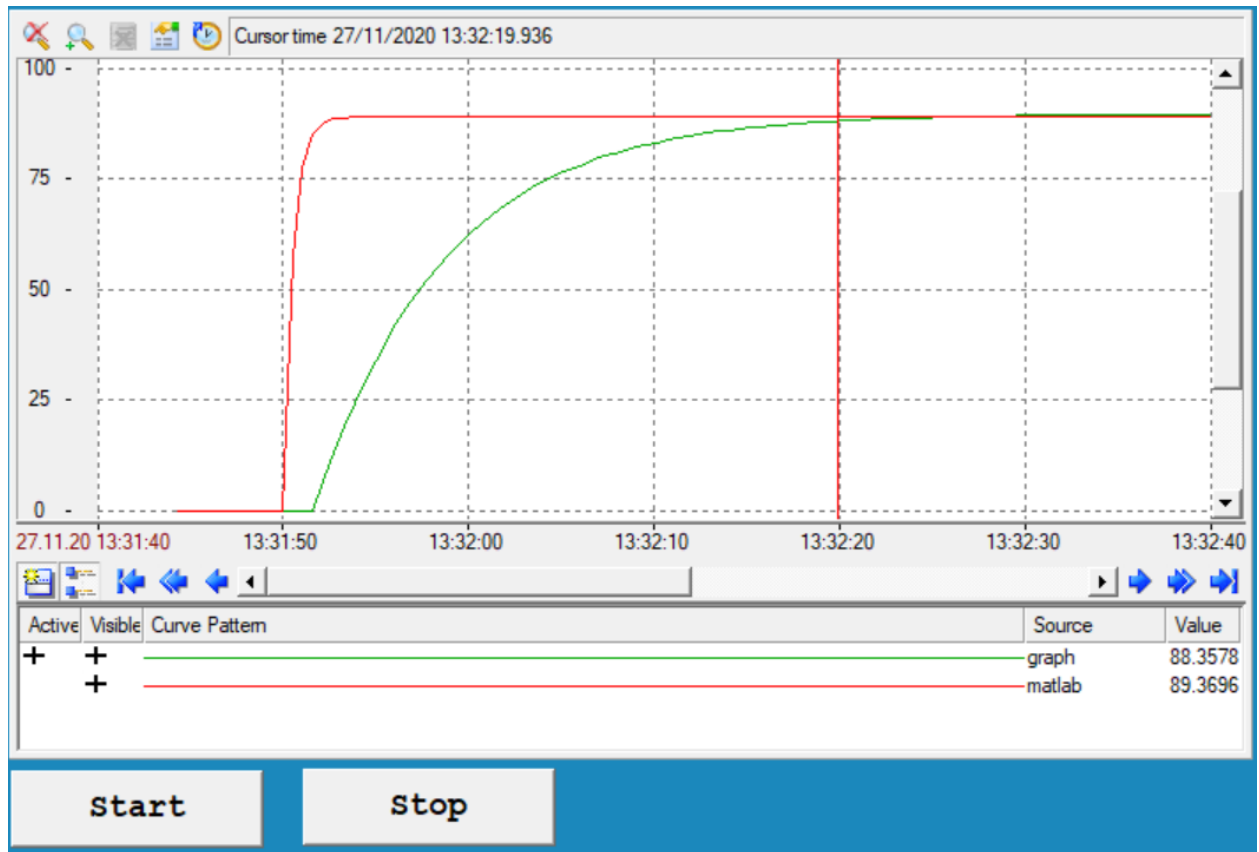


Рисунок 3.10 – Мнемосхема з результатами симуляції

Отримані дані занесено в таблицю 3.10.

Таблиця 3.10 – Дані розрахунків

Час, с	Вхідні	Графічний метод	Матлаб	Похибка, граф. метод	Похибка, матлаб
0	0	0	0	0	0
10	10	62.9099	89.3696	52.9099	79.3696
20	62	83.0644	89.3696	21.0644	27.3696
30	85	88.3578	89.3696	3.3578	4.3696
40	88	89.6112	89.3696	1.6112	1.3696
50	89	89.9081	89.3696	0.9081	0.3696
60	90	89.9764	89.3696	0.0236	0.6304
Сума похибок:				79.875	113.4784

Сумарна похибка для температури, розрахованою графічним методом складає 79.875, а за допомогою середовища Matlab – 113.4784.

Порівняння вихідних кривих розгону наведено на тренді (рис. 3.11)

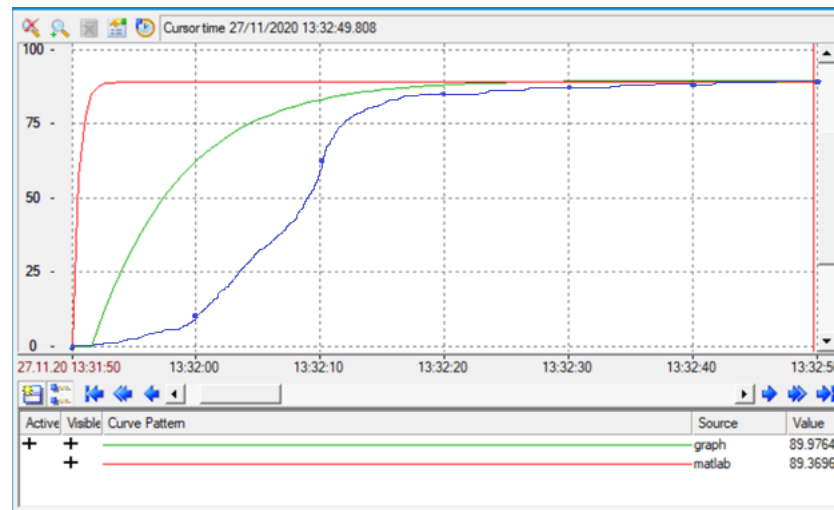


Рисунок 3.11 – Криві розгону

Виходячи з отриманих даних та за порівняльним графіком кривих розгону можна побачити, що в даному випадку графічний метод виявився більш точним, ніж метод з використанням середовища Matlab та додатку System Identification Toolbox.

3.7 Висновки

1. Проаналізовано показники ходу технологічного процесу агломерації, які суттєво впливають на продуктивність агломашини і якість агломерату. Продуктивність агломашини вимірюють в тонах придатного агломерату, отриманого за годину роботи.

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

3. Визначена низка факторів, які визначають результати процесу

агломерації. У зв'язку з цим в якості основного показника процесу запалювання часто застосовують витрата тепла запалювання, що припадає на одиницю поверхні шару шихти.

4. Досягнуто забезпечення високих показників агломераційного процесу шляхом його оптимізації, що передбачає виконання якісного металургійного розрахунку аглошихти, забезпечення необхідного усереднення матеріалів, що надходять в шихтове відділення, підвищення точності дозування компонентів.

5. Сучасні автоматизовані системи управління технологічними процесами на агрегатах безперервної дії обробки побудовані по чотирьохрівневому ієрархічному принципу.

6. Для забезпечення функціонування системи управління, а також для оснащення об'єкта управління пристроями контролю і управління обрано відповідне технічне забезпечення.

7. Проведено моделювання системи автоматичного регулювання, отримано динамічні параметри об'єкта: $K_{об} = 89.37$, $T_{об} = 0.55954$, $\tau_{об} = 0.338$.

8. Розроблена система автоматичного управління на базі ПД-регулятора.

4 РОЗРОБКА МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ ЗАВАНТАЖЕННЯ ТА ФОРМУВАННЯ ШАРУ ШИХТИ НА АГЛОМЕРАЦІЙНІЙ СТРІЧЦІ

4.1 Розробка математичної моделі

Для знаходження кращої газопроникливості шару шихти, ґрунтуючись на вище розглянутій інформації, створено програму, яка допомагає визначити оптимальні показники рівномірного формування шару агломераційної шихти нааглострічці, задля якісного спікання агломерату.

На рис. 4.1 приведено структурну схему алгоритму розрахунку оптимального кута нахилу завантажувального лотку для покращення газопроникливості шару.

Для розрахування оптимального кута нахилу розроблено програму, яка розраховує оптимальні показники завантаження шихти на аглострічку. Дана програма була розроблена в прикладній програмі MATLAB за допомогою додатку графічного редактору GUI на основі алгоритму розрахунку кута нахилу (рис. 4.1). Графічний інтерфейс приведено в додатку А.



