МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

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

Кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем

Кваліфікаційна робота

другого (магістерського) рівня вищої освіти
(рівень вищої освіти)

на тему Дослідження роботи ділянки барабанних грануляторів шихти на аглофабриці металургійного підприємства

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1743-дн
спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка

освітньої програми Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Макаренков О. М.

Керівник проф., д.т.н. Пазюк М. Ю.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)
Рецензент директор ТОВ «Електротехмаш»
Курілець І. А.

Запоріжжя
2025

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

Кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем
Рівень вищої освіти другий (магістерський)
(другий (магістерський) рівень)
Спеціальність 174 «Автоматизація, комп'ютерно- інтегровані технології та робототехніка
(код та назва)
Освітня програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(назва)
Спеціалізація
(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
"____" _____ 2025 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)
Макаренкову Олегу Миколайовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження роботи ділянки барабанних грануляторів шихти на аглофабриці металургійного підприємства
Керівник роботи Пазюк М. Ю., докт. техн. таук, професор,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ЗНУ від «30» вересня 2024 року № 1483-с
2. Строк подання студентом роботи 17 лютого 2025 р
3. Вихідні дані до роботи технічна документація, технологічні інструкції, дані, отримані під час проходження виробничої практики
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) техніко-економічне обгрунтування створення системи автоматизованного управління технологічного процесу; технологічні особливості управління агломераційним виробництвом; розробка системи автоматизації; розробка технічної документації для САР; заходи щодо техніки безпеки й пожежогасінню

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Креслення, презентаційний матеріал 8 слайдах (на 8 сторінках)

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Пазюк М. Ю.		
2	Пазюк М. Ю.		
3	Пазюк М. Ю.		
4	Пазюк М. Ю.		
5	Пазюк М. Ю.		

7. Дата видачі завдання 27.05.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Визначення технологічних особливостей управління агломераційним виробництвом	01.07.2024	виконано
2	Складання технічного завдання для створення АСУ ТП агломераційного виробництва	01.08.2024	виконано
3	Аналіз існуючих систем автоматизації	01.09.2024	виконано
4	Вибір та обґрунтування структури системи управління	01.10.2024	виконано
5	Розробка функціональної схеми автоматизації спікального горна	01.11.2024	виконано
6	Розробка технічної документації для САР	01.12.2024	виконано
7	Розрахунки та моделювання САР	05.01.2025	виконано
8	Розробка макету мнемосхеми	01.02.2025	виконано
9	Організаційні питання підготовки до захисті	17.02.2025	виконано

Студент _____ Олег МАКАРЕНКОВ
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи _____ Михайло ПАЗЮК
(підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ Ірина ОВЧИННИКОВА
(підпис) (ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Макаренков О. М. Дослідження роботи ділянки барабанних грануляторів шихти на аглофабриці металургійного підприємства

Кваліфікаційна робота магістра на здобуття вищої освіти за спеціальністю 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка», науковий керівник М. Ю. Пазюк, Запорізький національний університет, Інженерний науково-навчальний інститут ім. Ю.М. Потебні, кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем. Запоріжжя, 2025.

У роботі виконано: розглянуто процес підготовки шихти в агломераційному цеху ВАТ «Запоріжсталь». Метою проекту автоматизації запального горна, є забезпечення максимальної продуктивності при економічному використанні палива й безпечній роботі технологічного встаткування. Розроблена в даному дипломному проекті система автоматизації управління процесом спікання шихти відповідає пропонованим до неї вимогам.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ПРОЦЕС АГЛОМЕРАЦІЇ, ЗАПАЛЮВАЛЬНЕ ГОРНО, РЕГУЛЮВАННЯ, АСУ ТП, АПАРАТНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, МНЕМОСХЕМА.

ABSTRACT

Makarenkov O. M. Issledovaniye raboty uchastka barabannykh granulyatorov shikhty na aglofabrike metallurgicheskogo predpriyatiya

Kvalifikatsionnaya rabota magistra na polucheniye vysshego obrazovaniya po spetsial'nosti 174 «Avtomatizatsiya, komp'yuterno-integrirovannyye tekhnologii i robototekhnika» Scientific supervisor M. Yu. Pazyuk, Zaporizhzhia National University, Engineering Scientific and Educational Institute named after Yu.M. Potebny, Department of Electrical Engineering and Cyberphysical Systems. Zaporizhzhia, 2025.

The work performed: the process of preparing the charge in the sintering shop of JSC "Zaporizhstal" was considered. The purpose of the blast furnace automation project is to ensure maximum productivity with economical use of fuel and safe operation of technological equipment. The automation system for controlling the charge sintering process developed in this diploma project meets the requirements proposed for it.

KEY WORDS: AGGREGATION PROCESS, IGNITION MINE, REGULATION, ACS TP, HARDWARE, SOFTWARE, MNEMOSCHEM.

ЗМІСТ

Вступ…..……... 8
1 Техніко-економічне обгрунтування створення системи автоматизованного управління технологічного процесу…….. 10
1.1Цілі впровадження АСК…… 10
1.2 Актуальність впровадження АСК…… 12
1.3 Розрахунок економічної ефективності…… 18
2 Технологічні особливості управління агломераційним виробництвом…….. 21
2.1 Конструкція технологічного агрегату…….. 21
2.2 Технологічні величини й особливості їх виміру…… 29
2.3 Технічне завдання для створення АСУ ТП агломераційного виробництва 32
3 Розробка системи автоматизації……. 34
3.1 Аналіз існуючих систем автоматизації……... 34
3.2 Обґрунтування структури системи управління…….. 37
3.2.1. Обґрунтування структурної схеми ПТК СА…….. 39
3.3 Вибір технічних засобів…… 40
3.3.1 Первинні перетворювачі й вторинні прилади…….…… 40
3.3.2 Промисловий контролер…… 51
3.3.3 Виконавчі пристрої…… 55
3.4 Розробка функціональної схеми автоматизації спікального горна…….. 56
3.4.1 САР рівня шихти в бункерах……. 57
3.4.2 САР укладання шихти на аглострічку……. 57
3.4.3 САР вологості й газопроникності…….…… 57
3.4.4 САР запалювання агломераційної шихти…… 58
3.4.5 САР спікання агломераційної шихти……...…… 58
3.4.6 САР температури шихти на охолоджувачі…….. 59
3.5 Специфікація комплекса КТС……. 59
4 Розробка технічної документації для САР……. 61
4.1 Розробка принципової електричної схеми…….. 61

4.2 Розробка схеми зовнішніх з'єднань, вибір щитів…….. 62
4.3 Розрахунки регулювальних органів…… 63
4.3.1 Розрахунки еквівалентного діаметра траси …… 63
4.3.2 Втрати напору на тертя…….. 64
4.3.3 Втрати напору на місцевих опорах……... 65
4.3.4 Геометричний напір у трасі рівний…….. 65
4.3.5 Сумарна втрата напору…….. 66
4.3.6 Перевірка розрахунків……... 66
4.3.7 Визначення тиску на вході й виході із траси…….. 66
4.3.8 Розрахунки регулювального органа……. 66
4.4 Розрахунки зчленування регулювального органа з виконавчим механізмом…….. 68
4.4.1 Побудова статичної характеристики з'єднання регулювального органа з об'єктом регулювання методом геометричного множення…….. 68
4.4.2 Побудова оптимальної безрозмірної статичної характеристики зчленування виконавчого механізму з регулювальним органом…… 68
4.4.3 Розрахунки з'єднання регулювального органа з виконавчим механізмом……... 71
4.5 Вибір виконавчого механізму…….. 72
4.6 Розрахунки звужуючого пристрою……. 73
4.7. Розрахунки й моделювання САР…… 77
4.8 Програмування промислового контролера……. 94
4.9 Розробка макету мнемосхеми…… 95
Висновки…….. 116
Список використаних джерел……... 117

ВСТУП

Актуальність теми.

Розвиток сучасного металургійного виробництва в Україні супроводжується інтенсифікацією технологічних і виробничих процесів. Створення великих металургійних агрегатів і їхніх комплексів дозволяє більш ефективно використати сировину, паливо, капіталовкладення. У тієї ж час здійснювати керування інтенсифікованими металургійними процесами в більшому й складному технологічному об'єктах без використання новітніх методів і засобів управління - неефективно або взагалі неможливо.

Мета дослідження.

Метою проекту автоматизації запального горна, є забезпечення максимальної продуктивності при економічному використанні палива й безпечній роботі технологічного встаткування.

Задачі дослідження.

- дослідити особливості технологічного процесу аглофабрики
- розробити схеми інформаційних та матеріальних потоків контролю та аланіз організації верхнього рівня АСУ ТП технологічного процесу;
- провести розрахунок і розробку схем автоматизації аглофабрики, мнемосхеми, моделювання САР, бази даних та програм роботи АСУТП;
- дослідити взаємозв'язоку між рівнями АСУ, провести аналіз структури роботи верхнього рівня АСУ ТП, а також принципу роботи обчислювальної системи;
- розробити технічну документацію проектування АСУ ТП

Об’єкт дослідження.

Автоматизована система управління аглофабрики

Предмет дослідження.

Технологічний процес управління аглофабрикою

Методи дослідження.

Методи математичного моделювання для дослідження базується на використанні двох методів виміру рівня в підігрівачі низького тиску: на основі методу індикації рівня за допомогою підігріваємих термопар та гідростатичного методу.

Наукова новизна одержаних результатів

На основі розробленої математичної моделі було вдосконалена ПЭС, для підсистеми керування горінням палива.

Практичне значення одержаних результатів.

Полягає в тому, що чисельні дослідження на основі комплексної методики розрахунку автоматизованої система управління технологічним процесом регулювання рівня аглофабрики.

Особистий внесок дослідника

Теоретичні дослідження виконані автором самостійно. Його особистий внесок полягає: в розробці системи управління технологічним процесом аглофабрики та регулювання рівня горіння палива.

Структура та обсяг магістерської роботи

Кваліфікаційна робота магістра складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку джерел посилання з 28 найменувань, викладена на 102 сторінках машинописного тексту, включаючи 13 рисунків, 11 таблиць.

1 ТЕХНІКО ЄКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАННОГО УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

1.1 Цілі впровадження АСК

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 нім; 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.

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 АСК

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 грудкування шихти, охолодження, дроблення і особливо грохочення агломерату. З цієї причини протягом багатьох десятиліть унеможливлювалося 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.

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 вагоноопрокидувачами, перевантажувачами рудних грейферів і одноковшевими 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 ім. Дзержинського 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 (Алчевський металургійний комбінат), або в аглоруду (комбінат ім. Ілліча) або частково складують окремо (наприклад, колошниковий пил на комбінаті «Запоріжсталь» і Єнакіївському металургійному заводі). 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.

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: залізорудний концентрат - найстабільніший по хімічному складу компонент шихти - повсюдно розусереднюється 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 витрати 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 молоткастих дробарках до крупності 0-3 або навіть 0-2 мм. Тверде паливо (коксові 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 CO 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%о. 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 возврату може понизити витрату твердого палива на 7%, підвищити міцність агломерату на 6% і збільшити продуктивність процесу спікання на 10%.

Реальна коливальність шихтових матеріалів за змістом заліза і основності приблизно в три рази перевищує необхідну: ± 0,5 по залізу; ± 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 замерзаємість 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 твердого 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 у.п. на 1 т вапна) окупається завдяки поліпшенням показників аглодоменного 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 збірного конвеєра.

Для якісного дозування із точністю видачі кожного компоненту ±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 макрооб'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 переоплавку у складі розплаву такої модифікації двохкальцієвого силікату (3-2 $Ca0Si0_2$, 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 залізорудних 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.

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%;

- $S0_2$ на 2-3%.

Збільшення висоти шару можливо за трьох умов:

- якісній підготовці гранульованої шихти за рахунок використання сучасного обладнання і речовин, що пов'язують;

- оснащенні агломашин могутніми ексгаустерами, 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 шару, що спікається. 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 гази).

Переслідується мета допалювання або розкладання CO і складних вуглеводнів, а також часткового поглинання в шарі сірчистого ангідриду. Зазвичай в процес агломерації повертають гази останніх вакуум-камер, що відходять, з температурою 150-200 °C. 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 охолоджування, доцільне продування повітрям практично готового епіка і подача цього повітря з температурою близько 600 °С на процес спікання. В цьому випадку можна понизити зміст твердого палива на 20%>.

Склад аглогазу: СО = 0,5-3%; Co_2= 14%; $S0_2$ = 0,3%; N_{OX} = 0,05%; N2 = 60%.

Спік 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 охолоджуванні 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.

1.3Розрахунок 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:

$$\Delta C_H = (H_Б - H_{Пл}) * Ц ,$$

де Ц – ціна за 1м^3 природного газу (Ц=1,2 грн.);

$H_Б, H_{ПЛ}$ – питомі норми видатку палива, у базисному й плановому варіантах (усереднене Нб=600 м^3), відповідно.

$$H_{Пл} = H_Б - H_Б * 0.10;$$

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

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

Додаткові капітальні вкладення

Додаткові капітальні вкладення складаються з:

- вартості контролерів;

- вартості ПЭВМ верхнього рівня;

- вартості додаткових матеріалів на впровадження АСУ ТП (придбання та установка додаткових шаф, придбання й прокладка кабелів для живлення та ін.);

- вартості монтажних і пусконалагоджувальних робіт.

Додаткові капітальні вкладення разом складають 380000 грн.

Річний економічний ефект

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

$$Э = \Delta C * Q_{Пл} - E_H * \Delta K,$$

де $E_н$ – нормативний коефіцієнт порівняльної економічної ефективності нової техніки ($E_н$ = 0,18);

$Q_{пл}$ – плановий обсяг виробництва, рівних 8000 т у рік;

ΔС – капіталовкладення на впровадження системи;

ΔК – зміна собівартості агломерату.

Тоді:

$$Э = 28,8 * 8000 - 0,18 * 380000 = 162000 \ (грн).$$

Економічна ефективність капітальних вкладень

Економічна ефективність капітальних вкладень визначається по формулі:

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

звідси:

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

Строк окупності капітальних вкладень

Визначаємо строк окупності капіталовкладень по формулі:

$$T = \frac{1}{E},$$

тоді:

$$T = \frac{1}{0{,}61} = 1{,}64(року).$$

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.

1.4Постановка задачі дослідження:

- дослідити особливості технологічного процесу аглофабрики

- розробити схеми інформаційних та матеріальних потоків контролю та аланіз організації верхнього рівня АСУ ТП технологічного процесу;
- провести розрахунок і розробку схем автоматизації аглофабрики, мнемосхеми, моделювання САР, бази даних та програм роботи АСУТП;
- дослідити взаємозв'язоку між рівнями АСУ, провести аналіз структури роботи верхнього рівня АСУ ТП, а також принципу роботи обчислювальної системи;
- розробити технічну документацію проектування АСУ ТП

2 ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ УПРАВЛІННЯ АГЛОМЕРАЦІЙНИМ ВИРОБНИЦТВОМ

2.1 Конструкція технологічного агрегату

На агломераційній фабриці шихту, що складається з рудної частини, флюсів, повернення (дрібної фракції агломерату) і палива (коксику, антрациту), завантажують на конвеєрну агломераційну машину (аглострічку), запалюють зверху й спікають, просмоктуючи повітря через шар оброблюваних матеріалів.

Виробничі операції, здійснювані на аглофабриці показані на технологічній схемі (рисунок 2.1). Тверде паливо подрібнюють у чьотирьохвалкових дробарках, вапняк дроблять у молоткових дробарках або тангенціальних шахтних млинах і якщо буде потреба обпалюють у кільцевих шахтних печах. Розрахункове співвідношення окремих компонентів шихти підтримують шляхом вагового дозування. Змішування, зволоження й огрудкування шихти здійснюють у барабанних змішувачах. При цьому процес ведуть таким чином, щоб досягти максимальної газопроникності шихти. Огрудковану шихту укладають на спікальні візка (палети), запалювання шихти відбувається при проходженні візка під запальним горном. У міру руху спікальних візків до хвостової частини машини, горіння з верхнього шару поширюється в нижні шари.

При горінні палива утвориться зона горіння висотою 15-30 мм із температурою 1400 - 1600 °С, що пересувається вниз до колосників зі швидкістю руху аглостічки.

У таких умовах зона горіння здобуває форму похилого плоского шару. Основні параметри при сталому режимі зв'язані співвідношенням (статичною характеристикою).



1 - сира шихта; 2 - постіль; 3 - готовий агломерат; 4 - зона горіння; 1а - довжина зони спікання (активна довжина); 1б - горизонтальна швидкість руху аглострічки; h - висота шару шихти; t_0 - час спікання

Рисунок 2.1 - Схема спікання шихти на агломераційній машині

Температура продуктів згоряння, що виходять із шару, становить 50 - 70 °С и тільки при наближенні зони горіння до колосників (у районі останніх вакуум-камер зони спікання) температура газів підвищується до 200 - 400 °С. Максимальна температура газів, що відходять, свідчить про закінчення процесу спікання. На нових агломашинах, крім зони спікання, передбачена також зона охолодження агломерату. Охолоджений агломерат дроблять, піддають просіванню й відправляють у доменний цех.

Пересування палет здійснюється електроприводом постійного струму. Швидкість руху регулюють таким чином, щоб процес спікання закінчувався на заданій активній довжині.

У зоні спікання відсмоктування газів здійснюється через камери розрідження ексгаустерами. Хвостова частина аглострічки використається для охолодження агломерату, повітря для охолодження просмоктується через шар димососами. Для запалювання шихти служити горно з пальниками, де спалюється рідке або газоподібне паливо.

Тому що процес безперервний, па аглофабриках створюються сприятливі умови для автоматичного управління виробничими й технологічними операціями. На фабриці звичайно є два відділення - шихтове й спікальне. У перше входять ділянки підготовки палива, флюсів і залізовмісних матеріалів. Підготовлена шихта потім надходити у відділення спікання. Усі ділянки аглофабрики зв'язані між собою конвеєрними трактами, містять ємності й перевантажувальні вузли, які забезпечують потоковість і безперервність процесів. При такій організації виробництва більшість операцій може бути автоматизовано.

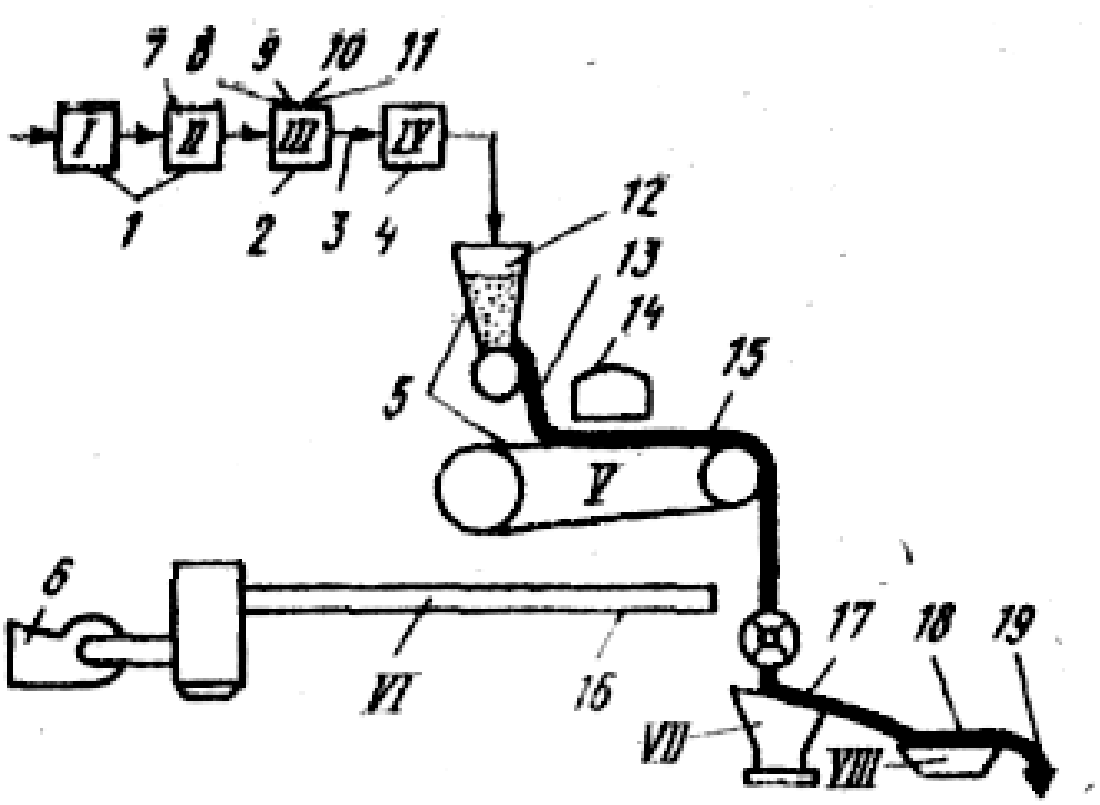
Автоматизація, що забезпечує одержання агломерату заданої якості, охоплює операції усереднення залізовмісних матеріалів, вагового дозування компонентів шихти, контролю хімічного складу або змісту окремих елементів у шихті й агломераті, відбору проб для аналізів і випробувань агломерату, контролю й регулювання кількості палива в шихті з метою оптимізації теплового режиму процесу спікання. Для забезпечення максимальної продуктивності агломашин служать системи автоматичного контролю й керування процесом спікання, що виконують операції підготовки шихти (зволоження та огрудкування), завантаження її на агломераційну машину, контролю теплового режиму й оптимізації процесу спікання. Певне значення мають також локальні схеми контролю й управління рівня матеріалів у потоках і ємностях, а також системи управління окремими механізмами агломераційної фабрики - дробарками, ексгаустерами, випалювальними установками та ін.

Точність дозування компонентів шихти впливає на якість готового агломерату хід спікання на аглострічці. Сталість хімічного складу шихти досягається дозуванням шихтових матеріалів системою бункерів з живильниками. Дозування здійснюється по масі матеріалів з обліком їхнього хімічного складу. Співвідношення компонентів шихти регулюють шляхом автоматичної підтримки витрати окремих складових з коректуванням за даними хімічних аналізів і аналізів вологості матеріалів. Якість регулювання

при цьому залежить від частоти відбору проб на аналіз. У порівнянні з ручним керуванням автоматизовані системи дозування знижують коливання основності агломерату приблизно в 1,5 рази.

Застосовуються два типи систем вагового дозування - індивідуальної й груповий. Система індивідуального дозування складається з бункера, живильника (тарілчастого, вібраційного та ін.), транспортера, підсистеми зважування транспортера з матеріалом і підсистеми підтримки заданої маси. Система групового дозування складається із групи ємностей, групи живильників, що працюють на транспортер, конвеєрних важелів і підсистеми підтримки заданої маси.

Автоматизація управління процесами в спікальному відділенні полягає в автоматичній підтримці висоти шару аглошихти, що завантажує на машину, автоматичному регулюванні рівня шихти в проміжному бункері над агломашиною, контролі й автоматичному регулюванні вологості шихти, автоматичному управління процесом запалювання шихти та регулюванні закінченості процесу спікання наприкінці активної ділянки аглострічки. Окремий вузол управління становлять механізми охолодження й дозування повернення.



I - прийомне відділення шихтових матеріалів; II - склад шихтових матеріалів; III - шихтове відділення; IV - зволоження та огрудкування: V - агломашина; VI - газовий тракт; VII - повернення; VIII - охолоджувач; системи автоматичного управління:

1 - прийманням, складуванням і усередненням; 2 - ваговим дозуванням; 3 - конвеєрними трактами й завантаженням у бункери; 4 - зволоженням і огрудкуванням; 5 - завантаженням шихти на аглострічку; 6 - ексгаустерами й газоочищенням; засобу контролю; 7 - змісту заліза; 8 - основності; 9 - змісту вуглецю; 10 - маси; 11 - витрати; 12 - 19 - датчики контролю; 12 - рівня шихти; 13 - завантаження шихти на аглострічку; 14 - температури горна; 15 - закінченості процесу спікання; 16 - розрідження й температури газу; 17 - температури повітря; 18- температури агломерату; 19 - якості агломерату

Рисунок 2.2 - Схема повної автоматизації агломераційної фабрики

Обсяг автоматизації агломераційної фабрики встановлюється залежно від її структури й продуктивності. Для фабрик, що мають продуктивність

більше 10 млн. т агломерату в рік, необхідна повна автоматизація виробництва, 6 - 10 млн. т - комплексна автоматизація.

Повна автоматизація фабрики передбачає включення всіх відділень (приймання й складування матеріалів, усереднюючого, шихтового, підготовки палива й флюсів, спікального, - ексгаустерного, охолодження й виділення повернення) у загальну систему автоматичного управління. Агломераційна фабрика оснащується автоматизованою системою управління виробництвом АСУП і автоматизованою системою управління технологічними процесами АСУ ТП. АСУ ТП здійснює управління з операторських пунктів: прийманням, складуванням і усередненням шихтових матеріалів (якщо на аглофабриці є РУК, то він обладнається своєї АСУ ТП); ваговим дозуванням компонентів шихти; транспортуванням шихтових матеріалів і завантаженням бункерів; зволоженням шихти і її огрудкуванням; подачею шихти на агломашини; підігрівом, запалюванням і спіканням шихти; охолодженням агломерату; видаленням газів, що відходять, в ексгаустерному відділенні; відбором проб матеріалів і їхнім аналізом; контролем якості готової продукції.

АСУ ТП здійснює оперативний контроль і керування виробництвом, облік надходження й витрати шихтових матеріалів, облік виробництва агломерату, техніко-економічний аналіз результатів виробництва і його планування, вирішує завдання, пов'язані з відвантаженням продукції й бухгалтерським обліком.

При комплексній автоматизації обсяг автоматичного управління скорочується й заміняється автоматичним контролем.

АСУ ТП типової аглофабрики

Основне технологічне встаткування: агломераційні машини АКМ-312 площею спікання 312 $м^2$; стрічкові охолоджувачі агломерату; автоматичні вагові дозатори й віброживильники сипучих матеріалів; барабанні огрудкувачі й змішувачі шихти; барабанні охолоджувачі повернення; дробарки й грохоти агломерату й повернення; ексгаустери.

Основні технологічні операції: дозування компонентів шихти, змішування компонентів шихти; зволоження шихти; запалювання, комбіноване нагрівання й спікання шихти; дроблення й просівання спека; охолодження агломерату й повернення; виділення постелі з повернення. Основні виробничі операції: подача компонентів шихти в корпус шихтових бункерів і розподіл їх по бункерах; узгодження роботи агломашини й тракту дозування компонентів шихти;, розподіл шихти по бункерах агломашин; завантаження шихти й постелі в завантажувальні бункери агломашини й па палети; узгодження роботи агломашин і охолоджувачів агломерату.

Локальна автоматика містить у собі вузли автоматичного контролю й регулювання вагового дозування компонентів шихти; автоматичного включення, відключення, контролю й сигналізації подачі води в змішувачі, огрудкувачі й барабани охолодження повернення; автоматичного регулювання подачі води в огрудкувачі; автоматичного контролю, регулювання й сигналізації завантаження шихти в завантажувальні бункери й на палети агломашин; автоматичного контролю, регулювання й сигналізації запалювання й комбінованого нагрівання шихти; автоматичного контролю, регулювання й сигналізації процесів спікання шихти; автоматичного контролю, регулювання й сигналізації охолодження агломерату й повернення; автоматичного контролю виробництва агломерату і простоїв агломашин; автоматичного контролю, регулювання й сигналізації роботи ексгаустерів, газоочищень, аспераційних димососів, газозмішувальної станції й інших допоміжних об'єктів; автоматизації поточно-транспортних систем; завантаження матеріалів у бункери й контроль верхнього й нижнього рівнів у них; сигналізації роботи встаткування.

АСУ ТП аглофабрики вирішує наступні завдання:

1) складання агломераційної шихти (вагове дозування);

2) змішування й первинне зволоження шихти;

3) огрудкування та вторинне зволоження шихти;

4) запалювання й комбіноване нагрівання шихти;

5) спікання шихти;

6) охолодження агломерату та повернення;

7) підтримка необхідних запасів компонентів шихти в бункерах шихтового відділення, палива й постелі в бункерах спікального відділення;

8) узгодження роботи агломашин і трактів дозування компонентів шихти;

9) завантаження шихти в завантажувальні бункери агломашин;

10) завантаження шихти на палети агломашин;

11) узгодження роботи агломашини й охолоджувача агломерату;

12) контроль і аналіз основних показників і параметрів, що характеризують технологічні й виробничі операції, а також якісних показників сировини й стабільності його властивостей.

Кожна із цих завдань, пов'язана з певними технологічними й виробничими операціями, що має самостійне значення й забезпечує відповідний виробничий ефект, у сукупності з математичним і технічним забезпеченням представляє одну з підсистем АСУ ТП:

- автоматичного контролю запасів матеріалів у бункерах шихтового відділення (АКЗШ);

- автоматичної стабілізації заданого співвідношення компонентів у шихті й хімічному складі агломерату (АСХА);

- автоматичного керування подачею повернення в шихту (АУВ);

- автоматичного управління узгодженням роботи агломашин і тракту дозування й подачі шихти (АСР);

- автоматичного управління зволоженням шихти (АУУВ);

- автоматичного управління завантаженням шихти на агломашину (АЗШ);

- автоматичного управління запалюванням і комбінованим нагріванням шихти (АУЗНШ);

- автоматичного контролю закінченості процесу спікання (АКЗС);

- автоматичного управління процесом спікання шихти (АУС);

- автоматичного управління охолодженням спека (АУОС);

- автоматичного контролю результатів технологічного процесу (АКРП);

- автоматичного аналізу результатів технологічного процесу (АРП).

Підсистеми утворять три рівні управління (ієрархічна система): рівень локальної автоматики; рівень управління технологічними й виробничими операціями; рівень оперативного контролю й аналізу виробництва.

Контроль верхнього й нижнього рівнів матеріалів у бункерах здійснюється за допомогою контактних датчиків електропровідності. Запас перевелися в бункерах контролюється шляхом підвіски бункерів перевелися на тензодатчиках. Використаний також принцип обчислення інтегральної різниці між надходженням і видачею матеріалів з бункерів.

Інформація про запаси в бункерах призначена для використання при керуванні подачею матеріалів у корпус шихтових бункерів і спікальне відділення зі складів сировини й палива, для розподілу матеріалів по бункерах, для включення й вимикання дозаторів.

2.2 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 погрішностей, а також іншими властивостями, що впливають на точність виміру.

Якісне ведення технологічного процесу є однієї 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

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 аглострічки	0-2 м/хв	0.5 %
Кількість шихти в приймальному бункері	8-18 $м^3$	0.5 м3
Витрата води в барабан - огрудковувач	8$м^3$/час	1%
Ступінь огрудкування шихти	8.5±0.8%	1%
Висота шару шихти на аглостічці	350 мм	1%
Рівень шихти у проміжному бункері	0-100%	1%
Температура в запальному горні	800-1500 °С	0.5 %
Витрата природного газу в запальний горн	400 - 800 $м^3$/год	1%
Витрата повітря на запальне горно	4500 - 14000 $м^3$/год	1%
Витрата води в барабан охолодження повернення	2-4$м^3$/год	3%

Швидкість аглострічки	0-2 м/хв	0.5 %
Температура димових газів перед эксгаузером	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
Тиск газу перед пальником	12.5 кПа	1%
Тиск газу перед дроселем	15кПа	1%
Тиск повітря перед пальником	4.5 кПа	1%
Тиск повітря перед дроселем	5кПа	1%
Тиск газу після дроселя	12.5 кПа	1%
Тиск повітря після дроселя	4.5 кПа	1%
Тиск води перед горном	0.8 МПа	1%
Тиск води перед огрудковувачем	0.8 МПа	1%

2.3 Технічне завдання для створення АСУ ТП агломераційного виробництва

Автоматизація управління процесами в спікальному відділенні полягає в автоматичній підтримці висоти шару аглошихти, що завантажує на машину, автоматичному регулюванні рівня шихти в проміжному бункері над агломашиною, контролі й автоматичному регулюванні вологості шихти, автоматичному управління процесом запалювання шихти й регулюванні закінченості процесу спікання наприкінці активної ділянки аглосрічки. Окремий вузол управління становлять механізми охолодження й дозування повернення.

АСУ ТП агломераційного виробництва повинна забезпечувати автоматичне вимірювання та регулювання наступних параметрів:

- прийманням, складуванням і усередненням;
- ваговим дозуванням;
- конвеєрними трактами й завантаженням у бункери;

- зволоженням і огрудкуванням;

- завантаженням шихти на аглострічку;

- ексгаустерами й газоочищенням; засобу контролю;

- змісту заліза;

- основності;

- змісту вуглецю;

- маси;

- витрати;

- рівня шихти;

- завантаження шихти на аглострічку;

- температури горна;

- закінченості процесу спікання;

- розрідження й температури газу;

- температури повітря;

- температури агломерату;

- якості агломерату.

АСУ ТП аглофабрики вирішує наступні завдання:

1) складання агломераційної шихти (вагове дозування);

2) змішування й первинне зволоження шихти;

3) огрудкування та вторинне зволоження шихти;

4) запалювання та комбіноване нагрівання шихти;

5) спікання шихти;

6) охолодження агломерату й повернення;

7) підтримка необхідних запасів компонентів шихти в бункерах шихтового відділення, палива й постелі в бункерах спікального відділення;

8) узгодження роботи агломашин і трактів дозування компонентів шихти;

9) завантаження шихти в завантажувальні бункери агломашин;

10) завантаження шихти на палети агломашин;

11) узгодження роботи агломашини й охолоджувача агломерату;

12) контроль і аналіз основних показників і параметрів, що характеризують технологічні й виробничі операції, а також якісних показників сировини й стабільності його властивостей.

2.4 Висновки до розділу 2

У даному розділі кваліфікаційній роботі магістра розроблені: функціональна схема керування й контролю агломашини та принципова електрична схема регулювання.

3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

3.1 Аналіз існуючих систем автоматизації

Агломераційне виробництво має більш ніж 150-річну історію. Вони пережили декілька технічних революцій, внаслідок чого освоєно масове виробництво агломерату високої якості.

В Україні існують умови, що дозволяють експлуатувати спікальні горни. Ось основні з них:

- можливість використання будь-якого виду шихти, що переробляється;
- високий ККД від прямого застосування всіх джерел енергії (75-80 %);
- сприйнятливість до сучасних металургійних технологій;
- високий ступінь і подальший потенціал утилізації тепла;
- можливість застосування всіх сучасних вогнетривких технологій і матеріалів;
- низький рівень шуму;
- можливість впровадження всіх типів сучасних технологій по зниженню викидів шкідливих речовин в атмосферу;
- великий потенціал впровадження процесів автоматизації і контролю технологічного процесу.

Не менш важливим доводом на користь продовження експлуатації спікального горна є і те, що заміна їх іншими вимагає великих коштів. Тому ця робота повинна вестися планомірно з урахуванням фінансових можливостей підприємств.

В порівнянні з іншими методами продуктивність агломераційного виробництва продовжує залишатися порівняно низькою. Крім того, не вирішено питання автоматизації процесу і його регулювання в суворо заданих часових рамках. Очевидне одне, що за умови збереження в експлуатації, спікального горна необхідні реалізації на них сучасних технологій і вогнетривких матеріалів.

Нові технології і вогнетривкі матеріали концерну RHI Refractories AG і фірми TECHCOM Import Export GMBH, захищені рядом інтернаціональних патентів в області вдосконалення процесу спікання агломерату в спікальному горні і дозволені до впровадження "Федеральним гірським і промисловим наглядом Росії", істотно підвищили ефективність спікальних горнів на 8 металургійних заводах Росії, України і Латвії.