Рисунок 4.1 – Структурна схема алгоритму розрахунку оптимального кута нахилу завантажувального лотку для покращення газопроникливості шару

В лівій частині робочого поля розташовано «Вхідні дані» (рис.4.2) в якихми можемо задавати:

- фракційний склад компонентів шихти в діапазонах до 3 мм, від 3 мм до 6 мм, від 6 мм;
- середній діаметр фракцій $d_{ср}$, мм;
- завантажувального лотку, м;
- кут завантажувального лотку α_1 ;
- кут завантажувального лотку α_2 ;
- висоту шару шихти на аглострічці, м.

Всі параметри, окрім висоти шару можна регулювати. Висота шару const, оскільки вхідні дані беруться на основі роботи аглофабрики ПАТ «Запоріжсталь». В якій висота шару шихти на аглострічці дорівнює 0,45 м.

ВХІДНІ ДАНІ

Фракційний склад шихти (%)

Ф-3	Ф3-6	Ф+6
<input type="text" value="47.48"/>	<input type="text" value="23.99"/>	<input type="text" value="28.53"/>

Середній діаметр фракцій (мм)

$d_{ср-3}$	$d_{ср3-6}$	$d_{ср+6}$
<input type="text" value="2.5"/>	<input type="text" value="4.75"/>	<input type="text" value="8.75"/>

Довжина завантажувального лотку (м)

l

Кут завантажувального лотку (α_1) та природного відкосу (α_2)

α_1°	α_2°
<input style="width: 50px;" type="text" value="45"/>	<input style="width: 50px;" type="text" value="45"/>

Висота шару шихти на аглострічці (м)

H, м

Рисунок 4.2 – Встановлення параметрів розрахунку

При натисканні на кнопку «Розрахувати» на основі даних розраховується (рис. 4.3):

- середній діаметр шихти до вкладання на аглострічку, d_{cp1} ;
- середній діаметр фракцій кожного горизонту шару шихти на висоті 150 мм, 300 мм, 450 мм, d_{cp1} ;
- середній діаметр шихти після вкладання на аглострічку, d_{cp2} .

Також на графіку відображається графічне відображення розміщення середнього діаметру шихти на горизонтах (рис. 4.4)

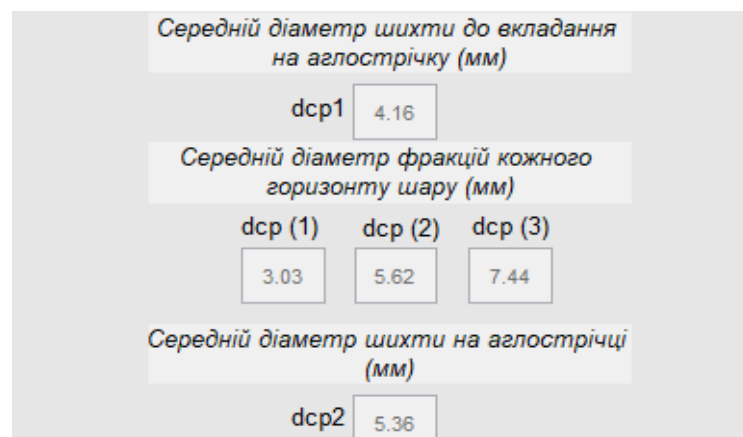


Рисунок 4.3 – Розрахування середнього діаметру шару шихти до та після вкладання на аглострічку

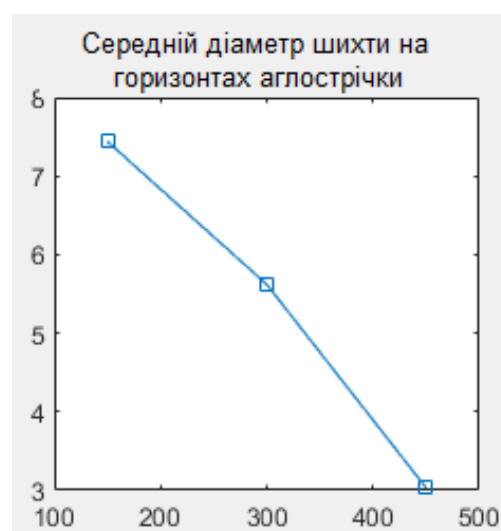


Рисунок 4.4 – Графічне відображення вкладання шихти на аглострічку

Разом з цим, після розрахування середнього діаметру розраховується розподілення фракцій на трьох горизонтах до 3 мм (2.23), та більше 6 мм (2.24) (рис.4.5).

Розподілення фракцій по горизонту (%)				
шар	1	2	3	Σ
$\Phi-3$				
$\Phi+6$				

Рисунок 4.5 – Розподілення фракцій по горизонту

Розрахувавши фракції після вкладання на аглострічку порівнюються фракції до вкладання та після. Після чого в разі відмінності відбувається коригування (рис.4.6).

Розподілення фракцій по горизонту (%)				
шар	1	2	3	Σ
$\Phi-3$	54.71	29.49	22.28	35.49
$\Phi+6$	0.13	0.61	1.24	0.66

Розподілення $\Phi-3-6$ по горизонту (%)				
шар	1	2	3	Σ
$\Phi-3-6$	21.19	34.18	16.6	63.85

Коригування великої та дрібної фракції (%)			
шар	1	2	3
$\Phi-3$	73.19	39.45	29.8
$\Phi+6$	5.62	26.37	53.6

КОРЕГУВАТИ

Рисунок 4.6 – Розподілення фракцій по горизонту та коригування

При натисканні на кнопку «Корегувати» розраховується фракційний складна горизонтах в діапазоні від 3 мм до 6 мм. Після чого формується остаточний вигляд формування фракційного складу на аглострічці (рис. 4.7).

Фракційний склад на аглострічці (%)				
шар	1	2	3	Σ
Ф-3	24.4	13.15	9.93	35.49
Ф3-6	7.06	11.39	5.53	63.85
Ф+6	1.87	8.79	17.87	0.66

Рисунок 4.7 – Фракційний склад компонентів шихти на аглострічці

Розподілення фракційного складу шихти на горизонтах аглострічки формується графічно (рис. 4.8).

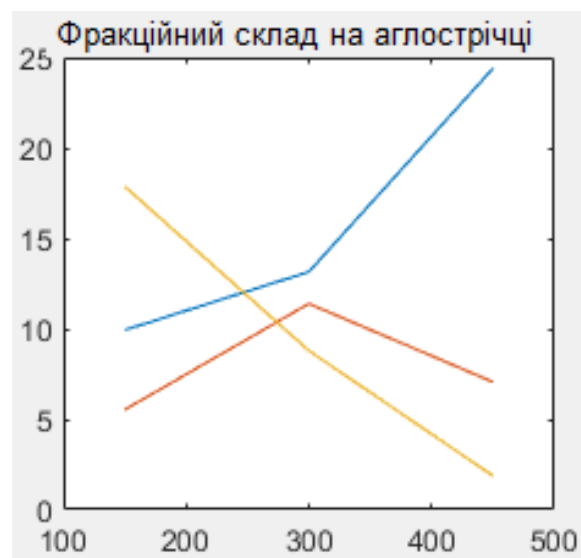


Рисунок 4.8 – Формування фракційного складу на аглострічці

На рисунку 4.8 жовтою лінією позначено фракційний склад на аглострічці частинки з діаметром від 6 мм, червоною – в діапазоні від 3 мм до 6 мм, синьою – в діапазоні до 3 мм.

Ґрунтуючись на вищераховані показники можна визначити газодинамічний опір сформованого шару агломераційної шихти на аглострічці (рис.4.9).

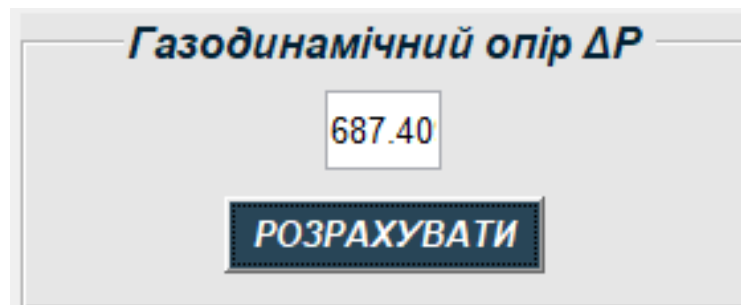


Рисунок 4.9 – Графічне зображення програми розрахування газодинамічного опору ΔP

4.2 Дослідження структури формування шару агломераційної шихти отриманої за допомогою математичної моделі

Оскільки агломераційна шихта є неоднорідною, для забезпечення можливості оптимізації та прогнозування процесів структуроутворення необхідно провести дослідження закономірностей процесу формування стаціонарного шару для забезпечення високої газопроникливості шару.