У зв'язку з цим в аглоцеху ВАТ "ДМЗ" спільно з фірмою TECHCOM (Німеччина), упроваджена нова технологія кладки куполу спікального горна, так звана технологія "VVS". Згідно контракту і рекомендацій фахівців фірми TECHCOM впровадження і освоєння цієї технології повинні забезпечити: зменшення тривалості спікання до 5%; збільшення середньої маси агломерату до 2%; зниження витрати палива до 10%; виключення простоїв печі на підвалювання подини в міжремонтні періоди; зниження витрати вогнетривких порошків (магнезиту).

Окрім збільшення продуктивності виробництва агломерату спостерігається зменшення витрати умовного палива.

Способи опалювання спікального горна

Відомий спосіб опалювання спікального горна полягає в тому, що паливо подають двома потоками: центральний потік направляють під кутом до поверхні агломерату, а його корінь виносять в бік на 0,5-0,9 ширини вертикального каналу, бокові потоки розміщують на рівні внутрішньої поверхні торцевої стінки головки печі над центральним потоком, а паливо перерозподіляють між цими потоками.

Недоліком способу є нерівномірний розподіл палива в нагрітому повітрі, чим обумовлена низька температура в печі підвищена питома витрата палива. Паливо попадає в розплав, внаслідок чого знижується якість агломерату.

В зв'язку з цим було винайдено спосіб опалювання спікального горна, який включає подачу в полум'яне вікно печі нагрітого повітря і струменя палива з газу та мазуту, поєднаних між собою по інтенсивності закручування,

що складає W/U=0,6-2 для газу і W/U=0,4-0,8 для мазуту, де W обертальна, а U - осьова швидкості, який відрізняється тим, що витрата нагрітого повітря в нижню половину струменя палива в 1,1-1,3 рази більша, ніж в верхню половину струменя.

Даний спосіб захищено патентом України UA №74657 C2 від 2006-го року.

Завданням винаходу є удосконалення відомого способу з метою зменшення втрат енергоносіїв на опалювання печі та покращання якості спікального горна.

Причинно-наслідковий зв'язок між поставленим завданням та його вирішенням полягає в наступному.

Максимальна калориметрична температура при згорянні палива досягається при коефіцієнті витрати повітря близькому до одиниці. Наприклад, при спалюванні природного газу в нагрітому до 800 °С повітрі температура згоряння 2560 °С. При цьому досягається максимальний об’єм продуктів згоряння і їх швидкість над ванною розплаву та створюються найбільш сприятливі умови плавлення. Але внаслідок повного вигоряння кисню з нагрітого повітря залізо на поверхні розплаву може окислюватися тільки за рахунок CO_2 і H_2O з утворенням горючих газів. З розплаву також буде видалятися горючий газ СО.

Спалювання природного газу з нагрітим повітрям при коефіцієнті витрати, наприклад, 1,2 обумовлює зменшення температури згоряння до 2345°С. При цьому надлишок кисню втрачається на окислення заліза і вуглецю та згоряння СО. При витраті нагрітого повітря в нижню половину струменя палива більший в 1,1-1,3 рази чим до верхньої половини забезпечується окислення вуглецю в розплаві та його догоряння.

3.2 Обґрунтування структури системи 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 та управління, завдяки якій установлюються канали адміністративного, технічного й оперативного управління, установлюються 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 суміжної ЕОМ, що розташована

на пості управління на виході з агрегату й вирішує завдання збору й обробки накопичується інформації, що, здійснює зв'язок з вищестоящої АСУ, робить розрахунок змінного й добового завдання, веде виробничий протокол, реєструє простої горна, фіксують підсумки роботи агрегату за зміну.

Опис процедур збору, обробки та використання інформації. Основні технологічні параметри роботи горна - це температура, тиск, витрата. Ці параметри виміряються 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 сигнали: температура в горні, витрата газів, розрідження під аглострічкою. 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 уводить 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 і 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 вищестоящу ЕОМ посилають результати спікання, дані про роботу й простій агрегату, дані про витрату енергоносіїв, різні протоколи. Цей зв'язок підтримується за допомогою Industrial Ethernet.

3.2.1 Обґрунтування структурної схеми ПТК СА

АСУ ТП має чьотирирьохрівневу структуру й виглядає в такий спосіб:

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 роботові підсистем автоматизації.

Рівень оперативного контролю й управління.

Подань автоматизованим робочим місцем (АРМ) агломератчіка, що здійснює контроль і управління основними технологічними й виробничими операціями в агломераційному відділенні.

Рівень диспетчерського контролю.

Поєднує АРМ диспетчера та АРМ начальника цеху.

Структура КТЗ наведена в додатку А.

3.3 Вибір технічних засобів

3.3.1 Первинні перетворювачі й вторинні прилади

Перетворювачі термоелектричні ТХА – 001 обрані за ряд технологічних характеристик, відповідних до наявних параметрів:

- межі виміру 0 +1100 ^{0}C.
- показник теплової інерції не більш 20 сек.
- ступінь захисту IP 54.
- міжповірочний інтервал 1 рік.
- довжина монтажної частини 3150 мм.
- наявність захисної гільзи зі сталі 08Х20Н14С2.

Датчик тиску типу ДДМ – 0,25 ДІВ призначений для перетворення надлишкового тиску й розрідження (ДДМ-ДІВ) газу в стандартний струмовий сигнал (4-20) мА або (0-5) мА.

- граничні значення вихідного сигналу постійного струму: мА 4 – 20 (код 05), мА 0 – 5.
- напруга живлення датчика, постійний струм, В (24 – 36)±1 змінний струм, В 24 ± 3.
- навантажувальний опір датчика повинний бути в межах:

датчик с вихідним сигналом 4-20 мА: - при живленні від джерела постійного струму напругою =36 В, Ом від 0 до 1000 при живленні від джерела постійного струму напругою =24 В або змінного струму напругою 24 В (трансформатор), Ом від 0 до 500.

- межа основної погрішності, що допускається, датчика, виражений в % від діапазону виміру вихідного сигналу, не перевищує ±1.
- варіація вихідного сигналу не перевищує половини абсолютного значення межі, що допускається основної погрішності.

- додаткова температурна погрішність на кожні 10°С температури в межах робочого діапазону % не більш ±0.5.

- споживана датчиком потужність, ВА не більш 1,5.

- кліматичне виконання УХЛ для категорії розміщення 3.1 за ДСТ 15150-69, але для роботи при температурі від 5°С до 50°С.

- за стійквстю до механічних впливів датчик ставиться до групи N3 за ДСТ 12997-84.

- ступінь захисту за ДСТ 14254-80 IP54.

- наробіток на відмову, годин 80000.

- маса, кг не більш 0,8.

- габаритні розміри, мм: висота х ширина х товщина 108х93х41.

Таблиця 3.1 - Таблиця перемикання діапазону виміру

	Діапазон, КПа	1	2	3	4	8
ДД М-0,25 ДІВ	±0,25	ON	OFF	OFF	OFF	OFF
	±0,125	OFF	ON	OFF	OFF	OFF
	±0,08	OFF	0FF	ON	OFF	OFF
	±0,05	OFF	OFF	OFF	ON	OFF

Перетворювачі витрати газу вихрові ИРВИС- ДО-300 призначені для перетворення об'ємної витрати неагресивних горючих і інертних газів в електричний сигнал у складі вузлів комерційного й технологічного обліку в установках комунальних і промислових підприємств при вимірі обсягу неагресивних горючих і інертних газів, наведеного до нормальних умов за ДСТ 2939-63 "Гази. Умови для визначення обсягу". Перетворювач витрати газу вихровий ИРВИС- ДО-300 (далі – ИРВИС- ДО-300) складається з первинного перетворювача витрати (далі - ПП), блоку інтерфейсу й живлення (далі -БІП) і сполучного кабелю (далі - СК). До складу ПП входять:

- перетворювач об'ємної витрати вихровий (ВПР);

- блок попереднього посилення й обробки сигналу (БПУ).

ВПР являє собою тіло обтікання із вбудованим у нього чутливим елементом термоанемометра.

БПУ являє собою електронний пристрій, який реєструє частоту вихроутворення, обробляє її й формує вихідний частотний сигнал.

До складу БІП входять:

- джерело живлення (ІП);

- бар'єр іскрозахисту (БІЗ).

ІП і БІЗ забезпечують живляча напруга БЖУ по искробезопасной ланцюги. На виході БІП формується частотний вихідний сигнал, пропорційний об'ємній витраті газу в діапазоні частот від 0 до 1000 Гц (або по ТЗ Замовника). У складі ИРВИС- ДО-300 може бути застосований лічильник інтегрування обсягу газу, а також індикатор поточних параметрів. У складі ИРВИС- ДО-300 може бути застосований перетворювач частота/струм ИТ-1 для формування аналогових струмових сигналів за ДСТ 26.011-80 з діапазоном від 0 до 5 або від 4 до 20 мА.

По спеціальнім замовленню передача значень параметрів газу може бути здійснена по пристрою стандартного цифрового інтерфейсу.

СК забезпечує подачу живлячого напруги БПУ й передачу сигналу в БІП. Принцип дії ИРВИС- ДО-300 заснований на ефекті формування в сліді за тілом обтікання ланцюжка вихрів (вихрової доріжки Кармана), частота проходження яких у широкому діапазоні швидкостей пропорційна об'ємній витраті середовища. Фіксація частоти зриву вихрів проводиться чутливим елементом термоанемометра, розташованим у каналі перетікання тіла обтікання. При цьому безрозмірна частота формування вихрів (число Sh) залежить тільки від співвідношення інерційних і грузлих сил при обтіканні тіла (числа Рейнольдса Re).

Співвідношення між цими двома числами гідродинамічної подоби є універсальним для різних середовищ і їх параметрів. Градуювальна залежність ИРВИС- ДО-300, отримана в результаті звірення зі зразковим

витратоміром, дозволяє по частоті вихідного сигналу визначати значення об'ємної витрати середовища.

Параметри робочого газу:

- абсолютний тиск від 0,05 до 1,7 МПа;
- температура від мінус 40 ^{0}С до плюс 50 ^{0}С.

Умови експлуатації

Первинний перетворювач (ПП):

- температура від мінус 40 ^{0}С до плюс 50 ^{0}С;
- вологість (95% ± 3%) при температурі плюс 35 ^{0}С;
- барометричний тиск від 84 до 106,7.

Блок інтерфейсу й живлення (БІЖ):

- температура від мінус 10 ^{0}С до плюс 50 ^{0}С;
- вологість (95% ± 3%) при температурі плюс 35 ^{0}С;
- барометричний тиск: від 84 до 106,7.

Параметри електричного живлення:

Змінного струму

- напруга живлення 220 В;
- частота (50±1)Гц.

Постійного струму:

- напруга живлення 12 В;

Споживана потужність, не більш 7 Вт.

Універсальний багатофункціональний двоканальний індикатор-регулятор призначений для виміру, контролю й автоматичного регулювання двох вхідні технологічні параметрів (температура, тиск, витрата, рівень і інших фізичних величин), значення яких може бути перетворене в уніфікований сигнал. Забезпечує керування двопозиційним і трипозиційним навантаженням і виконавчими механізмами.

ІТМ-20 відрізняється від ІТМ-22 виконанням лицьової панелі - відсутністю лінійних (шкальних) індикаторів.

Область застосування:

Індикатор - індикація двох параметрів з вихідними уставками сигналізації меж мінімуму й максимуму. Двопозиційне й трипозиційне регулювання температури, тиску, витрати, рівня й інших величин, фізичне значення яких може бути перетворене в уніфікований сигнал. Системи промислової автоматики системи цифрової й лінійної індикації технологічних параметрів.

Вилучені пристрої зв'язку з об'єктом з індикацією. Територіально розподілені й локальні системи керування. Вилучений збір даних, диспетчерський контроль, керування виробництвом.

Функціональні можливості:

Підключення до приладу джерел уніфікованих сигналів. Індикація параметрів у технологічних одиницях. Цифрове калібрування початку шкали й діапазону виміру. Завдання й сигналізація відхилення від уставок мінімум і максимум. Тип технологічної сигналізації: без запам'ятовування спрацьовування із запам'ятовуванням і квитуванням. Вхідний цифровий фільтр аналогових входів. Добування квадратного кореня (вимір витрати по перепаду тиску). Лінеаризація вхідного сигналу (по 16 точках). Чотири вільно-програмувальні дискретні виходи. Програмувальна логіка роботи вихідних пристроїв: більше MAX, менше MIN, у зоні MIN-MAX, поза зоною MIN-MAX з гістерезисом (відносно уставок MIN-MAX відповідного дискретного виходу) і узагальнена сигналізація. Збереження параметрів при відключенні живлення. Захист від несанкціонованої зміни параметрів.

Гальванічно розділений інтерфейс RS-485, протокол Modbus (збір інформації, конфігурація). Кількість приладів у мережі RS-485: до 255.

Технічні характеристики:

Кількість каналів виміру: 2. Гальванічна ізоляція: трирівнева (по входу, виході, живленні). Період виміру: 0,5 сек. Вхідні сигнали: 0-5мА (Rвх=400 Ом), 0(4)-20 мА (Rвх=100 Ом), 0-10В (Rвх>50кому). Основна наведена погрішність виміру: ±0,2%. Розв'язна здатність цифрової індикації:

±0,01%. Кількість розрядів цифрового індикатору: 4 (на кожний канал). Висота цифр світлодіодних індикаторів: 10 мм. 4 дискретних виходу: транзистор ОК 40В 100мА або реле 220В 8А (залежно від замовлення клемно-блокового з'єднувача). Температура навколишнього середовища: від +5°С до +50°С. Напруга живлення: від мережі змінного струму ~(220±22)В, (50±1)Гц. Споживана потужність: не більш 8,5 Вт. Корпус (Вхшхг): щитовий 96х96х185 мм DIN43700, IP30. Монтажна глибина: 240 мм. Маса блоку: не більш 0,95 кг.

БРУ-32 призначений для перемикання ланцюгів керування виконавчими пристроями, індикації положень ланцюгів керування в АСУ ТП.

Виконувані функції:

- ручне перемикання з автоматичного режиму керування на ручний і назад;

- керування виконавчими механізмами за допомогою кнопок "більше-менше";

- індикація положення вихідного вала виконавчого механізму за допомогою милиамперметра;

- світлова індикація режимів керування й стану ланцюгів керування.

БРУ-32 має модифіковане виконання, у якім палять із контактним рознімання замінений установленим у корпус, стандартним 25-ти контактним рознімання типу D-SUB.

Таблиця 3.2 - Вхідні сигнали стрілочного індикатору БРУ-32

Умовна позначка механізму	Межі зміни вхідного сигналу	Вхідний опір
БРУ-32-00; -01; -02; -06;	0 – 5 мА	500 Ом
БРУ-32-03; -04; -05; -08;	4 – 20 мА	200 Ом

Електричне живлення - змінний струм номінальною напругою 24В і частотою 50Гц. Споживана потужність - не більш 2,5 ВА. Маса, не більш: 0,7 кг.

Покажчик положення дистанційний ДУП-М.

Призначений для дистанційної вказівки положення вихідного вала електричного виконавчого механізму, що має реостатний або індуктивний датчик.

Технічні характеристики. Електричне живлення покажчика – однофазна мережа змінного струму з номінальною напругою 220 В, 240 В частотою 50 Гц, або 220 В частотою 60 Гц. Припустиме відхилення напруги живлення від номінального від мінус 15% до плюс 10%, частоти 2%. Межі регулювання початкового й кінцевого положення стрілки покажчика не менш половини шкали для обох положень, як для реостатного, так і для індуктивного датчиків. Потужність, споживана покажчиком, не більш 5 В*А. Маса покажчика не більш 0.6 кг.

ЗСУ призначене для автоматичного й дистанційного розпалу газових і мазутних паливних пристроїв, і технологічних установок з використанням паливних пристроїв, для контролю наявності полум'я власної й основний пальників і передачі інформації про їхній стан у системи керування, технологічних захистів, блокувань і сигналізації. ЗСУ працює на природному газі ДЕРЖСТАНДАРТ 5542-87 і пропан-бутанової суміші.

Запальний пальник інжекційний ЗГІ. Запальник являє собою інжекційний пальник з іонізаційним датчиком і високовольтної свічі запалювання. Складається зі стовбура запального пальника зі штуцером для підведення газу й камери змішувальної, центрального (високовольтного) електрода, стабілізатора полум'я, контрольного електрода (іонізаційний датчик).

Принцип роботи запальника: при відкритті електромагнітного клапана газ, очищений від механічних домішок, минає із сопла ежектора, змішується в змішувальній камері з повітрям, що надходять із вікон змішувальної камери й заслінки повітряної й надходить у корпус. Під дією надлишкового тиску в корпусі запальника газо-повітряна суміш випливає із запальника у вигляді

тонкого кільцевого струменя через щілинний зазор між стабілізатором і корпусом. При подачі високої напруги від джерела високої напруги ДВН на електрод свічі запалювання газо-повітряна суміш запалюється за торцем стабілізатора й підпалює надлишкову частину газу, що відбирається на вході в ежектор і вступника в зону горіння по трубці іонізаційного датчика, збільшуючи довжину й стійкість факела.

Кількість повітря, що надходить в ежектор, регулюється за допомогою повітряної заслінки. Наявність власного факела запальника контролюється іонізаційним датчиком.

Джерело високої напруги ДВН виконано у вигляді окремого приладу блокової конструкції. Усередині корпуса кріпиться котушка високої напруги, плата з навісними елементами. Вивід високовольтного проведення здійснюється через герметичне кабельне введення, закріплений у бічній стінці корпуса. Принцип роботи електричної схеми полягає в періодичному заряді конденсаторів і розряді їх симистором на первинну обмотку високовольтного трансформатора, із вторинної обмотки якого висока напруга подається до іскрового розрядника запального пристрою.