Умови роботи завантажувального вузла та стан сипкої маси визначають сегрегацію проміжної фракції матеріалу. Залежність кута нахилу від середнього діаметру часток шихти після вкладання на аглострічку, розрахованих за допомогою розробленої математичної моделі (п.4.1), приведено в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Залежність кута нахилу від середнього діаметру

Кут завантажувального лотку	$d_{cp}(0,15)$	$d_{cp}(0,3)$	$d_{cp}(0,45)$
45	3,3	4,325	4,455
46	3,561	4,316	4,415
47	3,38	4,295	4,418
48	3,657	4,27	4,41
49	3,545	4,25	4,4
50	3,44	4,235	4,4
51	3,2	4,21	4,39

Продовження таблиці 4.1

52	3,08	4,24	4,4
53	3,478	4,22	4,378
54	3,287	4,209	4,373
55	2,94	4,197	4,368

На основі табл. 4.1 на рис. 4.10-4.13 наведено залежності середнього діаметру частинок шихти на кожному із горизонтів від кута нахилу завантажувального лотка.



Рисунок 4.10 - Залежність середнього діаметру частинок шихти на першому горизонті в діапазоні від 0 м до 0,15 м від кута нахилу завантажувального лотка



Рисунок 4.11 - Залежність середнього діаметру частинок шихти на другому горизонті в діапазоні від 0,15 м до 0,3 м від кута нахилу завантажувального лотка

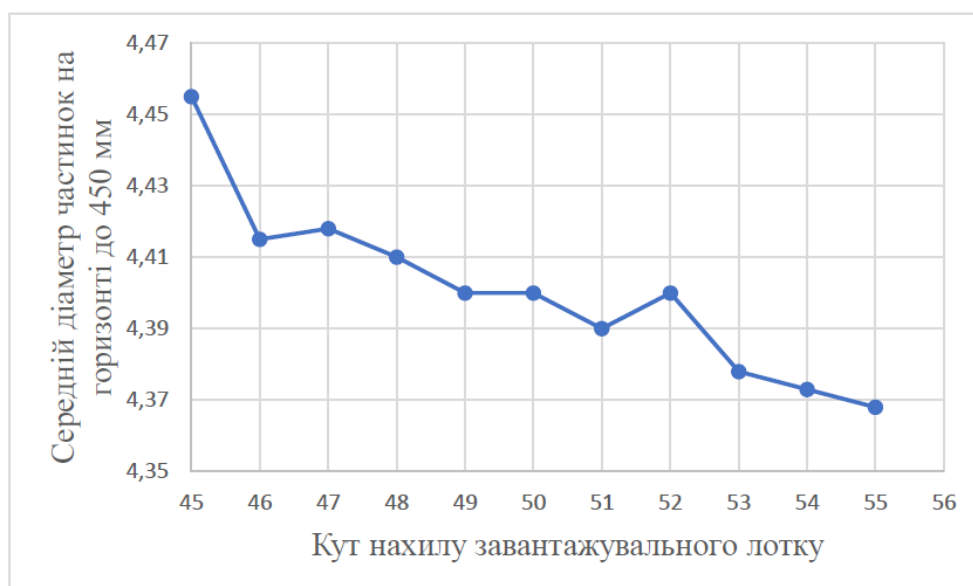


Рисунок 4.12 - Залежність середнього діаметру частинок шихти на третьому горизонті в діапазоні від 0,3 м до 0,45 м від кута нахилу завантажувального лотка

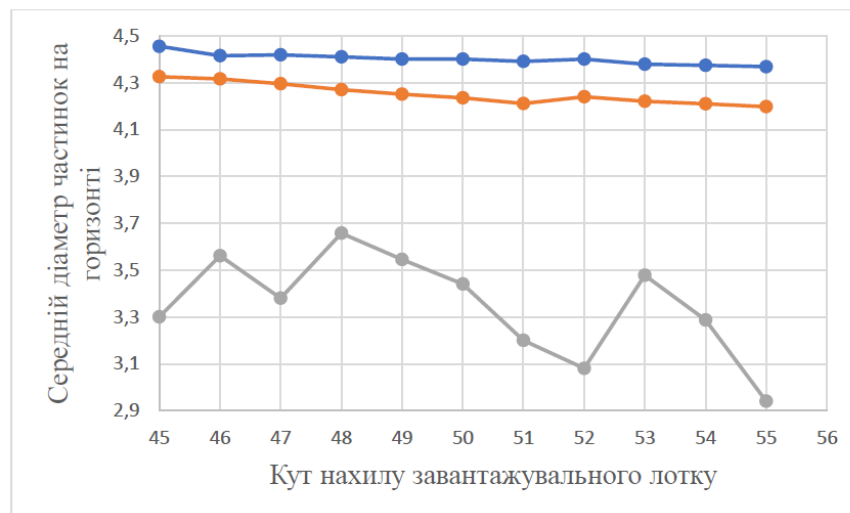


Рисунок 4.13 - Залежність середнього діаметру частинок шихти на кожному з горизонтів від кута нахилу завантажувального лотка

З вище приведених графіків можна зробити висновок, що положення часток в шарі шихти на пряму зв'язано з кутом нахилу завантажувального лотку.

Залежність фракційного складу на аглострічці від кута нахилу завантажувального лотка приведено на рис. 4.14.

Згідно аналізу прогнозованих даних, видно, що дрібна фракція, що має максимальну силу тертя, буде скупчуватися в більшій кількості в верхній частині шару, поступово зменшуючись по напрямку до його нижніх горизонтів.

При зміні кута нахилу завантажувального лотку виникає перерозподіл фракцій формуючого шару: при збільшенні кута нахилу частинки при русі по поверхні певного розміру будуть в меншій мірі розподілятися по швидкості руху, що приведе до затримання великих частинок в верхніх горизонтах шару й відповідному збільшенню середнього розміру частинок, що там знаходяться. При зменшенні кута нахилу лотку до значення кута природнього укосу шихти буде перерозподіл частинок навпаки збільшенню.

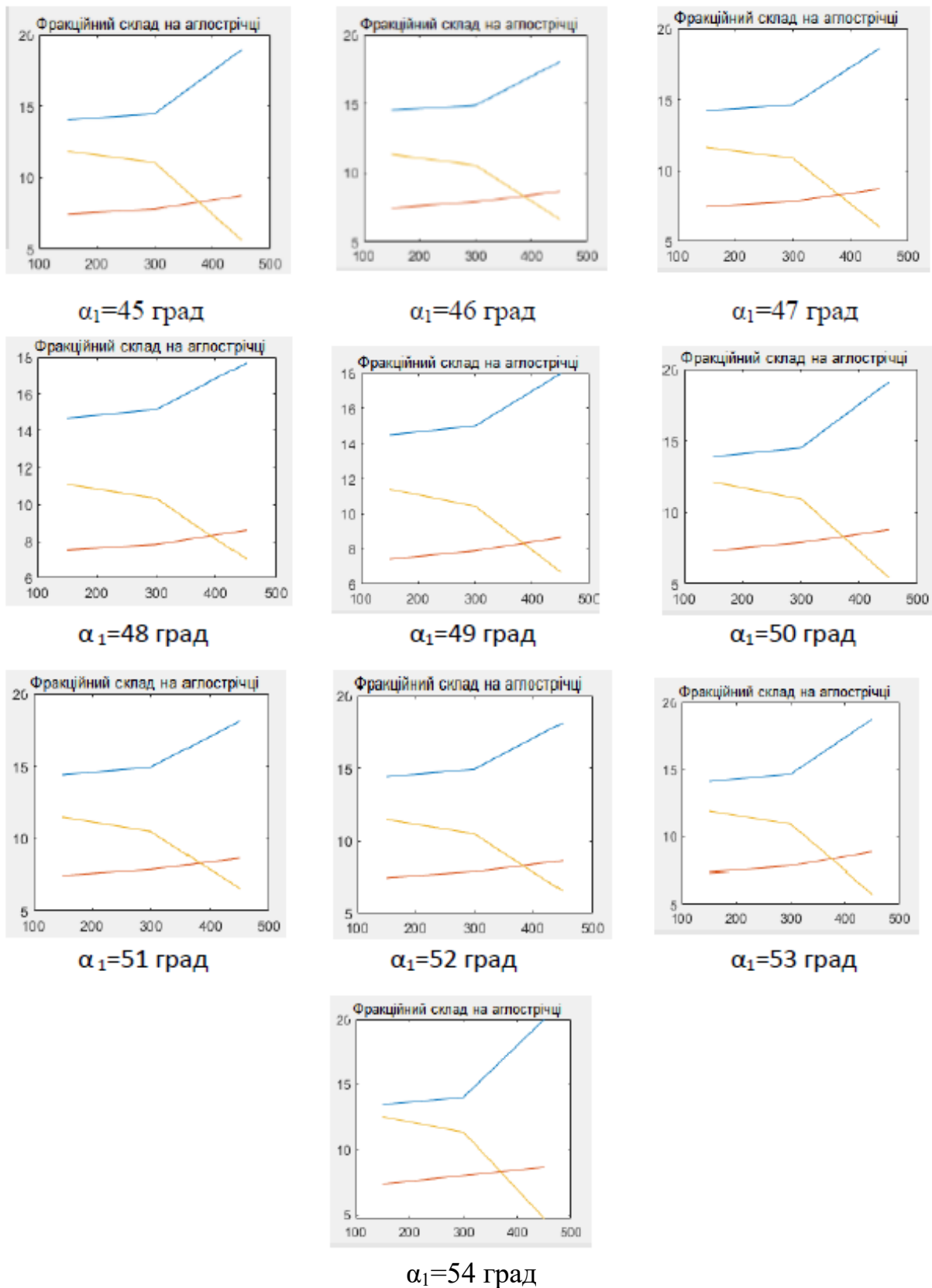


Рисунок 4.14 – Розподіл фракційного складу шихти по горизонтам шарупри зміні кута нахилу завантажувального лотку від 45 град до 54 град

4.3 Визначення оптимальних показників для покращення газопроникливості шару шихти

Швидкість спікання при постійних теплофізичних властивостях шихти і газу залежить від швидкості фільтрації повітря через шар. Іноді, газодинамічний опір шару шихти заміняють поняттям газопроникністю шихти, що показує яка кількість повітря просмоктується через шар шихти при певному розрідженні.

Газопроникливість шихти є важливим показником в спіканні агломерату. Для досягнення кращої газопроникливості досліджено вплив сегрегації та процесу завантаження шихти на аглострічку. В результаті чого, встановлено залежність та вплив кута нахилу завантажувального лотку на газодинамічний опір.

Безперервна зміна структури шихти при агломерації затрудняє аналітичний опис його газодинамічного опору й не дозволяє дати прийнятний метод інженерного розрахунку без проведення додаткових робіт. Тому створення алгоритму розрахунку цих показників та його програмної реалізації несе вагомий внесок для якісного спікання агломерату.

На рис. 4.15 приведено результати розрахунків отриманих шляхом регулювання кута нахилу лотка в діапазоні від 45 град до 55 град.

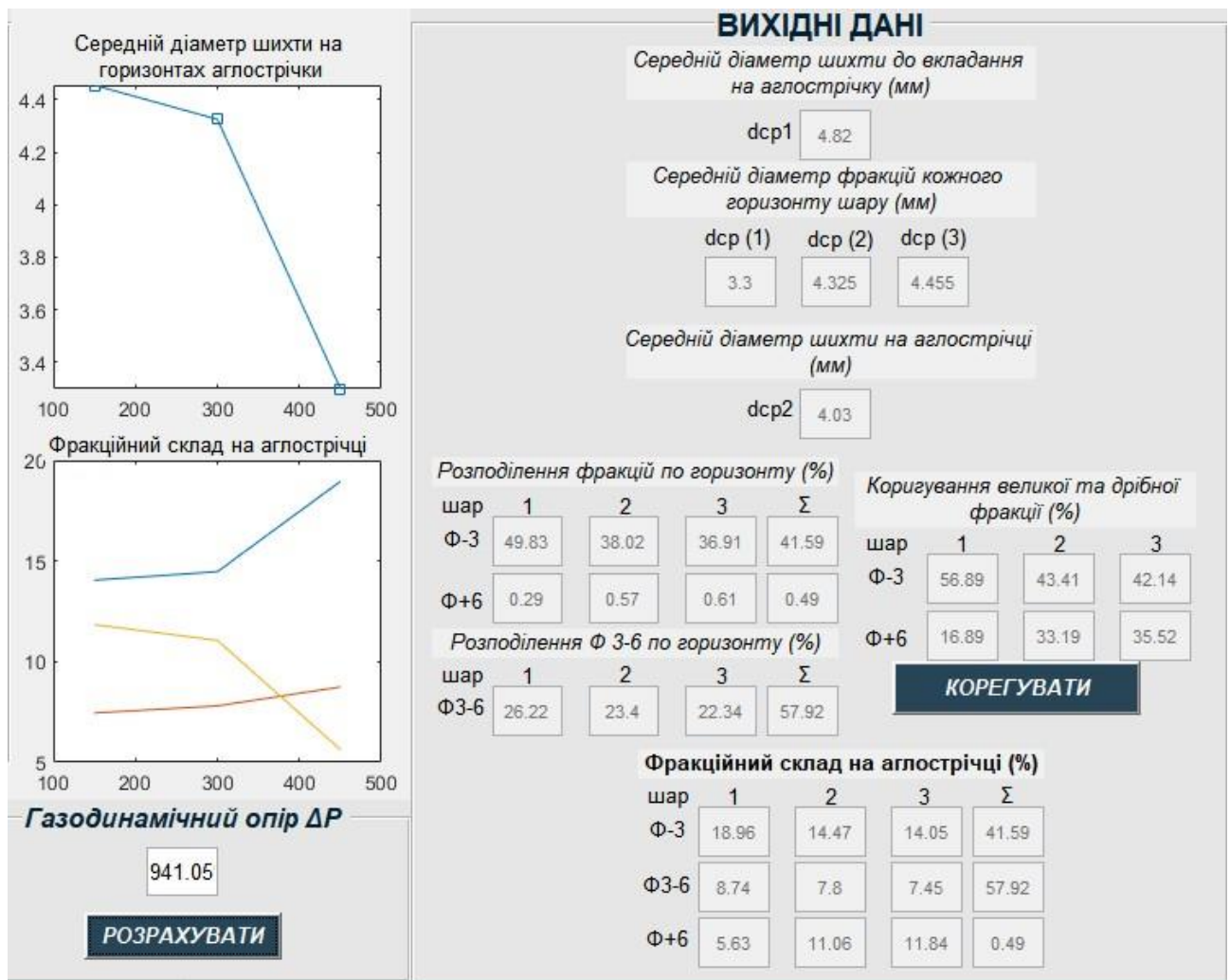


Рисунок 4.15 – Розрахунок газодинамічного опору при нахилу лотка на 45 град

На основі отриманих результатів сформовано таблицю 4.2 залежності газодинамічного опору від кута нахилу завантажувального лотка.

Таблиця 4.2 – Вплив кута нахилу завантажувального лотку на газодинамічний опір

Кут завантажувального лотку, град	ΔP
45	941,05
46	923,37
47	941,05
48	920,90
49	930,87

Продовження таблиці 4.2

50	941,05
51	967,46
52	972,92
53	941,05
54	959,39
55	992,47

На рис.4.16 представлено графічно залежність газодинамічного опору від кута нахилу завантажувального лотку.



Рисунок 4.16 - Залежність газодинамічного опору від кута нахилу завантажувального лотку

Ґрунтуючись на результати досліджень, можна зробити висновок, що краща за все газопроникливість шару шихти при куті нахилу лотка на 48 град, анайбільш гірша - при 55 град.

4.4 Створення проекту АСУТП у SCADA-системі Трейс Моуд

У SCADA-системі створено проект, що складається з 3 АРМів. У кожному АРМ створити канали, що самогенеруються за різними значеннями параметрів генерації.

Для першого АРМ створено тренд з виведенням на нього сигналів.

Для другого АРМ створено екран з трьома індикаторами: на рівність, пороговий, за технологічними межами. Біля кожного індикатора виведено значення технологічного параметру.

Для третього АРМ створено звіт тривоги із застосуванням повідомлень для користувача. Звіт налаштовано на 2 аналогових параметра і два дискретних.

Таким чином, проєкт містить 3 АРМ, 10 каналів, 5 генераторів (3 аналогових та 2 дискретних), 4 екрани.

Структура проєкту наведено на рис. 4.17. Проєкт з трьома вузлами RTM. В кожному з них створимо групу каналів, а в третьому також створимо словник повідомлень для звіту тривоги.