Клапан електромагнітний типу КЕГ-15/6-0,25 складається з корпуса й електромагнітної котушки. З'єднання клапана – трубне муфтове, різьблення G1/ 2-В, знеструмлений стан - закрите. Клапан установлюється на горизонтальній ділянці трубопроводу електромагнітом вертикально, напрямок рух середовища повинне відповідати стрілці на корпусі. Для запобігання від засмічення клапана окалиною, іржею, що перебуває в трубопроводі на вході в клапан обов'язково встановлювати сітчастий фільтр газовий Dy= 15 мм.

Фотодатчик складається з металевого корпуса, прозорого для інфрачервоного випромінювання вікна захисного, фотоприймача ультрафіолетового випромінювання, фотоприймача інфрачервоного випромінювання, захисного кожуха й патрубка для подачі охолодного повітря в передню частину фотодатчика. Фотодатчик установлюється

безпосередньо на пальнику казана в спеціально передбачених посадкових місцях, при відсутності останніх, вибір місця установки визначається таким чином, щоб у поле зору не попадав факел сусідніх або зустрічних пальників або факел запальника. У процесі експлуатації обслуговуючий персонал повинен періодично очищати драгтям вікно від забруднень.

Сигналізатор горіння факела складається із пластмасового корпуса й електронної схеми підсилювача зі смугою частот 2 - 20 Гц із релейним виходом. Принцип роботи заснований на реєстрації пульсацій електропровідності факела запальника (іонізаційним датчиком) або інфрачервоного випромінювання факела основного пальника (фотодатчиком). На передній панелі розташовані індикатори наявності живлення МЕРЕЖА, горіння ФАКЕЛ і регулятор посилення НАСТРОЮВАННЯ.

Робота ЗСУ відбувається в такий спосіб.

При подачі живлення (220В) на електромагнітний клапан і джерело високої напруги ДВН, з'єднаного із запальником високовольтним проведенням - електромагнітний клапан відкриває подачу газу на запальник, а ДВН подає висока напруга на центральний електрод запальника, в іскровому проміжку з'являється іскра, яка розпалює газо-повітряну суміш. Наявність (відсутність) факела запальника фіксується іонізаційним датчиком запальника, сигнал від датчиків передається на сигналізатор горіння ПРОМІНЬ-1АМ, на виході якого з'являється вихідний релейний сигнал. Після розжига запальника проводиться розжиг основного пальника. Контроль над наявністю (відсутністю) факела основного пальника здійснюється фотодатчиком і сигналізатором горіння ПРОМІНЬ-1АМ.

Послідовність і порядок роботи ЗСУ відповідно типової схеми керування розпалом і контролю факела запальника приладом ПРОМІНЬ-1АМ наступна. Після підготовки горна до розпалювання й завершення вентиляції топлення дозволяється подача живлення в схему керування ЗСУ. Тумблер SA1 СТОП / РОБОТА встановлюється в замкнене положення

РОБОТА. При натисканні кнопки SB1 ПУСК відкривається електромагнітний клапан і подається газ на запальник. Одночасно через замкнуті-нормально-замкнені контакти ДО1-2 реле ДО1 включається джерело високої напруги й від іскрового розряду запалюється повітряна-газо-повітряна суміш.

Сигнали, що відповідають пульсації електропровідності факела через електрод іонізаційного датчика надходять на вхід сигналізатора ПРОМІНЬ-1АМ, включається зовнішнє проміжне реле ДО1, при цьому розмикаються контакти ДО1-2 і відключається джерело високої напруги. Одночасно замикаються контакти ДО1-1 і забезпечується проходження струму на електромагнітний клапан після відпускання кнопки SB1 ПУСК. Сигнал наявності факела запальника видається замиканням контактів ДО1-3 у схему керування розпалом пальника. При загасанні факела запальника сигналізатором ПРОМІНЬ-1АМ знеструмлюється реле ДО1, розмикаються контакти ДО1-1, закривається електромагнітний клапан газу на запальник, а також знімається сигнал наявності факела розмиканням контактів ДО1-3. Примусове відключення запальника проводитися перекладом тумблера SA1 у положення СТОП - при цьому припиняється подача газу на запальник. При дистанційному розжиге запальника вихідне положення тумблерів: SA1 - РОБОТА (замкнуть), SA2 - СТОП (розімкнуть). Розпалювання здійснюється перекладом тумблера SA2 у положення РОБОТА й натисканням кнопки SB2 ПУСК.

Вимірювальні перетворювачі Пнт-А-Pro монтуються в стандартну головку датчиків температури – термопар і термоопору. Призначені для генерації уніфікованого сигналу постійного струму 4..20мА, що лінійно залежить від температури. При цьому для виміру температури можна підключати будь-який вимірювальний прилад, що підтримує уніфікований струмовий сигнал.

При використанні такого сигналу підвищується завадостійкість. А у випадку термопар - забезпечується компенсація впливу "холодного спаю" і

знижується вартість монтажу, тому що відпадає необхідність у використанні дорогого термокомпенсаційного проведення.

Вимірювані середовища:

- нафтопродукти, луги, кислоти,
- розчинники, водяні розчини,
- алкогольні напої;
- суспензії, глина, вапна, руди та паперова пульпа;
- гранульовані матеріали від руди до пластикових гранул, дрібнодисперсійні порошкові матеріали, цемент та ін.

Діапазон вимірів від 0 до 50 м

Вихідні сигнали: 4- 20 ма із цифровим сигналом на базі HART-протоколу або Foundationтм Fieldbus.

Наявність вибухозахищеного виконання, міжповіряльний інтервал - 1 рік, внесені в Держреєстру засобів вимірів під № 25548-08, сертифікат №32795.

Радарні рівнеміри **Rosemount** серії 5600 - інтелектуальні прилади для безконтактних вимірів рівня різних продуктів у резервуарах і ємностях будь-якого типу й розмірів. Рекомендуються для технологічного обліку продуктів з погрішністю вимірів рівня ±5 мм. Рівнеміри серії 5600 дозволяють здійснювати успішні виміри як у простих, так і складних умовах технологічного процесу. Завдяки високій чутливості радарні рівнеміри серії 5600 можуть застосовуватися для вимірів рівня продуктів з малою діелектричною проникністю, працювати в широкому діапазоні значень температур і тисків, мають високу гнучкість вимірів завдяки широкому вибору змінних антен і матеріалів, прості в обслуговуванні й керуванні, що в сукупності знижує витрати на обслуговування й володіння ними в цілому.

Радарний рівнемір Rosemount серії 5600 являє собою складний інтелектуальний прилад нового покоління, призначений для безконтактних вимірів рівня різних середовищ у резервуарах будь-якого типу. Рекомендується для вимірів рівня сирої нафти, нафтопродуктів і інших

матеріалів і продуктів: рідких, сипучих. Рівнемір може використовуватися як автономно, так і в складі різних автоматизованих систем керування. Повна відповідність рівнеміра стандарту HART дозволяє вільно конфігурувати його й здійснювати моніторинг обмірюваних величин за допомогою портативного комунікатора або персонального комп'ютера залежно від вимог до системи вимірів. Додатково рівнемір може комплектуватися зручної в експлуатації дисплейною панеллю, що дозволяє звістки оперативний моніторинг вимірюваних і величин, що обчислюються, виконувати основні функції конфігурування й, крім того, що забезпечує додаткову можливість підключення датчиків температури. Завдяки високій чутливості й унікальній здатності обробки сигналу рівнеміри серії 5600 застосовуються в різних умовах технологічних процесів. Широкий вибір джерел харчування постійний або змінний токи підвищує його універсальність при підключенні до електричної мережі. Рівнемір сполучимо з польовою шиною FOUNDATIONTM Fieldbus, підтримує цифрову архітектуру PlantWeb і має аналоговий сигнал 4- 20 м з накладеним цифровим сигналом HART, що дозволяє вбудовувати його в системи АСУТП будь-якої складності.

3.3.2 Промисловий контролер

ТРМ12 Вимірник ПИД-регулятор мікропроцесорний, одно канальний.

Прилад має поліпшені характеристики:

- висока завадостійкість до електромагнітних впливів;
- збільшений строк гарантії, гарантійний строк обслуговування становить 5 років;
- підвищення універсальності приладу, що дозволяє більш гнучко використовувати прилади й зменшити їхню номенклатуру за рахунок використання:
  - універсального входу;
  - вбудованого джерела напруги 24 В для живлення активних датчиків;
  - використання вдосконаленої математичної моделі ПІД-регулятора;

- автонастроювання для систем з виконавчими механізмами;
- 3-х позиційний (засувка з керуванням "більше/менше").

Прилади випускаються класу точності 0,25; 0,5. Клас точності залежить від типу зовнішнього датчика, що підключається

Прилад виготовляється в різних модифікаціях, що відрізняються друг від друга конструктивним виконанням і типом убудованих вихідних пристроїв.

Одноканальний ПІД-регулятор мікропроцесорний ТРМ12 разом з первинним перетворювачем (датчиком) призначений для виміру й регулювання температури й інших фізичних параметрів, значення яких зовнішнім датчиком може бути перетворене в сигнали постійного струму або напруги.

Прилад може використовуватися для виміру й регулювання технологічних параметрів у різних галузях промисловості, у тому числі підконтрольних Держнагляду, а також комунального й сільського господарства.

Прилад дозволяє здійснювати наступні функції:

- вимір температури або інших фізичних величин (тиску, вологості, витрати, рівня й т.п.) в одній крапці за допомогою стандартного датчика, що підключається до універсального входу приладу;
- відображення поточного виміру на убудованому світлодіодному цифровому індикаторі;
- керування електроприводом запірно-регулюючі (КЗР) або триходового клапана без обліку його положення, а також системою " нагрівач-холодильник";
- регулювання вимірюваної величини по пропорційно-інтегрально-диференціальному (ПИД) законі в системі " нагрівач-холодильник" або по пропорційно-інтегральному (ПІ) закону для КЗР;
- автоматичне визначення коефіцієнтів ПІД-регулятора (автонастроювання).

ТРМ212 вимірник ПІД-регулятор багатоканальний

Вимірники-Регулятори мікропроцесорні ТРМ212 призначені для виміру й автоматичного регулювання температури (при використанні як первинні перетворювачі ТС або термоелектричних перетворювачів), а також інших фізичних параметрів, значення яких первинними перетворювачами (далі - "датчиками") може бути перетворене в уніфікований сигнал постійного струму або напруги. Інформація про кожне з обмірюваних фізичних параметрів відображається в цифровому виді на убудованому чотирьохрозрядному ЦІ.

Прилади можуть бути використані для виміру й регулювання технологічних параметрів у різних галузях промисловості, у тому числі підконтрольних комунального й сільського господарства.

Прилад дозволяє здійснювати наступні функції:

- вимір температури й інших фізичних величин (тиску, вологості, витрати, рівня й т.п.) у двох різних крапках за допомогою датчиків;
- обчислення квадратного кореня з вимірюваної величини при роботі з датчиками, що мають уніфікований вихідний сигнал струму або напруги;
- обчислення різниці, суми, відношення й кореня з різниці двох вимірюваних величин;
- ПІД-регулювання обмірюваної або обчисленої величини в системі із запірно-регулюючим (КЗР) або триходовим клапаном в автоматичному, ручному й дистанційному режимах;
- корекцію уставки регулятора залежно від зовнішнього параметра;
- автонастройка ПІД-регулятора на об'єкті;
- дистанційне керування запуском і зупинкою регулювання;
- визначення аварійної ситуації при виникненні помилок на вході й при обриві в контурі регулювання;
- обмін даними, програмування приладу по мережі через інтерфейс RS- 485.

У процесі роботи ТРМ212 робить опитування датчиків, обчислюючи за отриманим даними поточні значення вимірюваних величин, відображає їх на ЦИ й видає відповідні сигнали на вихідні пристрої.

Прилад містить у собі:

- два універсальних входи для підключення датчиків;
- додатковий вхід для дистанційного керування процесом регулювання;
- блок обробки даних, що складає із цифрового фільтра, обчислювача, ПІД-регулятора;
- два вихідних пристрої;
- інтерфейс RS- 485;
- два ЦІ для відображення регульованої величини і її уставки.

Вимірювальний вхід

До вимірювального входу можна підключати кожної з датчиків. Для виміру температур варто використовувати ТС і термоелектричні перетворювачі (термопари). Для виміру інших фізичних параметрів можуть бути використані датчики, оснащені перетворювачами, що нормують, цих параметрів в уніфіковані сигнали постійного струму 4...20 мА, 0...20 мА, 0...5 мА або напруги мінус 50...50 мВ і 0...1 В.

Додатковий вхід

До додаткового входу приєднують ключ. Ключем здійснюється запуск і зупинка процесу регулювання.

При замиканні ключа запускається процес регулювання. При розмиканні ключа прилад припиняє процес регулювання й світиться світлодіод СТОП.

3.3.3 Виконавчі пристрої

Механізми виконавчі МЕО з номінальним моментом, що крутить, на вихідному валу 100 Нм. Призначення МЕО-100: приведення в дію і

переміщення різних регулюючих органів – шиберов, отсікачів, клапанів, кранів і т.п.

Блок ручного управління, завдання, індикації БРУ - 10 (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 - Технічні характеристики БРУ-10

Технічна характеристика	Значення
кількість каналів вимірювання	2
гальванічна ізоляція	трирівнева (по входу, виходу, живленню)
вхідні сигнали	0-5мА (Rвх=400 Ом), 0(4)-20 мА (Rвх=100 Ом), 0-10В (Rвх>50кОм)
вихідні аналогові сигнали	0-5 мА (Rн2кОм), 0-20 мА, 4-20 мА (Rн500 Ом), 0-10В (Rн>2 кОм)
максимальна погрішність установки сигналу завдання	±0,1%
основна приведена погрішність вимірювання	±0,2%
комутаційна здатність контактів реле з магнітним блокуванням: постійний струм змінний струм	 < 30 В, < 0,250 А < 220 В, < 0,100 А
температура навколишнього середовища	+5°С до +50°С
напруга живлення: від мережі змінного струму	~(220±22)В, (50±1)Гц

Призначений для використання в системах промислової автоматизації виробничих процесів в якості: багатофункціональної станції ручного управління аналоговими або імпульсними виконавчими механізмами; блоку

ручного задатчика аналогового сигналу; блоку ручного задатчика імпульсних сигналів "більше"-"менше"; цифрового індикатора двох технологічних параметрів.

Составні вузли БРУ-10:

- 2 канали вимірювання аналогових величин;
- 2 задатчика - аналоговий і імпульсний;
- панель індикації: 4-х розрядний цифровий і лінійний 21 сегментний индикатор;
- клавіші управління виконавчими механізмами, задатчикамі, програмування.

3.4 Розробка функціональної схеми автоматизації спікального горна

На підставі знань отриманих у процесі дослідження процесу спекання й проведеного аналізу існуючих систем автоматизації спекатель- ного відділення були виділені 4 основні системи автоматизації:

- Завантаження;
- Огрудкування;
- Запалювання;
- Спікання.

Кожна із цих систем є складними системами автоматизації, що включають кілька систем регулювання локальних параметрів.

3.4.1 САР рівня шихти в бункерах

Дана система регулювання є двоконтурної, каскадної.

Сигнал з датчика рівня шихти в проміжному бункері (1а) надходить на вторинний багатоканальний прилад з реєстрацією й індикацією параметрів (1г), де перетворюється в уніфікований струмовий сигнал 4- 20 мА. Далі сигнал надходить на вхід коригувального багатоканального регулятора (1д). На вхід коригувального регулятора одночасно надходять сигнали з датчиків

висоти шаруючи шихти на аглостічки (1б) і швидкості руху аглострічки (1в). Добуток сигналів цих двох датчиків пропорційно фактичної продуктивності агломашини. З огляду на дані отримані від рівнеміра й продуктивності агломашини, регулятор (1д) видає завдання стабілізуючому регулятору (1й), сигнал від якого через блок перемикання режимів роботи (1л) надходить у схему керування тарілчастого живильника приймального бункера. Також на вхід стабілізуючого регулятора надходить сигнал з датчика витрати шихти (1ж).

3.4.2 САР укладання шихти на аглострічку

Дана система є одноконтурною, з одним стабілізуючої регулятором (2б), що виробляє керуючий вплив і передає через блок перемикання режимів (2г) у схему керування барабанного живильника проміжного бункера. Датчиком є датчик висоти шаруючи шихти на аглостічки (1б), сигнал з якого надходить на одноканальний вторинний прилад з реєстрацією й індикацією (2а), де він перетвориться й в уніфікованому виді надходить на вхід регулятора.

3.4.3 САР вологості й газопроникності

Дана система є двоконтурною, каскадною.

Сигнал зі стаціонарного нейтронного вологовиміру (3а) надходить на вхід вторинного одноканального приладу з індикацією й реєстрацією (3б), після чого уніфікований струмовий сигнал 0- 5 ма надходить на вхід коригувального регулятора (3в), що виробляє завдання стабілізуючому регулятору співвідношення(3ж). Регулятор співвідношення одержує сигнали з датчиків витрати шихти (3б) і витрати води (3в), перетворені у вторинному приладі (3е), і виробляє керуючий вплив через блок перемикання режимів роботи (3з) і пускач (3і) на виконавчий механізм (3к), який змінює витрату води, подається у барабан-огрудковувач.

3.4.4 САР запалювання агломераційної шихти

Система є 3 контурною, комбінованою.

Основний контур регулювання включає датчик швидкості аглостічки (1в), датчик витрати газу (4а), сигнали з яких через 2- ух канальний реєстратор (4в) перетворившись, надходять на вхід регулятора співвідношення (4г), що через блок перемикання режимів (4е) і пускач (4з), підтримує витрата палива в горн у певнім співвідношенні зі швидкістю аглостічки, впливаючи на виконавчий механізм (4і). Другий контур автоматичного регулювання співвідношення газ/повітря включає датчики витрати газу (4а) і повітря (4н), сигнали яких, перетворившись у вторинному приладі (4о) надходять на вхід регулятора співвідношення (4п). Цей контур підтримує заданий коефіцієнт надлишку повітря, впливаючи на витрату повітря, вимірювання положення виконавчого механізму(4ф), що управляє впливом з регулятора (4п), посиленого на пускачі (4у). Завдання регулятору співвідношення (4п) виробляє коригувальний регулятор (4л), підтримуючи задане значення температури в запальному горні, вимірюваної датчиком (4й) (термопара).

3.4.5 САР спікання агломераційної шихти

Система є багатоконтурною, комбінованою.

Сигнал з датчика газопроникності шаруючи шихти, установленого в проміжному бункері (5а), і з датчиків тиску - розрядження (5б, 5в, 5г) надходять на вхід багатоканального вторинного приладу з індикацією й реєстрацією (5д), де вони перетворюються в уніфікований струмовий сигнал 4- 20 мА й надходять на вхід регулятора співвідношення (5е), що змінює розрядження в перших вакуум-камерах, виробляючи керуючий вплив у схему керування ексгаустером. Сигнали з термопар, установлених у трьох останніх вакуум-камерах (5й, 5до, 5л) ідуть на вторинний прилад (5м) і далі на регулятор співвідношення (5н), що видає керуючий вплив у схему керування ексгаутером в останніх вакуум-камерах. Ці 2 регулятори (5е, 5н) видають

завдання регулятору (5у), що порівнюючи його з показаннями датчика швидкості (1в), видає керуючий вплив у схему керування руху аглостічки.

3.4.6 САР температури шихти на охолоджувачі

Система є одноконтурною. Сигнали з пірометрів (6а, 6б) в установлених на початку й наприкінці охолоджувача надходять на вхід вторинного приладу з функціями індикації й реєстрації (6д). Далі сигнал надходить на вхід регулятора (6е), де обчислюється різниця температур. Одночасно сигнал з датчика швидкості (6в) перетворившись в уніфікований сигнал у перетворювачі (6г) також надходить на вхід вторинного приладу (6д) і потім на вхід регулятора (6е), де рівняється зі значенням різниці температур. Вони зв'язані в певній пропорційній залежності, виходячи з якого регулятор, виробить необхідний керуючий вплив через блок перемикання режимів керування (6з) на вхід схеми керування швидкістю охолоджувача.

3.5 Специфікація комплекса КТЗ

АСУ ТП має чьотирирівневу структуру та виглядає в такий спосіб:

Рівень збору/розподілу інформації містить у собі датчики, перетворювачі й КВП. Забезпечується вимір необхідних технологічних параметрів, їхнє перетворення в необхідний уніфікований сигнал.

Рівень автоматичного управління поєднує програмувальні логічні контролери, які забезпечують локальну роботові підсистем автоматизації.

Рівень оперативного контролю й управління представлений автоматизованим робочим місцем (АРМ) агломератчіка, що здійснює контроль і управління основними технологічними і виробничими операціями в агломераційному відділенні.

Рівень диспетчерського контролю поєднує АРМ диспетчера та АРМ начальника цеху.

3.6 Висновки до розділу 3

У даному кваліфікаційній роботі магістра розроблені: функціональна схема керування й контролю автоматизації спікального горна.

На підставі знань отриманих у процесі дослідження процесу спекання й проведеного аналізу існуючих систем автоматизації спекательного відділення були виділені 4 основні системи автоматизації:

- Завантаження;
- Огрудкування;
- Запалювання;
- Спікання.

Кожна із цих систем є складними системами автоматизації, що включають кілька систем регулювання локальних параметрів.

4 РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ ДЛЯ САР

4.1Розробка принципової електричної схеми

Принципова електрична схема є проектним документом, що визначають повний состав електричної частини й зв'язків між її елементами, а також дає детальна вистава про принципи роботи системи. Перелік установленого встаткування зазначений у специфікації.

Принципова схема служить підставою для розробки інших схем проекту: монтажних схем щитів і пультів, схем зовнішніх з'єднань.

Принципова електрична схема виконана стосовно до системи автоматичного регулювання температури води.

Простота й економічність спроектованої схеми забезпечується застосуванням стандартної апаратури й типових вузлів.

Принципова електрична схема забезпечує оптимальні умови роботи оперативного персоналу при керуванні й обслуговуванні водогрійного котлу в процесі роботи. Ця вимога передбачає спрощення операцій, вироблених обслуговуючим персоналом при керуванні, можливість швидкого вибору необхідного режиму роботи, перехід з автоматичного режиму на ручний і назад.

Температура гарячої води вимірюється уніфікованив термометром опору ТСП, струмовий сигнал від якого 4 – 20 мА проходить через блок живлення БЖ-10 і подається на вхід контролера. Контролер виробляє управляючий вплив залежно від відхилення контрольованого параметра. Сигнал з виходу контролера – 30 В подається на ключ вибору режиму управління ручний або автоматичний, за допомогою якого здійснюється вибір режиму регулювання – автоматичний або ручний. В автоматичному режимі роботи управління здійснюється контролером, у ручному режимі управління виконує оператор.

Складання замовленої специфікації на засоби автоматизації

Специфікація являє собою перелік матеріалів і встаткування, необхідного для технічної реалізації проекту.

У специфікації приводять відомості, необхідні для замовлення встаткування й матеріалів.

Специфікація складається при виконанні робочої документації. Вона призначаються для замовлення встаткування, кабельно-провідникової продукції й монтажних матеріалів. Складається специфікація у вигляді таблиці встановленого зразка.

Виконавчий механізм регулювального органа приводиться в рух реверсивним пускачем. Інформацію про ступінь відкриття регулювального органа показує дистанційний покажчик положення ДУП-М, що працює з реостатним датчиком виконавчого механізму.

Дроти з індексами А и N (наприклад А803 і N804) служать для підведення електроживлення до окремих елементів схеми.

4.2 Розробка схеми зовнішніх з'єднань, вибір щитів

Схема зовнішніх з'єднань виконана дотримання масштабу і являє собою комбіновану схему, на якій показані електричні й трубні з'єднання між приладами й засобами автоматизації, установленими на технологічнім устаткуванні. Схема зовнішніх з'єднань виконана для системи автоматичного регулювання температури гарячої води.

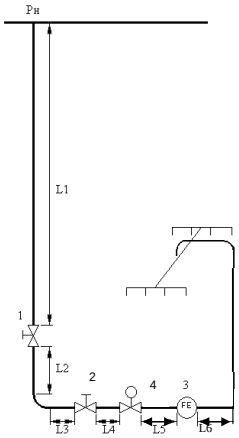
Із щита КВПіА виходять кабелі у захисній трубі довжиною 60 м, і у захисній трубі довжиною 60 м для з'єднання електричної схеми щита КВПіА із зовнішніми клемниками, розташованими безпосередньо перед виконавчим механізмом МЭО й датчиком температури. Із клемних з'єднувачів виходять кабелі МКШ 3*1 і МКЕШ 10*0,5 для приєднання електродвигуна й схеми управління виконавчого механізму відповідно.

Тому, що щит установлюється поблизу об'єкта поза приміщенням, доцільно використовувати щит шафової. Щит призначений для монтажу на

його лицьовій панелі апаратури для контролю й управління тепловим режимом печі, для захисту апаратури від механічних ушкоджень, для запобігання випадкового дотику обслуговуючого персоналу до відкритих струмоведучих частин апаратури й складанням затискачів.

Щит має наступні габаритні розміри: висота – 2200 мм, ширина лицьової панелі – 800 мм. Уся комутація зводиться до складань контактних затискачів.

4.3Розрахунок регулювального органу



1 – засувка з ручним приводом; 2 – відсічний клапан; 3 – звужуючий пристрій витратоміра; 4 – регулювальний орган; L_1 – L_6 – довжини прямих ділянок газопроводу.

Рисунок 4.1 - Схема цехового колектора

На рис 4.1 зображений паливний газопровід від цехового колектора до розподільного газового колектора перед групою пальників.

Розрахунки еквівалентного діаметра траси

Еквівалентний діаметр траси розраховується по формулі (4.1):

$$D_{ý} = \sqrt{\frac{4 \cdot .V_{max}}{Ï \cdot W_{äîï}^{max}}} \qquad (4.1)$$

де $D_э$ – еквівалентний діаметр траси, м,

Vmax – максимальна об'ємна витрата, $м^3$/год,

$W^{max}_{доп}$ – максимально припустима швидкість руху середовища, що транспортується, м/с, для змішаного газу $W^{max}_{доп} = 30$ м/с.

$$D_э = \sqrt{\frac{4 \cdot .1000}{3{,}14 \cdot 30 \cdot 3600}} = 0{,}121м .$$

Зі стандартного ряду діаметрів трубопроводу ухвалюємо $D^{cm}_{э1}$ =0,125 м.

Втрати напору на тертя

Попередньо слід вибрати формулу для розрахунків коефіцієнта втрат на тертя λ, вид якої залежить від режиму плину трас. Він визначається величиною числа Рейнольдса:

$$Rl = W*D_э/υ, \quad (4.2)$$

де υ – кінематичний коефіцієнт в'язкості, що транспортується середовища в робочих умовах [5], для змішаного газу υ = 15,37*10-6:

$$Rl = (30*0{,}125)/12{,}37*10\text{-}6 = 243982.$$

Коефіцієнт втрат на тертя для розвиненого турбулентного плину визначаємо по формулі Шифринсона:

$$λ = 0{,}11(Δ/D_э)^{0{,}25}, \quad (4.3)$$

де Δ абсолютна шорсткість внутрішньої поверхні каналу, мм:

$$λ = 0{,}11(0{,}2/125)^{0{,}25} = 0{,}022.$$

Сумарна втрата напору на тертя:

$$\sum \Delta P_{TP}^{\max} = \frac{\lambda}{D_{\acute{y}}} * \sum_{i=1}^{i=n} L_i * \frac{W_{TP}^2}{2} * \rho \ , \qquad (4.4)$$

де Li – довжини прямих ділянок траси, м;

ρ – щільність середовища, що транспортується, у робочих умовах, кг/м^3, для змішаного газу ρ = 0,71 кг/м3:

$$\sum \Delta P^{\max}_{\text{тр1}} = (0{,}022/0{,}125)*14*(302/2)*0{,}71 = 787 \text{ Па}.$$

Втрати напору на місцевих опорах:

$$\sum \Delta P_m^{\max} = \sum_{j=1}^{j=m} \xi_j * \frac{W_{TP}^2}{2} * \rho, \qquad (4.5)$$

де ξj – величини коефіцієнтів місцевих втрат.

ξj для ділянки:

- коліно при радіусі гиба r = 4*D (1 шт) – ξ = 0,25;
- засувка повністю відкрита (2 шт) – ξ = 0,57*2 = 1,14;
- звужуючий пристрій (1 шт) – ξ = 2,25;
- відсічної клапан (1 шт) – ξ = 3;
- раптовий поворот на 90° зі зміною прохідного перетину (1 шт) – ξ = =0,85.

$$\sum \Delta P^{\max}_{\text{м1}} = (0{,}25+1{,}14+2{,}25+3+0{,}85)*(302/2)*0{,}71 = 2393 \text{ Па}.$$

Геометричний напір у трасі рівний:

$$\pm \Delta P_{\text{г}} = \Delta H*(\rho^{\text{ср}} - \rho^{\text{в}}_{\text{о}}), \qquad (4.6)$$

де $\Delta P_г$ – геометричний напір у трасі, Па;

ΔH – різниця рівнів вищої й нижчої точок траси, м;

$\rho^{ср}$ – щільність середовища, що транспортується, кг/м3;

$\rho^{в}_{о}$ – щільність атмосферного повітря, кг/м3;

$\Delta P_г = 6*(0,71-1,29) = - 3,48$ Па.

Так як геометричний напір у трасі незначний, то їм можна зневажити.

Сумарна втрата напору:

$$\Delta P^{max}_{\sum} = \sum \Delta P^{max}_{тр} + \sum \Delta P^{max}_{м} . \quad (4.7)$$

$$\Delta P^{max}_{\sum} = 787+2393 = 3180 \text{ Па.}$$

Перевірка розрахунків

Визначаємо припустиму втрату напору $\Delta P^{доп}_{\sum}$ і порівнюємо з нею отриману вище розрахункову втрату напору $\Delta P^{max}_{\sum}$. Повинне виконуватися умова $\Delta P^{max}_{\sum} <= \Delta P^{доп}_{\sum}$.

$$\Delta P^{доп}_{\sum} = 0,1\ P_п \quad (4.8)$$

$$\Delta P^{доп}_{\sum} = 0,1*87055 = 8705,5 \text{ Па.}$$

$3180 < 8705,5$, що відповідає умові $\Delta P^{max}_{\sum} <= \Delta P^{доп}_{\sum}$.

Визначення тиску на вході й виході із траси.

Фактична величина максимального тиску на вході в трасу визначається з вираження (4.9):

$$P^{max}_{н} = P^{max}_{к} + \Delta P^{max}_{\sum} . \quad (4.9)$$

$$P^{max}_{н} = 78400+3180 = 81580 \text{ Па}.$$

Фактична величина максимального тиску на виході із траси $P^{max}_{к}$ визначається як різниця між максимальним початковим тиском на її вході $P^{max}_{н}$, і величиною втрат при максимальній витраті $\Delta P^{max}_{\sum}$:

$$\Delta P^{max}_{к} = P^{max}_{н} - \Delta P^{max}_{\sum}. \quad (4.10)$$

$$\Delta P^{max}_{к} = 87055 – 3180 = 83875 \text{ Па}.$$

Розрахунки регулювального органа

Перепад тиску на регулювальному органі рівний:

$$\Delta P^{max}_{ро} = P_{н} - \Delta P^{max}_{\sum}. \quad (4.11)$$

$$\Delta P^{max}_{ро} = 87055 – 3180 = 83875 \text{ Па}.$$

Питома пропускна здатність регулювального органа визначається, як:

$$C\max = \frac{V\max * \sqrt{\rho}}{31.6 * E * \sqrt{\Delta P^{\max}{}_{po}}}, \quad (4.12)$$

де Е – виправлення на розширення газу, рівна:

$$E = 1 - 0.46\frac{\Delta P^{\max}_{po}}{P_1}, \quad (4.13)$$

де P_1 – тиск перед регулювальним органом, обумовлене вираженням (4.14):

$$P_1 = P_H^{\max} - (\sum \Delta P_{TP1}^{\max} + \sum P_{M1}^{\max}). \quad (4.14)$$

$$P_1 = 87055 - 787 = 83875 \text{ Па.}$$

$$E = 1\text{-}0{,}46*(83875 / 86268) = 0{,}55.$$

$$C_{max} = \frac{625*\sqrt{0.71}}{31.6*0.55*\sqrt{0.087055}} = 99.1 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Вибираємо РО типу ЗМС – 80, розрахований на газове середовище, з питомою пропускною здатністю $З_1$ = 160, з максимальним перепадом $\Delta P_{ро}$ =0,1 МПа, з умовним діаметром D_y = 80 мм.

Визначаємо максимальний ступінь відкриття регулювального органа:

$$nmax = Cmax/C_1 \qquad (4.15)$$

$$nmax = 99.1/160 = 0.62.$$

4.4 Розрахунки зчленування регулювального органа з виконавчим механізмом

4.4.1 Побудова статичної характеристики з'єднання регулювального органа з об'єктом регулювання методом геометричного множення.

1. У першому квадранті (рисунок 4.2) будуємо безрозмірну статичну характеристику об'єкта регулювання 1, як функцію $x^{op}_{вых}=f(x^{op}_{вх})$.

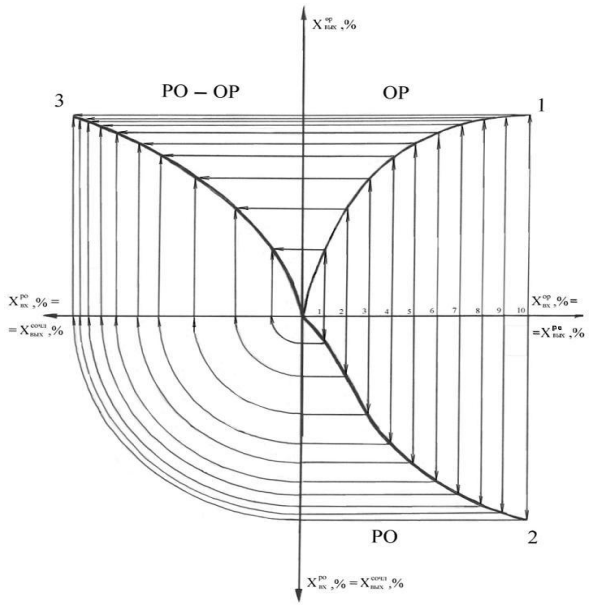


Рисунок 4.2 - Побудова статичної характеристики з'єднання регулювального органу з об'єктом регулювання

2. У четвертому квадранті будуємо безрозмірну статичну характеристику регулювального органа [5].

3. Ділимо вісь $x^{op}_{вх} = x^{po}_{вых}$ на десять рівних ділянок (по 10 %).

4. Із точок її розподілу проводимо вертикалі до перетинання їх з характеристиками об'єкта 1 і регулювального органа 2.

5. Проектуємо точки перетинання вертикалей із кривій 1 на вертикальну вісь $x^{op}_{вых}$ і із кривій 2 на вісь $x^{сочл}_{вых}$. Горизонталі з першого квадранта продовжуємо в другий, а точки перетинання горизонталей з вертикальною віссю $x^{сочл}_{вых}$ переносимо на горизонтальну вісь $x^{сочл}_{вых}$ другого квадранта.

6. У другому квадранті відновлюємо перпендикуляри із точок розподілу горизонтальної осі $x^{сочл}_{вых}$ до перетинання їх з подібними по номерах горизонталями.

7. Отримані точки перетинання 1 – 10 у другому квадранті з'єднуємо плавною лінією 3, яка є шуканою безрозмірною статичною характеристикою послідовного з'єднання РО з ОР.

4.4.2 Побудова оптимальної безрозмірної статичної характеристики зчленування виконавчого механізму з регулювальним органом.