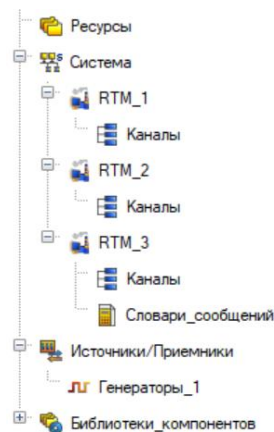


Рисунок 4.17 – Структура проєкту

В першому АРМі в групі по три канали і до них прив'язано генератори аналогових сигналів – пила, трикутник та синусоїда. Також в цій групі є екран і введемо на нього виведено тренд з прив'язками до цих трьох каналів.

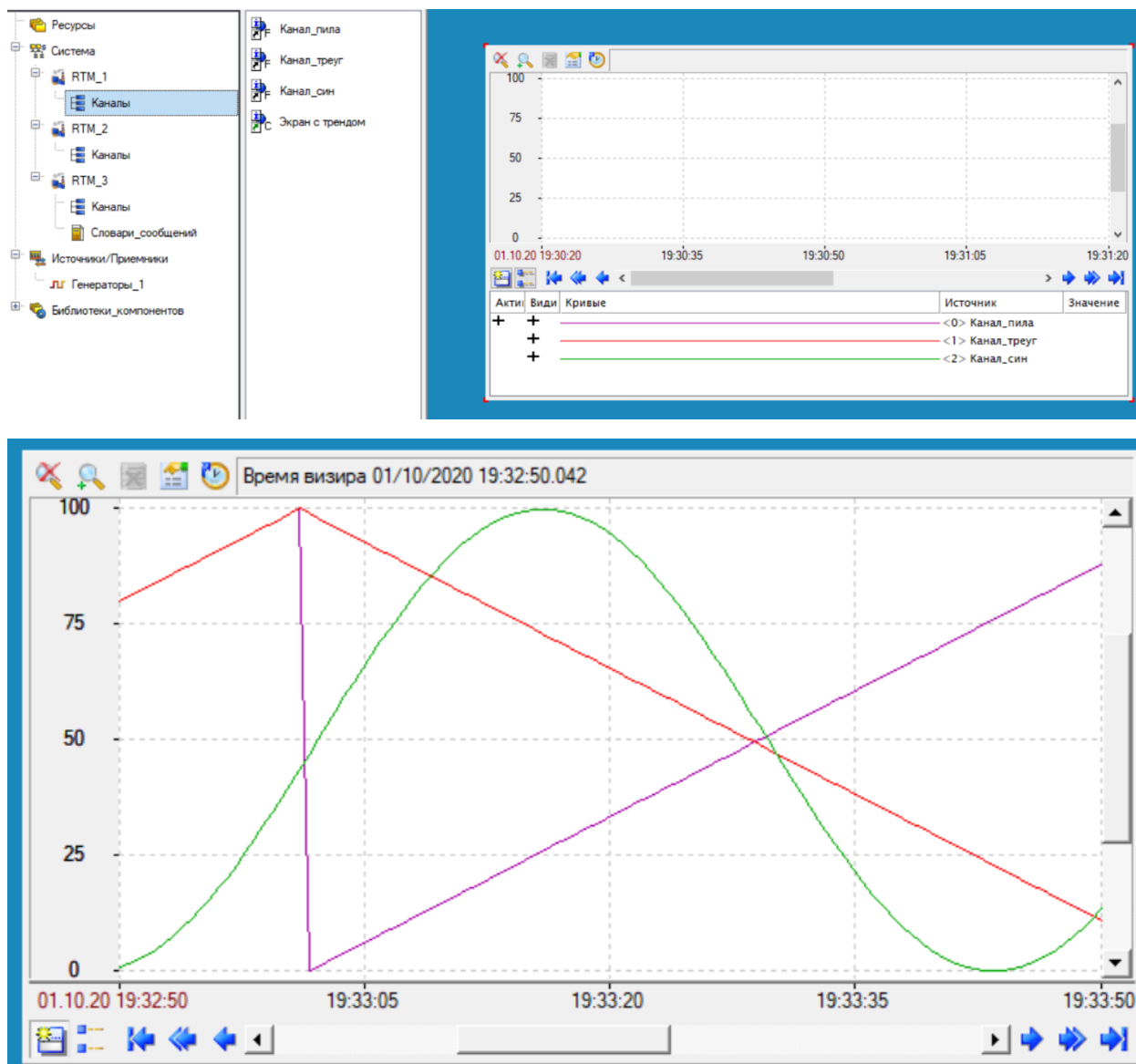


Рисунок 4.18 – Зовнішній вигляд екрану першого АРМу в процесі розробки та в робочому стані

На екрані другого АРМ передбачено три індикатори:

- на рівність;
- пороговий;
- за технологічними межами.

Біля кожного індикатору виведено значення технологічного параметру.

Перехід між екранами – за допомогою спеціальної кнопки (рис. 4.19).



Рисунок 4.19 - Зовнішній вигляд екрану другого АРМу в процесі розробки та в робочому стані

Коли сигнал першого каналу дорівнює 15 перший індикатор загоряється червоним, при інших значеннях він зелений. Коли сигнал другого каналу більший або дорівнює 30 другий індикатор горить зеленим, якщо менше – червоним. Нарешті, в діапазоні значень третього каналу від 20 до 70 третій індикатор горить зеленим, поза цими межами – червоним.

Третій АРМ призначений для відображення звіту тривоги із застосуванням повідомлень для користувача. В якості сигнальних параметрів будемо використовувати 2 аналогових та 2 дискретних канали (рис. 4.20, 4.21).

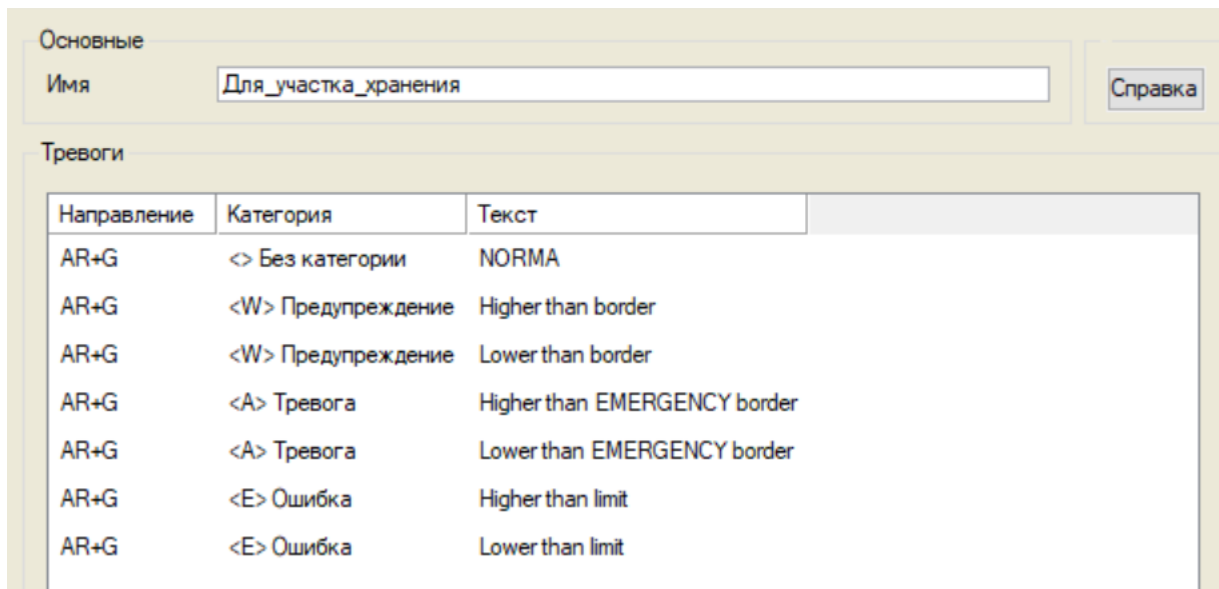


Рисунок 4.20 – Словник повідомлень

```

alarms - Notepad
File Edit Format View Help
10/01/20 20:10:24.8 discr2 TC2 =0
10/01/20 20:10:25.4 discr1 TC2 =16
10/01/20 20:10:25.4 discr2 TC2 =1
10/01/20 20:10:25.9 discr1 TC2 =32
10/01/20 20:10:25.9 discr2 TC2 =0
10/01/20 20:10:26.5 discr1 TC2 =64
10/01/20 20:10:26.5 discr2 TC2 =1
10/01/20 20:10:27.0 E analog2 TC5 Higher than limit
10/01/20 20:10:27.0 discr1 TC2 =128
10/01/20 20:10:27.0 discr2 TC2 =0
10/01/20 20:10:27.6 W analog1 TC5 Higher than border
10/01/20 20:10:27.6 discr1 TC2 =256
10/01/20 20:10:27.6 discr2 TC2 =1
10/01/20 20:10:28.1 discr1 TC2 =512
10/01/20 20:10:28.1 discr2 TC2 =0
10/01/20 20:10:28.7 discr1 TC2 =1024
10/01/20 20:10:28.7 discr2 TC2 =1
10/01/20 20:10:29.2 discr1 TC2 =2048
10/01/20 20:10:29.2 discr2 TC2 =0
10/01/20 20:10:29.8 discr1 TC2 =4096
10/01/20 20:10:29.8 discr2 TC2 =1
10/01/20 20:10:30.3 discr1 TC2 =8192

```

Рисунок 4.21 – Звіт тривоги

4.5 Розробка моделі системи дистанційного керування технологічними процесами

Системи дистанційного контролю та управління параметрами технологічних процесів – це віддалений моніторинг та управління. Сигнали

з датчиків надходять на контролери, а звідти по каналах зв'язку в цифровому вигляді передаються на АРМ верхнього рівня АСУ. За допомогою програмного забезпечення та обладнання верхнього рівня АСУ реалізуються інформаційні функції та дозволяє здійснювати дистанційне керування обладнанням та налаштування параметрів системи управління.

Лінія дозування одного компоненту, що входить до складу агломераційної шихти складається з приймального бункера, куди матеріал подається з рудного двору металургійного комбінату. Далі з приймального бункера матеріал через живильник, що розташований під бункером завантажується у дозатор. Використання дозатора дозволяє формувати порцію матеріала заданої маси. Це необхідно для забезпечення заданого співвідношення компонентів агломераційної шихти: концентрату, вапна, аглоруди, возврату, тощо. Матеріал з дозатора далі поступає до проміжного бункера. Видача компонентів шихти на агломераційну стрічку здійснюється з проміжного бункеру через живильник.

Система дистанційного керування дозволяє оператору здійснювати управління процесами завантаження та вивантаження сипучого компоненту через ввімкнення/вимкнення технологічних агрегатів.

Структура проєкту: 1 АРМ, 8 каналів (3 аналогових, 5 дискретних), 3 аналогові генератори, 1 екран (рис. 4.22).

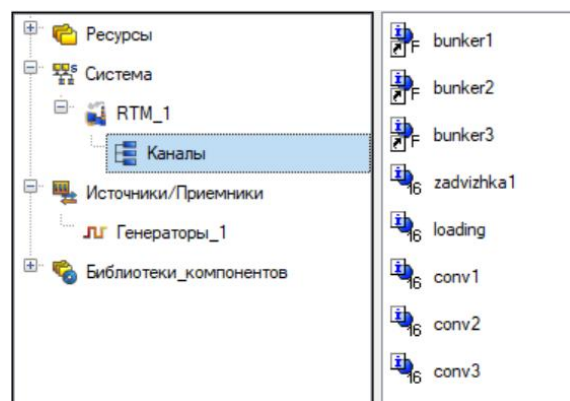


Рисунок 4.22 – Структура проєкту

На мнемосхемі зображено всі елементи системи (рис. 4.23). Для

зручності оператора використано елементи об'ємної та двомірної графіки, кнопки та відеокліпи.

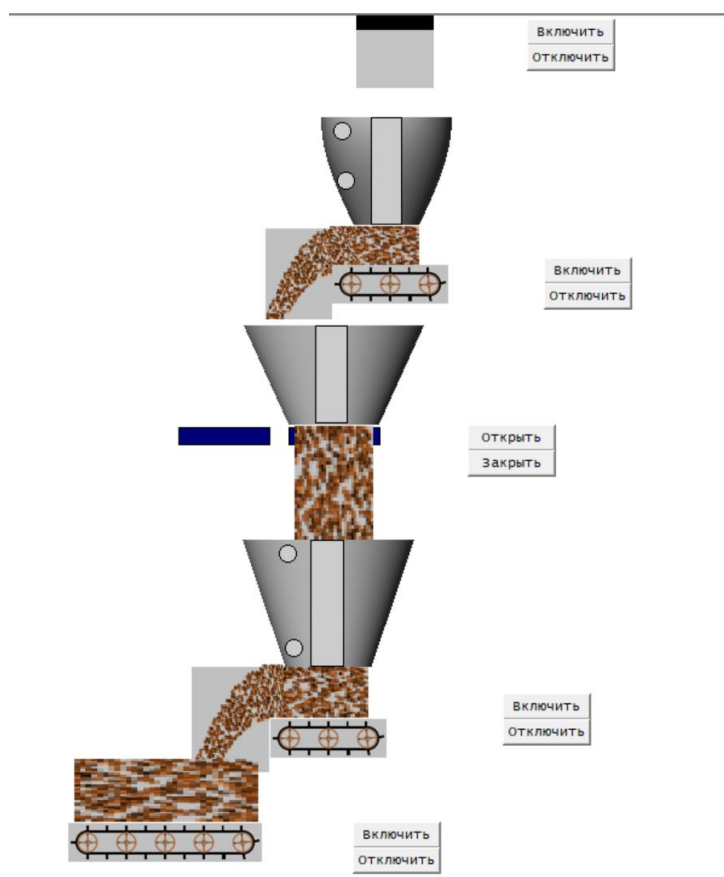


Рисунок 4.23 – Мнемосхема для системи дистанційного управління процесом дозування шихти

Кнопки налаштовано таким чином, щоб вони посилали значення «1» в канал, якщо натиснути «Включити» або «Відкрити» (рис. 4.24) та «0», якщо натиснути «Відключити» або «Закрити». До цих каналів для зручності прив'язані відеокліпи.

Свойство	Значение
Код доступа	0x0
События	
<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> MousePress <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Подтверждение False <input checked="" type="checkbox"/> Сигнал False <input checked="" type="checkbox"/> Передать значение <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Тип передачи Прямая <input checked="" type="checkbox"/> Значение 1 <input checked="" type="checkbox"/> Результат <3> zadvizhka1_R <input checked="" type="checkbox"/> Источник ... <input checked="" type="checkbox"/> Восстанавливать значение False <input checked="" type="checkbox"/> MouseReleas 	

Свойство	Значение
Контур	
Заливка	
* Видимость (<3> zadvizhka1_R)	True
Вид индикации	Arg = Констант
Привязка	<3> zadvizhka1_R
Константа	0
* Подсказка	
* Прозрачность	0
* Слой	Слой
* Выделение в МРВ	False
* Геометрия	Скрыть

Рисунок 4.24 – Приклад реалізації кнопки, що відкриває засувку

Робота мнемосхеми показана на рис. 4.25.

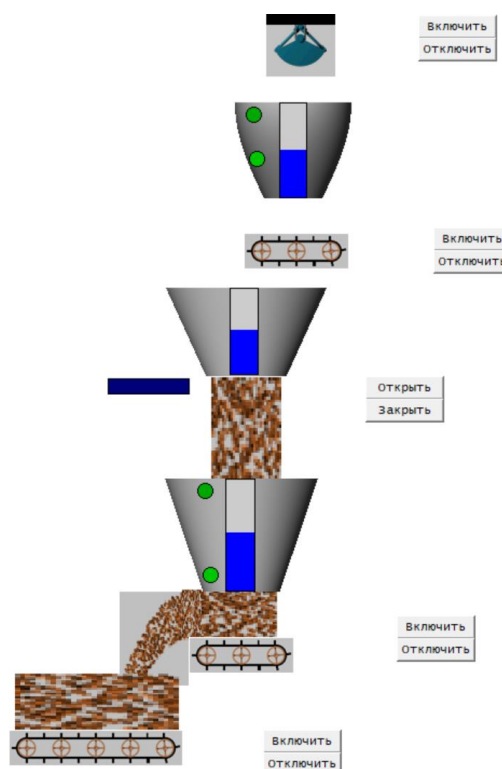


Рисунок 4.25– Мнемосхема системи в робочому стані

Гістограми показують кількість шихти в бункерах, а індикатори сигналізують про те, чи не виходить значення за технологічні межі.

4.6 Розробка підпрограми формування заданого температурного режиму

У роботі розроблено ST-програму, яка реалізує заданий графік температурного режиму для технологічного агрегату

Структура проекту (рис. 4.26) містить 1 вузол RTM; 1 екран з мнемосхемою, на якій присутній тренд; програма, яка реалізує САР з ПІ-законом регулювання з оптимальними налаштуваннями ПІД-регулятора ($K_p = 0.0046455$; $T_i = 0.000348795$). Використовуються 2 аналогових канали для передачі в них завдання та кривої перехідного процесу (рис. 4.27).