1. Отриману в п. 4.3.1. (рисунок 4.2) статичну характеристику 3, послідовного з'єднання регулювального органа з об'єктом регулювання будуємо в першому квадранті координатної площини $x^{op}_{вых}$ - $x^{сочл}_{вых}$ (рисунок 4.3).

2. У другому квадранті будуємо бажану лінійну характеристику 4 виконавчого ланцюга по каналу $x^{им}_{вых}$ - $x^{op}_{вых}$.

3. Ділимо $x^{сочл}_{вых}$ на десять рівних інтервалів. Через точки розподілу відновлюємо перпендикуляри у квадрант 1 до перетинання їх із кривій 3 і опускаємо їх у четвертий квадрант.

4. Із точок перетинання зазначених перпендикулярів із кривій 3 проводимо горизонталі до перетинання із прямій 4 у квадранті 2.

5. Із точок їх перетинання із прямій 4 опускаємо перпендикуляри до перетинання з горизонтальною віссю $x^{сочл}_{вых}$.

6. Точки розподілу осі $x^{сочл}_{вых}$ циркулем переносимо на вертикальну вісь $x^{им}_{вых} = x^{сочл}_{вх}$ і з них проводимо горизонталі в четвертому квадранті до перетинання з вертикалями з подібними номерами.

7. Точки перетинання абсцис і ординат з рівними номерами у квадранті 4 з'єднуємо плавною лінією 5.

Отримана лінія є бажаною оптимальною статичною характеристикою зчленування виконавчого механізму з регулювальним органом лінійність, що забезпечує, статичної характеристики виконавчому ланцюга САР.

8. Викопіюмо криву 5 на окремій координатній площині $\varphi_{ÐÎ} = f(\varphi_{ÈÌ})$ (рисунок 4.4).

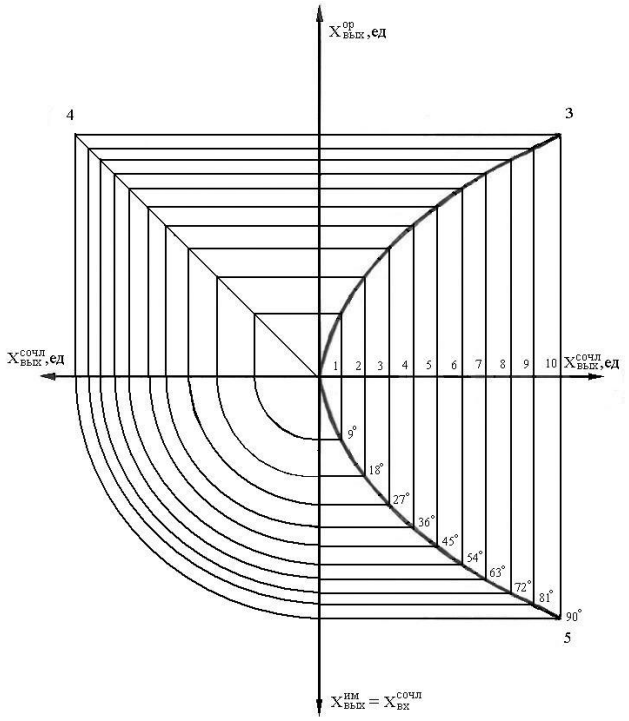


Рисунок 4.3 – Побудова бажаної оптимальної статичної характеристики зчленування виконавчого механізму з регулювальним органом

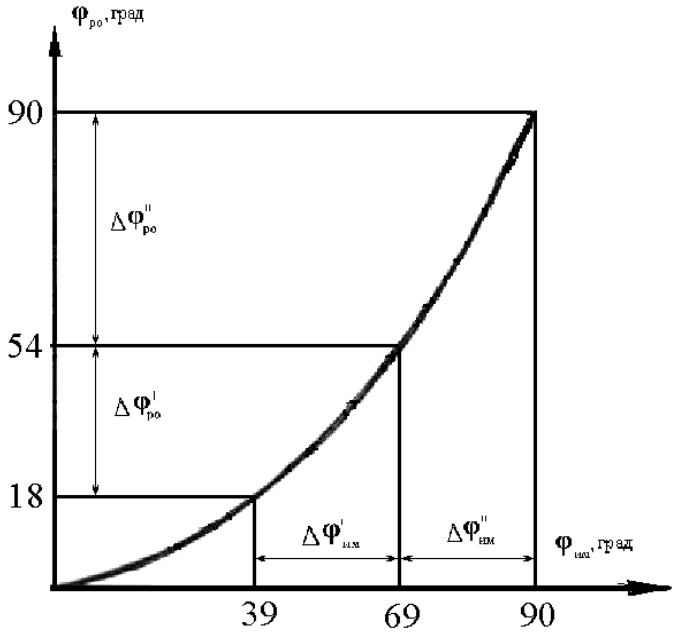


Рисунок 4.4 - Побудова оптимальної безрозмірної статичної характеристики зчленування виконавчого механізму з регулювальним органом

4.4.3 Розрахунок з'єднання регулювального органу з виконавчим механізмом

1. Виділимо на графіку $\varphi_{РО} = f(\varphi_{ИМ})$ (рисунок 4.4) три точки, які найбільше ймовірно відображають його характер.

2. Визначимо збільшення кутів повороту вихідного вала виконавчого механізму $\Delta\varphi'_{ИМ} = 30^\circ$ $\Delta\varphi''_{ИМ} = 21^\circ$ збільшення, що й відповідають їм, $\Delta\varphi'_{РО} = 36^\circ$ кутів $\Delta\varphi''_{РО} = 46^\circ$ повороту регулювального органа, .

3. Задаючи відстань AD між осями валів ЇМ і РО в масштабі 1:4, а також знаючи довжину кривошипа виконавчого механізму АВ = 200 мм, у такому ж масштабі, попередньо ухвалюємо розмір кривошипа регулювального органа – DC1.

4. Задавши початкові кути положення кривошипів у діапазоні 20 – 30° будуємо їх взаємоположення (рисунок 4.5). Будуємо нове положення кривошипів ЇМ і РО спочатку для збільшень кутів $\Delta\varphi''_{ИМ}$ і $\Delta\varphi''_{РО}$, а потім, для $\Delta\varphi'_{ИМ}$ й $\Delta\varphi'_{РО}$.

5. Оскільки положення точок $З_1$, $З_2$, $З_3$ обране довільно, але не можна сподіватися, що відстані B_1C_1, B_2C_2 і B_3C_3 однакові. Для визначення дійсного розміру кривошипа $DC_{ИСТ}$ і кута $\varphi_{РО..ИСТ}$ необхідно, використовуючи відрізки DB_2 і DB_3 як радіуси окружностей із загальним центром у точці D, побудувати частини окружностей B_2 – B'_2 і B_3 - B'_3, повертаючи за годинниковою стрілкою радіуси DB_2 і DB_3 відповідно на кути $\Delta\varphi''_{РО}$ - $\Delta\varphi'_{РО}$. У підсумку точки B_1, B'_2, B'_3 лежать на одній окружності, центр якої й визначає дійсне положення точки З, довжину кривошипа $DC_{ист}$ і початковий кут його установки $\varphi_{РО..ИСТ}$.

6. Для знаходження положення точки $С_{ист}$:

- з'єднати прямими точки B_1 і B'_2, а також B'_2 і B'_3;

- із середини отриманих хорд, що представляється окружності побудувати перпендикуляри до їхнього взаємного перетинання. Крапка перетинання і є положенням точки $C_{ист}$. Довжина $DC_{ист}$ визначає в масштабі дійсну довжину кривошита РО, а кут між $DC_{ист}$ і лінією AD рівняється дійсному початковому куту його установки $\varphi_{РО..ИСТ}$. Довжина тяги між кривошипами РО і ЇМ дорівнює довжині відрізка $B_1C_{ист}$.

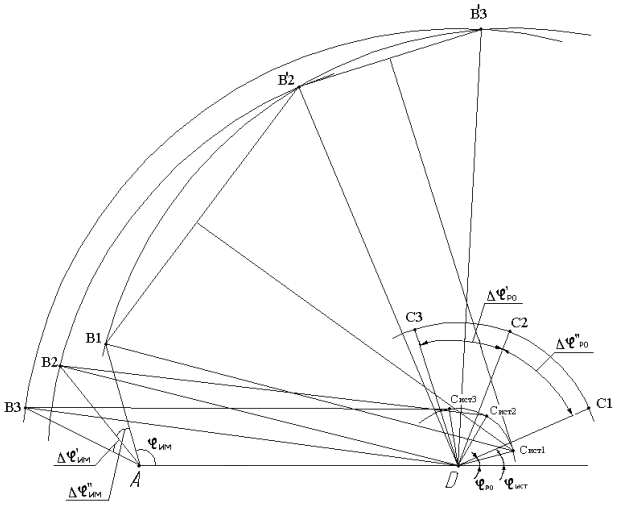


Рисунок 4.5 - з'єднання регулювального органу з виконавчим механізмом

4.5 Вибір виконавчого механізму

Для поворотних заслінок величину моменту, необхідного для їхнього обертання визначають по формулі:

$$M = k*M_т, \quad (4.16)$$

де $M_т$ – момент тертя в опорах;

k – коефіцієнт, що враховує завантаженість трубопроводу.

$$M_т = 0,785 * D^2_у*\Delta рро*r_ш*\lambda \quad (4.17)$$

де $r_ш$ – радіус шийки вала заслінки, м;

$\lambda = 0,15$ – коефіцієнт тертя в опорах.

$$M_т = 0,785*0,082*87055*0,07*0,15=0,5 \text{ Н*м},$$

$$M = 3*0,5 = 1,5 \text{ Н*м}.$$

З урахуванням зусилля необхідно для переміщення механічного з'єднання, яке складається із двох кривошипів і тяги між ними, вибираємо виконавчий механізм типу: МЭО 1,6/25 – 0,63, номінальний крутний момент на вихідному валу – 16 Н*м, номінальний час повного ходу вихідного вала – 25 з, номінальний хід вихідного вала – 0,63 оберту.

4.6 Розрахунки звужуючого пристрою

У системі автоматизованого обліку й контролю енергоресурсів повітронагрівача одним з основних ланцюгів системи обліку є контроль і реєстрація витрати газового палива. Для здійснення виміру витрати використовується стандартне звужуючий пристрій – діафрагма, у комплекті з вимірювальним перетворювачем – МЕТРАН.

При установці звужуючого пристрою, слід керуватися наступними правилами:

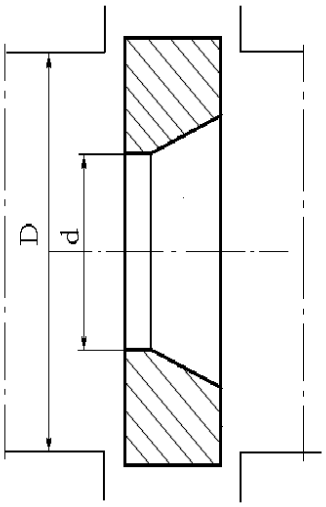
- рух потоку до й послу звужуючого пристрою повинний бути стаціонарним;

- усередині труб на прямих ділянках до й послу звужуючого пристрою не повинні накопичуватися опади у вигляді пили, піску й інших забруднень;

- потік повинен бути турбулентним і при проходженні через звужуючий пристрій середовище не повинна міняти свого фазового стану.

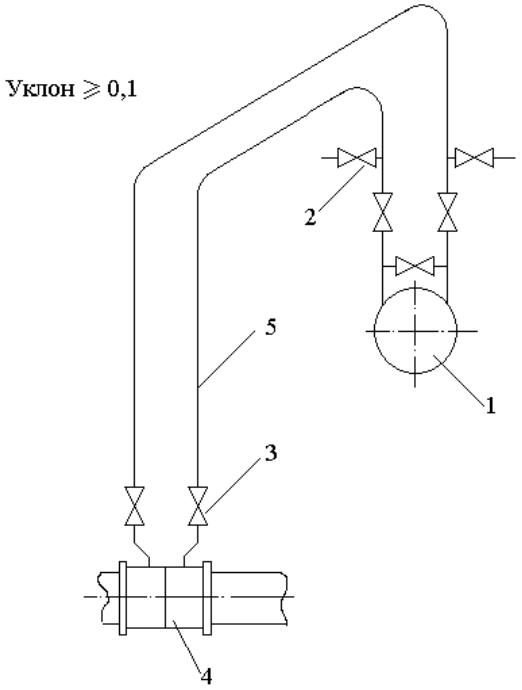
Методика розрахунків звужуючого пристрою стандартний і реалізована програмно. Розрахунки виконаний на ЕОМ по РД50 – 213 – 80. Результати

розрахунків наведені нижче. Вид і схема підключення звужуючого пристрої наведені на рисунку 4.6 і 4.7.



D – внутрішній діаметр трубопроводу, d – діаметр отвору звужуючого пристрою

Рисунок 4.6 - Стандартна діафрагма з конічним розширенням до виходу потоку.



1 – дифманометр; 2,3 – запірні вентилі; 4 – звужуючий пристрій; 5 – імпульсна труба

Рисунок 4.7 - Схема виміру витрати газу

Для розрахунків звужуючого пристрою повинні бути задані:

- максимальная величина вимірюваного витрати (Qmax=150 м³/ч);
- параметры середовища: середній надлишковий тиск (ри=100кПа), середня температура (t=20°C), щільність (ρ=1,2кг/м³), відносна вологість (φ=0,2);
- матеріал трубопроводу (Ст.20) і внутрішній діаметр (D=100мм).

При розрахунках звужуючого пристрою необхідно:

Вибрати дифманометр-витратомір;

Визначити діапазон шкали дифманонетра-витратоміра, у якім коефіцієнт витрати є постійною величиною;

Розрахувати необхідні довжини прямих ділянок трубопроводу в районі установки звужуючого пристрою;

Визначити діаметр звужуючого пристрою.

А. Звужуючий пристрій

1. Тип-Діафрагма звужуючого типу.

2. Матеріал. Ст.20

3. $Kt' = 1$

Б. Трубопровід

1. $Kt' = 1$

2. Внутрішній діаметр D=100мм.

3. Вимірюване середовище

3.1. Природний газ

3.2. Розрахункова максимальна витрата для Qn=1.25*150=187.5 м³/ч.

3.3. квадрат відносини витрат для природного газу – $n=(93.75/187.5)^2=0.25$

3.4. Середня абсолютна температура: T=20+273=293

3.5. Середній абсолютний тиск: p=1000000+101000=201000 Па.

3.6. Розрахункова припустима втрата тиску:

$Рп.буд. = Рп.буд.' (Qn/Qmax)^2=0.25*1.56=0.39$ кПа =390 кПа;

3.7. Щільність ρ=1,2кг/м³.

3.8. Показник адіабати: ϰ=1,4.

3.9. Максимальний тиск рвпм=2333 Па;

Максимальна щільність рвпм=0,1729 кг/м^3.

3.10. Відносна вологість повітря φ=0.

3.11. Коефіцієнт стискальності повітря ДО=1.

3.12. Проміжна величина для визначення щільності вологого газу в робочому стані: z=1.02·10^{-5}*118.61=120.9·10^{-5} кг/м^3.

3.13. Щільність сухої частини газу в робочому стані: $\rho_{с.г.}$=283,6*1,2*120,9·10^{-5}=41,14 кг/м^3.

3.14. Щільність вологого газу в робочому стані: $\rho_{в.г.}$=41,31 кг/м^3.

3.15. Динамічна в'язкість: μ=1.7·10^5 Па·с.

В. Дифманометр

Манометр із многовитковой трубчастою пружиною.

(манометр типу МР). Клас точності ±1,5%.

Вибір перепаду тисків і модуля звужуючого пристрою.

$$187.5*\sqrt{41.31} \qquad 1205.11$$

1. Проміжна величина:

$$C= 3.553*1002*120.9\cdot10^{-5} = \quad 429.5 \quad =2.81$$

2. Попереднє значення граничного перепаду на дифманометрі $\Delta p_п'$=28 кПа.

3. Попереднє значення модуля сужающего пристрою m'=0.05

4. Число Рейнольдса для витрати газу:

$$187.5 * 1.2 * 41.31 \qquad 9294.75$$

Розрахункове число Рейнольдса

$$Re = 0.354*(100*1.7\cdot10^5*41.14)= 69.938 =132.899\cdot10^5$$

Середнє значення числа Рейнольдса

$$Re_{ср} = 132.899\cdot10^5*(187.5) =66.4\cdot10^5$$

Мінімальне значення числа Рейнольдса

$$Remin = 132,899\cdot10^{5*}(\quad 187.5 \quad) =33.2\cdot10^5$$

5. За умовою заданий довгий трубопровід.

6. Остаточне значення граничного номінального перепаду на дифманометрі $\Delta pn=\Delta p_n'=28$

7. Максимальний перехід у сужающем пристрої $\Delta p = \Delta pn =28$ при вимірі витрати газу.

8. Значення $\Delta p_{ср}/p$ для випадків виміру витрати газу визначають із рівняння

$$\Delta p_{ср}/p =0,25*28/201\approx0,03$$

9. Попереднє значення mα' для випадків виміру витрати газу

$$m\alpha' = (3,13*2,81)/0,99*28=0,31729$$

$$\alpha =0,6863$$

$$m=0.45$$

$$\varepsilon =0.99$$

10. Уточнення значення $m\alpha =0,3088(0,99/0,99)=0,3088$

$$\alpha = 0{,}6863$$

$$m = 0.45$$

11. Втрата тиску води в звужуючому пристрої

$$p_n \approx 28*0.55*0.64 = 9.9 \text{ Па}$$

12. Діаметр отвору звужуючого пристрою

$$d = 100*\sqrt{0.45} = 67$$

$$d_{20} = 67$$

13. Перевірка розрахунків:

$$Q_n' = 1.3*0.6863*0.99*4489*120.9 \cdot 10^{-5}*4.82 = 23.1$$

Погрішність розрахунків:

$$\square = ((Qn - Q_n')/ Qn)*100\% = 0.087\%$$

4.7 Розрахунок та моделювання САР

Теплотехнічні процеси, як різновид технологічних, з позиції керування є складними об'єктами, які характеризуються великою інерційністю, що й володіють більшим часом транспортного запізнювання. Для таких об'єктів на сьогодні сформувалися специфічні методи розрахунків, зокрема, з використанням фазових-амплітудно-фазових характеристик /АФХ/ розімкнутих систем. При цьому необхідна якість керування досягається, як правило, не за рахунок ускладнення алгоритмів керування, а за рахунок уведення додаткових контурів впливу, застосування каскадних, комбінованих систем і т.д. Такий шлях дозволяє здійснити автоматизацію

складних об'єктів на базі порівняно простих серійних регуляторів і керуючих пристроїв.