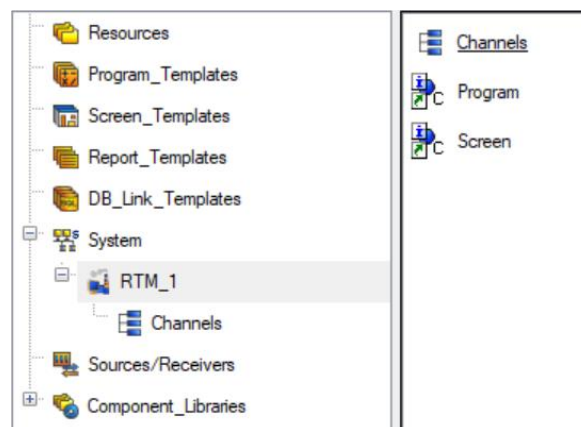


Рисунок 4.26 – Структура проекту

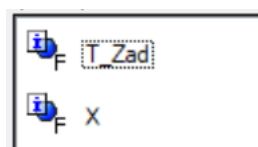


Рисунок 4.27 – Перелік каналів

FBD-програма має вигляд, наведений на рис. 4.28

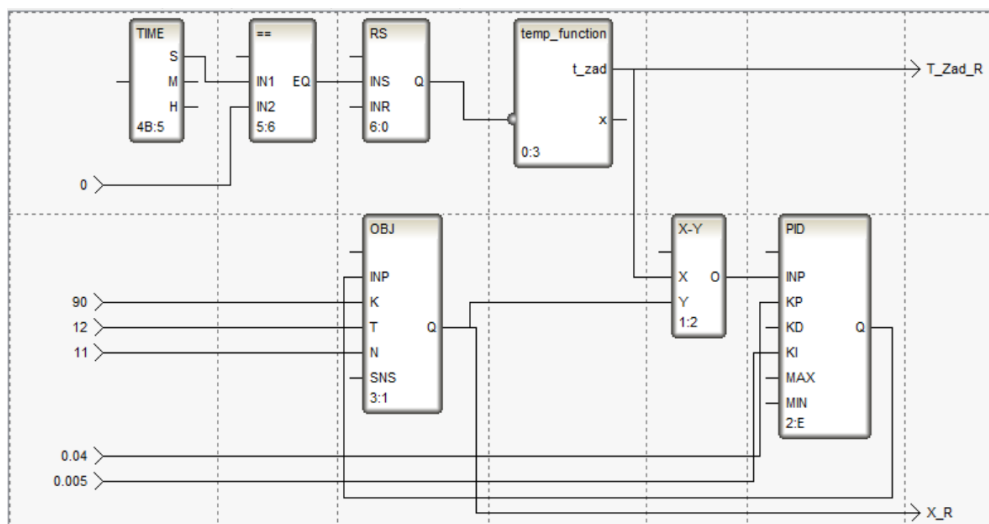


Рисунок 4.28 – FBD-програма

Для формування завдання використовується функція temp_function, написана на мові ST і представлена в якості функціонального блоку користувача (рис. 4.29).

```

FUNCTION_BLOCK temp_function
VAR_OUTPUT t_zad : REAL; END_VAR
VAR_OUTPUT x : REAL; END_VAR

if x < 10 then t_zad = 3*x;
elsif x >= 10 and x < 40 then t_zad = 30;
elsif x >= 40 and x < 55 then t_zad = 2*x-50;
elsif x >= 55 and x < 70 then t_zad = 60;
elsif x >= 70 and x < 90 then t_zad = -2*x+200;
elsif x >= 90 then t_zad = 20;
end_if;

x = x+0.55;

END_FUNCTION_BLOCK

```

Рисунок 4.29 – ST-функція temp_function

Перелік змінних та їх прив'язка до каналів наведений на рис. 4.30.

Name	IO Type	Data Type	Def. Value	Link
T_Zad_R	IN/OUT	REAL		F T_Zad:Real Value (System.RTM_1.Channels)
X_R	OUT	REAL		F X:Real Value (System.RTM_1.Channels)

Рисунок 4.30 – Список змінних програми

На розробленій мнемосхемі відображено перехідний процес за допомогою тренду. Як видно з тренду - початкові налаштування не є оптимальними в даному випадку (рис. 4.31).

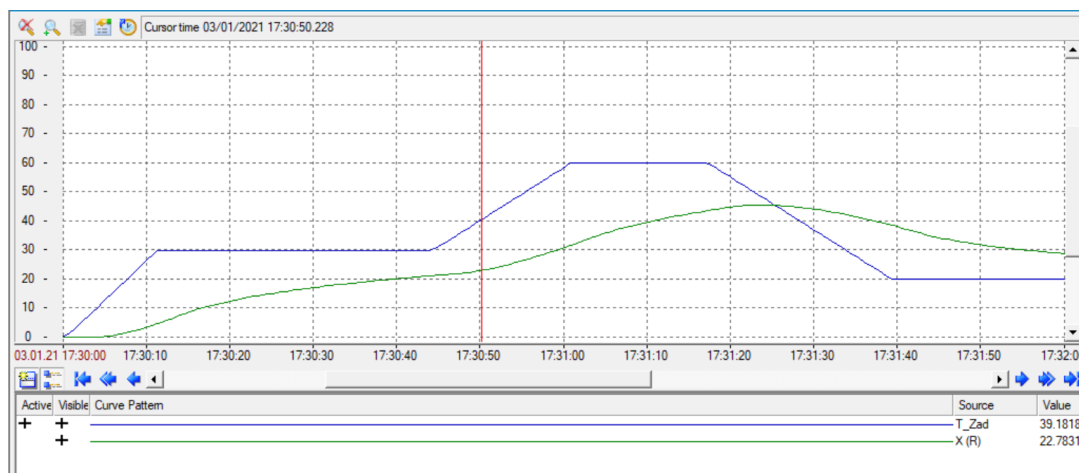


Рисунок 4.31 – Перехідний процес з початковими налаштуваннями

Після аналізу та підстановки різних значень обрано коефіцієнти ПІ-регулятора $K_p = 0.04$ та $K_i = 0.005$. Перехідний процес, що відповідає САР з обраним ПІ-регулятором, наведений на рис. 4.32.



Рисунок 4.32 – Перехідний процес з налаштуваннями $K_p = 0.04$ та $K_i = 0.005$

4.7 Висновки

1. Встановлено основні показники структури формування шару агломераційної шихти в процесі завантаження шихти на аглострічку завантажувальним лотком. В процесі завантаження шихта утворює конус, формування якого визначається розміром площини, початкової швидкості частинок, кута нахилу площини відносно горизонталі. Кут нахилу площини визначає сегрегацію руху частинок по завантажувальному лотку.

2. Встановлено вплив фракційного складу шихти на газопроникливість шару. Газодинаміка шару агломераційної шихти визначає основні показники роботи агломашини: її продуктивність, витрати природного газу та електроенергії. Визначення газодинамічних характеристик шару є актуальною задачею для контролю й управління роботою агломераційних машин.

3. Встановлено загальні закономірності процесу завантаження та розроблений алгоритм визначення оптимальних показників для покращення газопроникливості шару. На їх основі розроблено математичну модель, що дозволить оптимізувати і прогнозувати зазначені показники.

4. Встановлено, що при змінні кута нахилу завантажувального лотку виникає перерозподіл фракцій формуючого шару. Змінення кута нахилу завантажувального лотку має керуючий вплив на процес завантаження шихти на аглострічку, а перерозподіл вказаних фракцій дає значний вплив на фракційний склад окремих горизонтів шару та його газопроникливості в цілому.

5. Враховуючи значимість газопроникливості шихти спікання агломерату для досягнення кращих показників, досліджено вплив сегрегації та процесу завантаження шихти на аглострічку та знайдено кут нахилу завантажувального лотка, при якому шар має найменший газодинамічний опір (48 град). При даній характеристиці спікання шихти якість агломерату підвищиться.

ВИСНОВКИ

1. Проаналізовано сучасний стану агломераційного виробництва, який показав необхідність покращення сучасного процесу агломерації у зв'язку із нестабільністю якості та характеристик вхідних матеріалів. Враховуючи аналіз літературних даних щодо модернізації процесу та дослідження встановлено, що найбільше раціональним є оптимізація процесу завантаження шихти на агломераційній стрічці.

2. Розроблено схему інформаційних та матеріальних потоків, яка дозволила провести аналіз каналів управління.

3. Розроблено технічне завдання на створення автоматизованої системи управління агломераційним процесом Розроблено схему інформаційних та матеріальних потоків, яка дозволила провести аналіз каналів управління.

4. Розроблено технічне завдання на створення автоматизованої системи управління агломераційним процесом

5. Досягнуто забезпечення високих показників агломераційного процесу шляхом його оптимізації, що передбачає виконання якісного металургійного розрахунку аглошихти, забезпечення необхідного усереднення матеріалів, що надходять в шихтове відділення, підвищення точності дозування компонентів.

6. Досягнуто забезпечення високих показників агломераційного процесу шляхом його оптимізації, що передбачає виконання якісного металургійного розрахунку аглошихти, забезпечення необхідного усереднення матеріалів, що надходять в шихтове відділення, підвищення точності дозування компонентів.

7. Встановлено загальні закономірності процесу завантаження та розроблений алгоритм визначення оптимальних показників для покращення газопроникливості шару. На їх основі розроблено математичну модель, що дозволить оптимізувати і прогнозувати зазначені показники.

8. Враховуючи значимість газопроникливості шихти спікання

агломерату для досягнення кращих показників, досліджено вплив сегрегації та процесу завантаження шихти на аглострічку та знайдено кут нахилу завантажувального лотка, при якому шар має найменший газодинамічний опір (48 град). При даній характеристиці спікання шихти якість агломерату підвищиться.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гренковский В. И., Пезюк М. Ю., Сыромяцкий В. А. Управление агломерационным процессом. Киев: Техника, 1988. 145 с.
2. Спосіб підготовки агломераційної шихти до спікання: пат. 113820 Україна: МПК С22В 1/14 (2006.01), С22В 1/16 (2006.01), С22В 1/24 (2006.01). № а 2016 06487; заявл. 13.06.2016; опубл. 10.03.2017, Бюл. № 5. 6 с.
3. Пристрій для завантаження шихти на колосникові ґрати рухомих візків агломераційної машини: пат. 113631 Україна: МПК (2016.01), F27В 21/00. №и 2016 07453; заявл. 08.07.2016; опубл. 10.02.2017, Бюл. № 3. 5 с.
4. Спосіб завантаження шихти на колосникові ґрати агломераційної машини: пат. 109978 Україна: МПК (2016.01), В65G 65/00, F27В 21/00. № и 2016 00997; заявл. 08.02.2016; опубл. 26.09.2016, Бюл. № 18. 5 с.
5. Спосіб спікання шихти на агломераційних машинах: пат. 109837 Україна: МПК (2016.01) В22F 3/00, С08J 9/33 (2006.01), G01N 25/02 (2006.01). № и 2016 02389; заявл. 12.03.2016; опубл. 12.09.2016, Бюл. № 17. 5 с.
6. Завантажувальний пристрій конвеєрної агломераційної машини: пат. 110975 Україна: МПК F27В 21/06 (2006.01), С22В 1/16 (2006.01). № и 2016 04303; заявл. 19.04.2016; опубл. 25.10.2016, Бюл. № 20. 4 с.
7. Пристрій для вирівнювання поверхні агломераційної шихти у ґратчастому спікальному візку: пат. 104727 Україна: МПК (2014.01), С21В 13/00, С22В 1/16 (2006.01), С22В 1/20 (2006.01), F27В 9/18 (2006.01). № а 201102384; заявл. 15.09.2009; опубл. 11.03.2014, Бюл. № 5. 4 с.
8. Пристрій для завантаження шихти на палети агломераційної машини: пат. 99154 Україна: МПК (2015.01), F27В 21/00. № и 2014 11648; заявл. 27.10.2014; опубл. 25.05.2015, Бюл. № 10. 6 с.
9. Пристрій для завантаження шихти на аглострічку: пат. 79892 Україна: МПК С22В 1/20 (2007.01), F27В 21/10 (2007.01). № а200511550; заявл. 05.12.2005; опубл. 25.07.2007, Бюл. № 11. 3 с.

10. Спосіб виробництва агломерату: пат. 77903 Україна: МПК (2006), C22B 1/16, C22B 1/14, C22B 1/00. № а200508888; заявл. 19.09.2005; опубл. 15.01.2007, Бюл. № 1. 2 с.
11. Пристрій для підготовки шихти при виробництві агломерату: пат. 76654 Україна: МПК (2013.01) C22B 1/00. № u 2012 07927; заявл. 27.06.2012; опубл. 10.01.2013, Бюл. № 1. 4 с.
12. Спосіб виробництва агломерату: пат. 52753 Україна: 7 C22B1/16, C22B1/20. № 2010108038/22; заявл. 21.12.1999; опубл. 15.01.2003; Бюл. № 1. 3 с.
13. Завантажувальний пристрій конвеєрної агломераційної машини: пат. 42105 Україна: МПК (2009) F27B 21/06 (2009.01), C22B 1/16. № u200900038; заявл. 05.01.2009; опубл. 25.06.2009, Бюл. № 12. 3 с.
14. Устройство для загрузки шихты на агломерационную машину: пат. 95667 Россия: МПК C22B 1/14. № 2010108038/22; заявл. 04.03.2010; опубл. 10.07.2010, Бюл. № 19. 2 с.
15. Томаш А. А., Безверхий И. В., Белоног В. А., Кривенко С. В. Применение статистического критерия сегрегации для оценки перераспределения шихты по крупности при загрузке на агломерационную машину. *Вісник приазовського державного технічного університету. Технічні науки. Металургія*. Маріуполь. 2005. № 15. С. 1-4.
16. Русских В. П., Кривенко С. В. Повышение газопроницаемости спекаемого слоя аглошихты / *Вісник приазовського державного технічного університету. Технічні науки*. Маріуполь. 1999. № 8. С. 15-17.
17. Кремлевский П. П. Расходомеры. Ленинград: Машгиз. 1963. 656 с.
18. Базилевич С. В. Агломерация. Москва: Металлургия. 1974. 287 с.
19. Пазюк М. Ю. Влияние условий загрузки на формирование структуры слоя шихты. *Известия ВУЗов. Черная металлургия*. 1985. № 8. С. 12-15.
20. Пазюк М. Ю. Теоретические основы движения и взаимодействия дисперсных железорудных масс в процессе формирования их объемных макроструктур: диссертация. Запорожье. 1993. 365 с.

21. Зенков Р. Л., Гриневич Г. П., Исаев В. С. Бункерные устройства Р. Л. Зенков,. Москва: Машиностроение. 1977. 219 с.
22. Бражников, С. Г., Берман Ю. А., Белоцерковский Я. Л. Теплотехника окускования железорудного сырья. Москва: Metallургия. 1970. 343 с.
23. Коротич В. И. Основы теории и технологии подготовки сырья к доменной плавке. Москва: Metallургия. 1978. 208 с.
24. Способ и система для определения геометрических размеров гранул сыпучего материала: пат. 2261432 Россия: G 01 N 15/02. № 2002111894/28; заявл. 06.05.2002; опубл. 27.09.2005, Бюл.№ 27. 8 с

Додаток А – Графічне відображення програми розрахунку оптимальних показників

ВХІДНІ ДАНІ

Фракційний склад шихти (%)

Φ-3 Φ3-6 Φ+6

Середній діаметр фракцій (мм)

дср-3 дср3-6 дср+6

Довжина завантажувального лотку (м)

l

Кут завантажувального лотку (α1) та природного відкосу (α2)

α1° α2°

Висота шару шихти на аглострічці (м)

H, м

РОЗРАХУВАТИ

ВИХІДНІ ДАНІ

Середній діаметр шихти до вкладки на аглострічку (мм)

дср1

Середній діаметр фракцій кожного горизонту шару (мм)

дср (1) дср (2) дср (3)

Середній діаметр шихти на аглострічці (мм)

дср2

Середній діаметр шихти на горизонтах аглострічки

Фракційний склад на аглострічці

Газодинамічний опір ΔP

РОЗРАХУВАТИ

Розподілення фракцій по горизонту (%)

шар	1	2	3	Σ
Φ-3	55.86	39.13	37.6	44.2
Φ+6	0.24	0.58	0.64	0.49

Коригування великої та дрібної фракції (%)

шар	1	2	3
Φ-3	60.01	42.04	40.39
Φ+6	14.07	34	37.52

Розподілення Φ 3-6 по горизонту (%)

шар	1	2	3	Σ
Φ3-6	25.92	23.96	22.09	55.32

КОРЕГУВАТИ

Фракційний склад на аглострічці (%)

шар	1	2	3	Σ
Φ-3	20	14.01	13.46	44.2
Φ3-6	8.64	7.99	7.36	55.32
Φ+6	4.69	11.33	12.51	0.49