Розрахунки одноконтурної системи регулювання. Вибір закону регулювання здійснюється виходячи з якісних міркувань: забезпечення динамічного коефіцієнта регулювання, величини статичної помилки, швидкодії і т.д. У даній дипломній роботі застосовується ПІ – закон регулювання як найпоширеніший. Визначення параметрів настроювання можна робити з достатньої для практики точністю тільки по одному показнику якості – показнику коливання М.

Апроксимація перехідних функцій об'єкта керування.

Передатна функція об'єкта по основному каналу (каналу регулювання):

$$W_0(p) = \frac{в_0}{a_0 + a_1 p + p^2} * e^{-\tau_0 p} = \frac{0{,}005}{0{,}006 + 0{,}61p + p^2} * e^{-0.5p}$$

Для знаходження перехідної функції Хвих(р) використовуємо класичний метод розв'язку:

$$\frac{d^2 Хвих}{dt^2} + 0{,}61\frac{dХвих}{dt} + 0.006Хвих = 0{,}005Хв$$

Початкові умови Хвих(0)=0 ; Хвих’(0)=0

$$z^2 + 0.61 * z + 0.006 = 0$$

$$D = a_1^2 - 4 * a_0 = 0.61^2 - 4 * 0.006 = 0.3481$$

$$z_1 = \frac{-a_1 + \sqrt{D}}{2} = \frac{-0.61+\sqrt{0.3481}}{2} = -0,01$$

$$z_2 = \frac{-a_1 - \sqrt{D}}{2} = \frac{-0.61-\sqrt{0.3481}}{2} = -0,6$$

Коріння характеристичного рівняння дійсні й негативні.

$$X\ вих(t) = X\ \ вих^{св}(t) + Хвих^{вын}(t)$$

$$Хвих^{св}(t) = A_1 e^{-0,01t} + A_2 e^{-0,6t}$$

$$Хвих^{вын}(t) = B; \qquad B = \frac{в_0}{a_0} = \frac{0,005}{0,006} = 0,833$$

$$X\ вих(t) = X\ \ вих^{св}(t) + Хвих^{вин}(t) = A_1 e^{-0,01t} + A_2 e^{-0,6t} + 0,833$$

$$A1+A2+0,833=0$$

$$Хвих'(t) = -0.01A_1 e^{-0,01t} - 0.6A_2 e^{-0,6t} \text{-}0,01A1\text{-}0,6A2=0$$

Вирішуємо систему рівнянь:

$$\begin{cases} A_1 + A_2 + 0,833 = 0 \\ -0,01A_1 - 0,6A_2 = 0 \end{cases} \quad \begin{cases} A_1 = -A_2 - 0,833 \\ -0,01A_1\ (-A_2 - 0,833) - 0,6A_2 \end{cases}$$

$$0,59A_2 = -0,00833$$

A2=0,0141

A1=-0,0141-0,833=-0,8471

Перехідна функція має вигляд:

$$Хвих(t) = -0{,}8471e^{-0{,}01t} - 0{,}0141e^{-0{,}6t} + 0{,}833$$

Час перехідного процесу:

$$t_{ппр} = \frac{3}{z_{хв}} = \frac{3}{|0.01|} = 300$$

Для побудови кривої розгону розбиваємо час перехідного процесу.

Результати обчислень Хвих(t) занесено в таблицю 4.1.

За отриманим даними будуємо криву розгону (рисунок 4.8).

Таблиця 4.1 - Результати обчислень кривої розгону

t	Хвих(t)
4	00,018
5	0,027
6	0,035
8	0,51
10	0,66
15	0,104
20	0,139
30	0,205
40	0,265
50	0,319
60	0,368
70	0,412
80	0,452
90	0,489
100	0,521
120	0,578
140	0,624

160	0,662
180	0,693
200	0,718
220	0,739
240	0,756
260	0,77
280	0,781
300	0,791
350	0,807
400	0,817

По кривій розгону визначаємо :

τапр=5 ; Те=105 ; то=0,5*Те=0,5*105=52.5 ; До=1.

Виконуємо апроксимацію об'єкта ланкою транспортного запізнювання й інерційною ланкою 1-го порядку у вигляді:

$$Wo(p)=\frac{K_0}{T_0 p+1}e^{-\tau_{anp}p}$$

Загальна передатна функція об'єкта з урахуванням транспортного запізнювання у вихідній передатній функції має вигляд :

$$Wo(p)=\frac{1}{105p+1}e^{-57.5\ p}$$

Побудова АФХ об'єкта

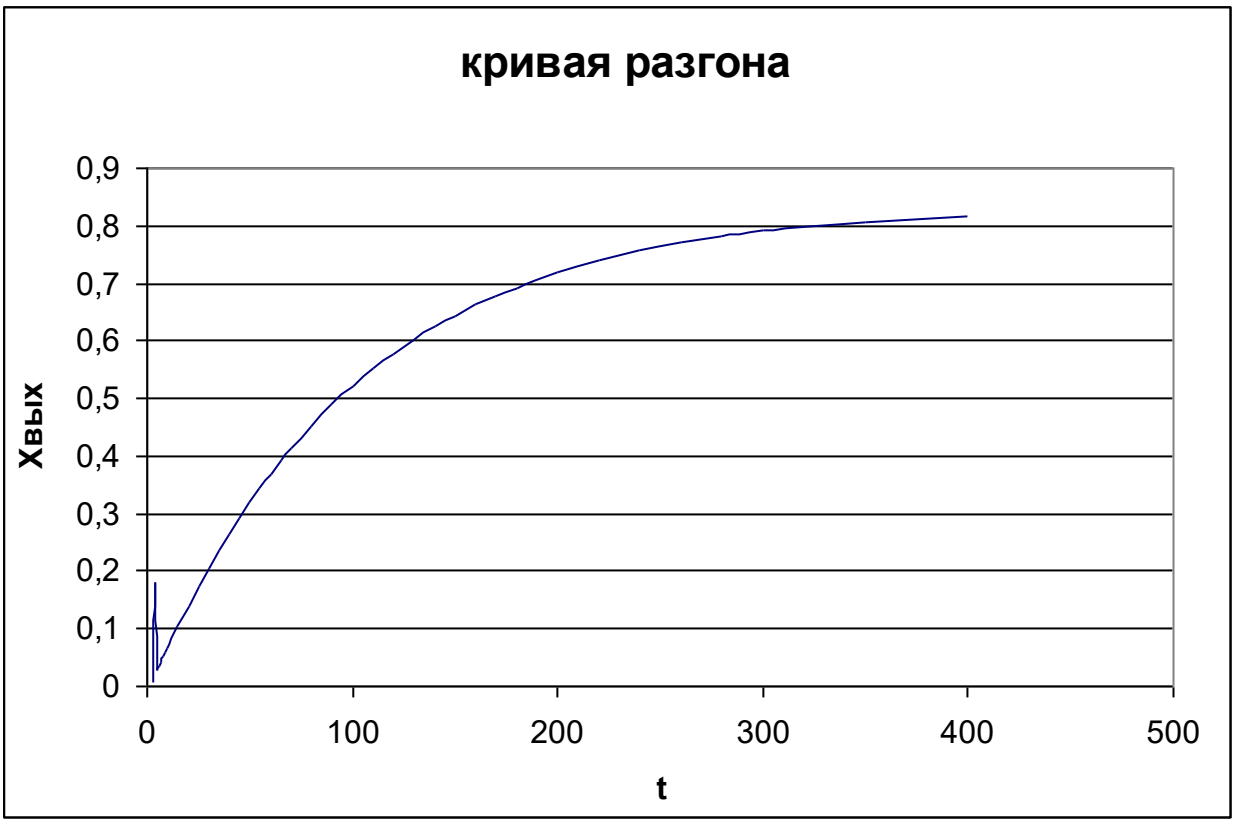


Рисунок 4.8 – Крива розгону об’єкту

Відповідно до отриманої передатної функції АФХ об'єкта має вигляд :

$$Wo(iw)=\frac{K_0}{\sqrt{T^2 0w^2+1}}e^{-i(arctgTow+(\tau o+\tau_{anp})w)}$$

$$Wo(iw)=\frac{0{,}833}{\sqrt{130^2\ w^2+1}}e^{-i(arctg130\ \ w+65w)}$$

За допомогою програми Mathcad Professional робимо обчислення крапок АФХ, результати заносимо в таблицю 4.2 і будуємо АФХ об'єкта рисунок 4.9.

Таблиця 4.2 - Результати обчислень точок АФХ об'єкта

Re	**Im**	**ω**
0,833	0	0
0,811	-0,159	0,001
0,655	-0,417	0,003
0,433	-0,548	0,005
0,14	-0,56	0,008
0,0029	-0,508	0,01
-0,094	-0,44	0,012
-0,183	-0,333	0,015
-0,24	-0,178	0,02
-0,238	-0,059	0,025
-0,205	0,026	0,03
-0,105	0,117	0,04
-0,0056	0,127	0,05
0,062	0,086	0,06
0,079	-0,03	0,08
-0,0089	-0,063	0,1

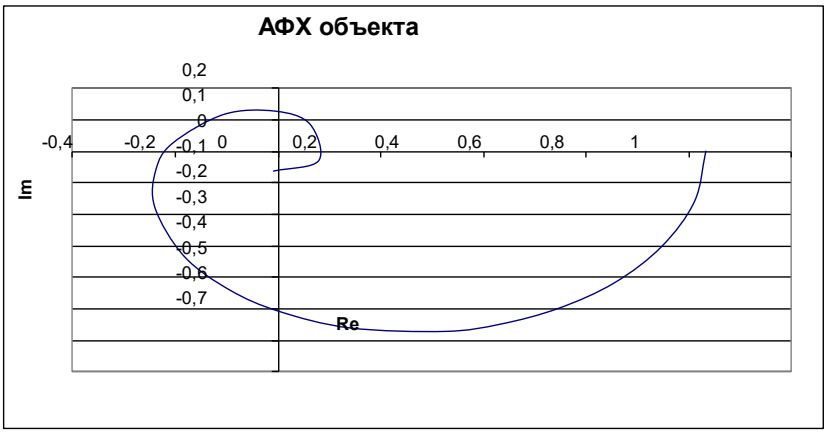


Рисунок 4.8 - АФХ об'єкта

Інженерний розрахунки настроювань.

Інженерний розрахунки чисельних значень параметрів настроювання регуляторів не дозволяє одержати їхні оптимальні значення, але дає можливість знайти базові значення, що уточнюються надалі графо – аналітичним методом розрахунків по розрахованому показникові коливальності М.

Для орієнтовного розрахунків потрібно вибрати перехідний процес системи, характеризуемый ступенем загасання $\psi = 0.92$.

Так для типового аперіодичного перехідного процесу ступінь загасання $\psi = 1$. Заданий ступінь загасання $\psi = 0.92$ отн.ед. характерна для перехідного процесу з пері регулюванням $\sigma = 31{,}6$ % і показником якості М =1.55.

Наближені настроювання розраховуються відповідно до табл. 4.3, наведеної для статичних об'єктів, що як найчастіше зустрічаються й заданих у роботі. Для нашого Пі-регулятора й типового процесу з пері регулюванням 40% вони будуть такі:

$$K_p = \frac{T_o}{K_o * \tau_{об}} = \frac{130}{0{,}833*65} = 2.4$$

Ти = Те = 130

Побудова сімейства АФХ розімкнутої системи.

Передатна функція розімкнутої системи виражається у вигляді:

$$Wрс(p) = Wo(p)*Wрег(p)$$

Для ПІ – регулятора:

$$Wрег(p) = Kp(1+1/Tu*p)$$

де *Кр* і *Ti* – настроювання регулятора

АФХ розімкнутої системи має вигляд:

$$W_{pc}(iw)=\left(\frac{1}{\sqrt{130^2w^2+1}}e^{-i(arctg130w+65w)}\right)*\left(Kp*\left(1+\frac{1}{T_u iw}\right)\right)$$

Задаючись різними значеннями *Ti* за допомогою програми Mathcad Professional одержуємо значення координат для побудови сімейства АФХ: Результати заносимо в таблицю 4.3.

Таблиця 4.3 - Координат для побудови сімейства АФХ

	***Ti*=70**			***Ti* =100**	
w	**Re**	**Im**	**w**	**Re**	**Im**
0,05	0,073	0,308	0,05	0,047	0,306
0,03	-0,462	0,298	0,03	-0,471	0,288
0,01	-1,734	-1,229	0,01	-1,212	-1,226
0,006	-2,479	-3,229	0,006	-1,501	-2,671
0,003	-3,191	-8,482	0,003	-1,763	-6,238
0,001	-3,522	-28,172	0,001	-1,882	-19,835
	***Ti* =130**			***Ti* =150**	
w	**Re**	**Im**	**w**	**Re**	**Im**
0,05	0,033	0,306	0,05	0,027	0,305
0,03	-0,476	0,19	0,03	-0,478	0,173
0,01	-0,931	-1,224	0,01	-0,806	-1,224
0,006	-0,974	-2,371	0,006	-0,74	-2,237
0,003	-0,993	-5,029	0,003	-0,651	-4,492
0,001	-0999	-15,346	0,001	-0,606	-13,351
	***Ti* =50**				
w	**Re**	**Im**			
0,05	0,108	0,309			
0,02	-1,004	0,149			

0,01	-2,431	-1,233			
0,006	-3,783	-3,973			
0,003	-5,097	-11,475			
0,001	-5,709	-39,287			

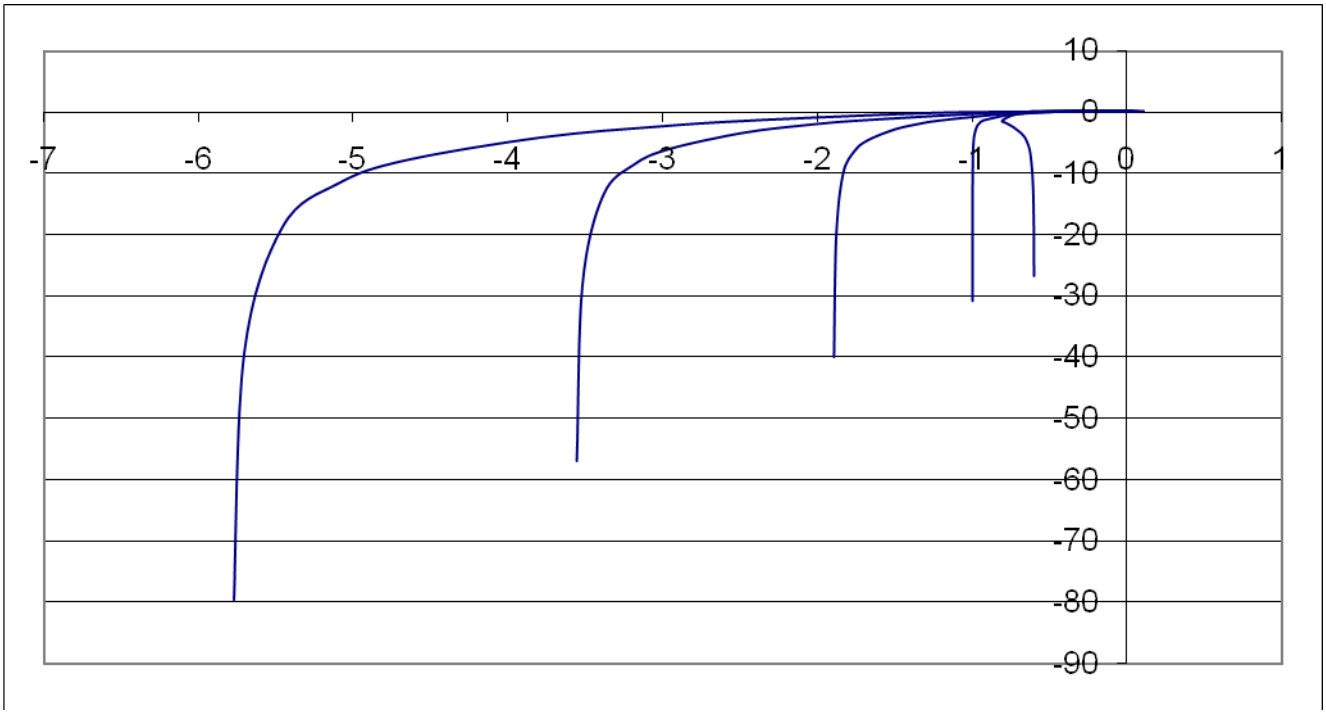


Рисунок 4.9 - Побудова сімейства АФХ (загальний вид)

Визначення настроювань регулятора.

Вибираємо величину M = 1,55 за заданими показниками якості перехідного процесу й будується промінь під кутом β до негативної дійсної піввісі.

$$\beta = \arcsin(1/M) = \arcsin(1/1.55) = 40^{\circ}$$

Підбираючи положення центрів на негативній дійсній півосі й величини радіусів, будуємо дотичні окружності до променя й до кожної з АФХ розімкнутої системи. Визначаємо величину Крj згідно з формулою:

$$K_{pj} = \frac{M}{M^2 - 1} * \frac{1}{r_j} * K_p^н$$

де rj – радіуси дотичних окружностей у розмірності дійсної осі.

r_1=9,5; r_2=5,53; r_3=2,9; r_4=1,7; r_5=1,6;

$$Kr_1 = \frac{1.55}{1.552-1} * \frac{1}{9,5} * 1 = 0,123$$

$$Kr_2 = \frac{1.55}{1.552-1} * \frac{1}{5,53} * 1 = 0,209$$

$$Kr_3 = \frac{1.55}{1.552-1} * \frac{1}{2,9} * 1 = 0,381$$

$$Kr_4 = \frac{1.55}{1.552-1} * \frac{1}{1,7} * 1 = 0,65$$

$$Kr_5 = \frac{1.55}{1.552-1} * \frac{1}{} * 1 = 0,737$$

Отримана серія значень Кр і Ти дозволяє побудувати криву в координатах Кр – Ти границю, що визначає, області заданого запасу стійкості замкненої системи рисунку 4.4. Відомо, що при оптимальнім настроюванні регулятора буде відповідати крапка на отриманій кривій, для якої співвідношення Кр/Ті буде максимальним. Для знаходження цієї крапки з початку координат Кр/Ті проводиться дотична до отриманої кривої, якщо остання опукла.

Якщо при прийнятих значеннях Ті й отриманих Кр крива виходить увігнутої, то необхідно побрати ще кілька значень Ти, менших найменшої із прийнятих. При цьому обов'язково продовженням увігнутої частини буде опуклий вигин кривої, до якого можна провести дотичну. Звичайно при цьому Кр ^{опт} збільшується. А Ті ^{опт} зменшується. Якщо вони суттєво відрізняються, то це означає, що або була допущена помилка в розрахунках,

або те, що оптимальний режим роботи регулятора перебуває не посередині діапазону Кр/Ті, отриманим по емпіричних формулах, а в крайніх його значеннях.

$$Кр^{опт}=0,7 \qquad Ті^{опт}=130$$

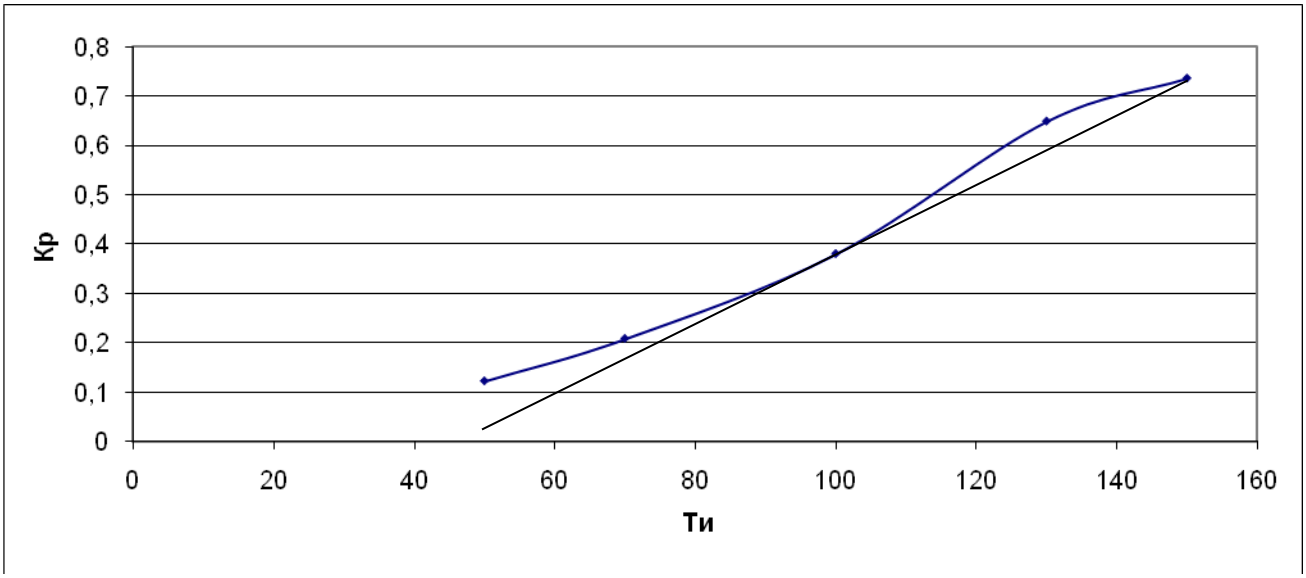


Рисунок 4.10 - Визначення крапки, відповідній до оптимального настроювання

Розрахунки й побудова перехідного процесу в замкненій системі

Після визначення параметрів настроювань регулятора необхідно одержати графіки перехідних процесів при цих настроюваннях. У системі регулювання вплив, що обурює, може надходити по різних каналах. У загальному випадку передатна функція по будь-якому каналу збурювання має вигляд:

$$W_{ЗС}(p) = \frac{W_0{}^f(p)}{1+W_0(p)*Wp(p)} = \frac{Q(p)}{A(p)}$$

де $W_0{}^f(p)$ – передатна функція каналу впливу збурювання від місця його додатка до вихідної величини.

За умовою збурювання прикладається з боку задатчика.

При збурюванні з боку задатчика:

$$W_o^f(iw) = W_o(iw) * W_p(iw)$$

Передатна функція по каналу збурювання має вигляд:

$$W_{зс}(iw) = \frac{\left(\frac{1}{130iw+1}e^{-65iw}\right) * \left(0{,}7 * \left(1 + \frac{1}{130iw}\right)\right)}{1 + \left(\frac{1}{130iw+1}e^{-65iw}\right) * \left(0{,}7 * \left(1 + \frac{1}{130iw}\right)\right)}$$

Підставляємо у формулу значення частоти w від 0,001 до 0,2 і ладом АФХ замкненої системи. Результати обчислень зведено в таблицю 4.4.

Таблиця 4.4 - Значення частоти w від 0,001 до 0,2

W	**Re**	**Im**	**W**	**Re**	**Im**
0,001	0,959	-0,233	0,142	-0,004	0,029
0,007	0,111	-0,643	0,149	0,008	0,027
0,014	-0,237	-0,295	0,156	0,018	0,019
0,021	-0,238	-0,062	0,162	0,023	0,011
0,028	-0,166	0,05	0,169	0,024	0,0002
0,035	-0,092	0,093	0,176	0,021	-0,01
0,042	-0,032	0,098	0,183	0,014	-0,017
0,049	0,011	0,084	0,19	0,005	-0,021
0,057	0,041	0,057	0,197	-0,005	-0,021
0,064	0,053	0,031	0,204	-0,013	-0,016
0,071	0,055	0,005	0,211	-0,018	-0,008
0,078	0,048	-0,017	0,218	-0,019	0,0006
0,085	0,034	-0,033	0,225	-0,017	0,009
0,092	0,015	-0,042	0,232	-0,01	0,015
0,099	-0,005	-0,042	0,239	-0,003	0,017
0,106	-0,022	-0,034	0,246	0,005	0,016
0,114	-0,034	-0,017	0,253	0,011	0,012

0,121	-0,036	0,0005	0,262	0,015	0,004
0,128	-0,03	0,016	0,27	0,015	-0,004
0,135	-0,018	0,025			

У даній роботі використовується метод трапецій характеристик, розроблений В.В. Солодовниковим. В основу методу покладена однозначна залежність перехідної характеристики h(t) від речовинне – частотної характеристики (ВЧХ) замкненої системи P(w) згідно інтегрального співвідношення:

$$h(t) = \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{P(\omega)}{w} \sin wr * dw$$

з якого випливає, що близьким ВЧХ відповідає близькі перехідні характеристики h(t). Це дає можливість замінити реальну ВЧХ близької до неї типовою характеристикою, для якої перехідний процес відомий або може бути знайдений без особливих утруднень. Згідно даного методу реальна речовинне – частотна характеристика P(ω) апроксимується трапеціями з початковими висотами ro, інтервалами рівного пропущення частот wd і частот зрізу wo.

Шукана перехідна характеристика h(t) здійснюється за допомогою спеціальних таблиць перехідних функцій h(t), розрахованих для нормованих трапецій, що мають ro = 1 і wo = 1 і одмінних коефіцієнтом нахилу x = wd/ wo, який може мати значення від нуля (трапеція перетворюється в трикутник) до одиниці (трапеція перетворюється в прямокутник).

Розрахунки й побудова перехідного процесу проводиться в наступній послідовності:

Будується АФХ замкненої системи із заданим прикладеним збурювання з боку задатчика.

По АФХ замкненої системи будується речовинна частотна характеристика P(ω). Крива апроксимується ламаною лінією трапеції, що утворюється.

При апроксимації ВЧХ трапеціями слід дотримуватися правил:

- усі трапеції й трикутники повинні мати одну бічну сторону, сполучену з віссю ординат;

- заміна кривої реальної характеристики P(ω) відрізками прямих повинна виконуватися з найменшими помилками;

- сума всіх площ трапеції й трикутників з обліком їх знаків повинна рівнятися фактичної площі, що обмежена кривій P(ω) і координатними осями.

Визначається для кожної трапеції значення параметрів: висоти roi і частоти woi і wdi і коефіцієнта нахилу:

$$æi = \frac{W_{d1}}{W_{o1}}$$

Для одиничних трапецевидних характеристик при ro = 1 і частоті wo = 1 у додатку дані спеціальні таблиці h – функцій при різних коефіцієнтах нахилу x для обчислення h(t). При розрахунках параметри ro і wo не рівні одиниці.

Будуються криві перехідних процесів для кожної трапеції, потім, підсумовуючись ординати будується наближена крива перехідного процесу.

Побудова трапецевидних характеристик.
Параметри трапецій:

Wd1=0.002;

Wd2=0.02;

Wo1=0.008;

Wo2=0.0042;

ro1=1.26;

ro2=-0.26;

$$ć1=\frac{W_{d1}}{W_{o1}}=\frac{0.002}{0.008}=0.25$$

$$ć2=\frac{W_{d2}}{W_{o2}}=\frac{0.02}{0.0042}=0.048$$

Для одиничних трапецеідальных характеристик при ro = 1 і частоті wo = 1 у додатку дані спеціальні таблиці h – функцій при різних коефіцієнтах нахилу ć для обчислення h(t). При розрахунках параметри ro і wo не рівні одиниці. Тому треба зробити перерахунок масштабів :

$$\Delta t_{ucmi}=\frac{\tau}{\omega_{oi}}$$

$$h(t)_i = hæ(t)*roi$$

Результати обчислень зводимо в таблицю 4.5.

Перевірка розрахунків по показником якості :

A1=0,0605

A2=0,03656

A3=0,01625

$$\psi=\frac{A_1-A_3}{A_1}=\frac{0,0605-0,04052}{0,04052}=0,49$$

$$\sigma=\frac{A_2}{A_1}*100\%=\frac{0,03656}{0,0605}*100\%=60\%$$

Таблиця 4.5 - Перерахунок масштабів

τ	**h**	**τ**	**h**
0	0	1315,477	1,00708
50,6	0,18834	1366,072	1,00052
101,2	0,3665	1416,667	0,99622
151,79	0,5327	1467,262	0,99444
202,3867	0,67676	1517,857	0,9924
252,9817	0,79816	1568,452	0,99162
303,5767	0,89342	1619,047	0,99084
354,1717	0,96254	1669,642	0,99084
404,7667	1,01222	1720,237	0,99058
455,3617	1,03594	1770,832	0,99136
505,9567	1,05374	1821,427	0,99162
556,5517	1,0605	1872,022	0,99088
607,1467	1,05478	1922,617	0,98966
657,7417	1,0495	1973,212	0,98918
708,3367	1,04592	2023,807	0,9897
758,9317	1,03826	2074,402	0,98996
809,5267	1,03908	2124,997	0,99122
860,1217	1,03656	2175,592	0,99096
910,7167	1,0393	2226,187	0,99222
961,3117	1,04052	2276,782	0,99448
1011,907	1,0387	2327,377	0,99674
1062,502	1,03866	2377,972	0,99774
1113,097	1,03332	2428,567	0,99874
1163,692	1,02724	2479,162	0,99874
1214,287	1,01968	2529,757	0,99874
1264,882	1,01338	2580,352	0,99874
		2630,947	0,99874

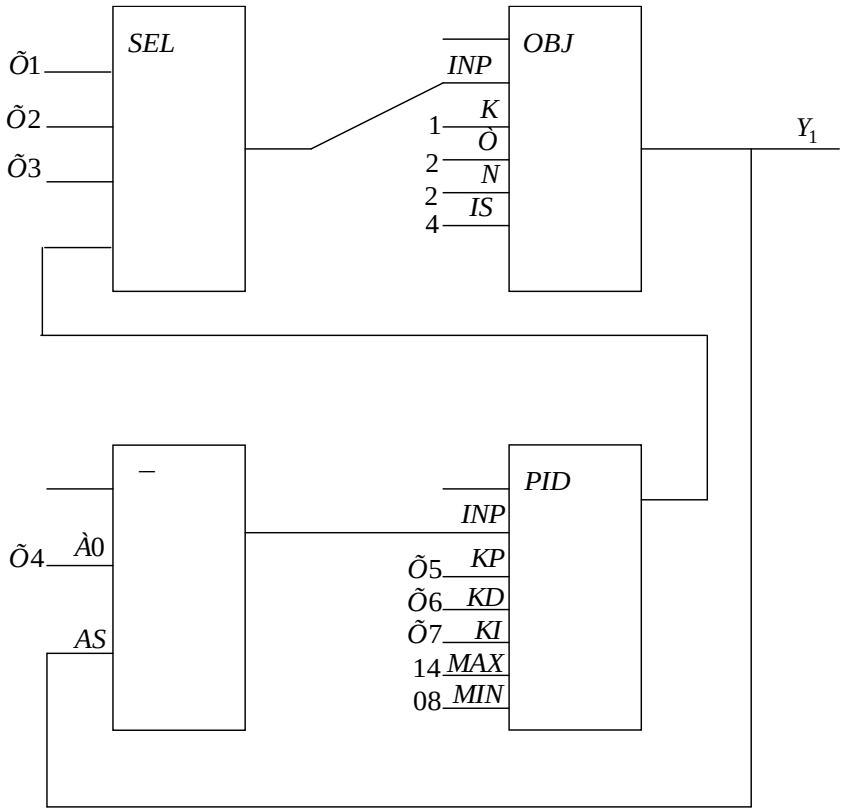
4.8 Програмування промислового контролера

У кваліфікаційній роботі об'єктом регулювання було обрано температуру в горні, шляхом зміни положення дросельної заслінки витрати газу.

Була розроблена FBD-Програма, у якій поточне значення температури в горні рівнялося в заданим і по сигналі неузгодженості по ПІД - законі формувався управляючій вплив, спрямоване на зміну положення дроселя

залежно від знака неузгодженості. Завдання може формуватися в ручному й автоматичному режимі.

Розроблено мнемосхему управління температури по ПІД законі.



$\tilde{O}_1$-включення схеми; $\tilde{O}_2 - \tilde{O}_3$- вибір режиму управління; $\tilde{O}_4$- завдання; $\tilde{O}_5 - \tilde{O}_7$ - настройки регулятора; Y_1- керуючий вплив.

Рисунок 4.12 - ФБД програма регулювання температури горна

4.9 Розробка макету мнемосхеми

У кваліфікаційній роботі розроблена мнемосхема роботи аглострічки та запального горна, що відображає плин технологічного процесу. На ній відображаються поточні значення всіх параметрів, утримуватися кнопки ручного управління засувками, перехід з ручного в автоматичний режими управління, утримуються кнопки пуску й зупинки агрегату, кнопки переходу до інших екранів і роздруківки звітів і зведень.

Головна мнемосхема відображає протікання технологічного процесу в агломераційному відділенні. На ній утримуватися кнопки що дозволяють

переходити на мнемосхему агрегату, кнопки управління засувками в ручному режимі.

На мнемосхемі прийняті наступні позначення: СВ – спікальне відділення; ШВ - шихтове відділення; А/Л - аглострічка; Д – дозатор; ПБ – прийомні бункери; Р-Р- розподільник; СУР – система управління розподільником; $\tau_{ç}$ - транспортне запізнювання; СУО – система управління огрудкуванням шихти; СУД – система управління дозатором; РД – рудний двір; СУТЗ – система управління трактом завантаження; ССП – система узгодження продуктивності.

4.10 Висновки до розділу 4

У данному розділі кваліфікаційній роботі розроблена мнемосхема роботи аглострічки та запального горна, що відображає плин технологічного процесу. На ній відображаються поточні значення всіх параметрів, утримуватися кнопки ручного управління засувками, перехід з ручного в автоматичний режими управління, утримуються кнопки пуску й зупинки агрегату, кнопки переходу до інших екранів і роздруківки звітів і зведень.

ВИСНОВКИ

У даноій кваліфікаційній роботі магістра розроблені: функціональна схема керування й контролю агломашини; принципова електрична схема регулювання й контролю температурного режиму спікального горна; схема живлення; схема зовнішніх з'єднань і трубних проводок; обрані щити керування; виконана монтажна схема.

Наведений перелік регульованих і контрольованих параметрів системи; наведена структурна схема керування виробництвом; наведені розрахунки настроювань регулятора, при яких буде забезпечуватися необхідна якість регулювання подачею газу на торцеві фурми; зроблене проектне компонування мікропроцесорного контролера.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Воденнікова О. С. Металургія чорних металів : конспект лекцій для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності «Металургія» освітньо-професійної програми «Металургія». Запоріжжя : Запорізький національний університет, 2021. 144 с.

2. Фізико-хімічні основи і реалізація технології спікання агломерату основністю 1,6 з застосуванням руди родовища Суха балка / Я. В. Мяновська, Ю. С. Пройдак, Л. В. Камкіна та ін. Теорія і практика металургії. 2018. №6. С. 81–92. https://doi.org/10.34185/tpm.6.2018.11

3. Плотніков В.В., Саітгареєв Л.В. Інтенсифікація агломераційного процесу за рахунок вдосконалення технології комбінованого огрудкування і завантаження шихти. Вісник ПГТУ. Вип 25. 2018. С. 41–46.

4. ТІ 226-ОА-02-2019. Технологічна інструкція. Виробництво афлюсованого агломерату. Запоріжжя : ПАТ «Запоріжсталь». 2019. 34 с.

5. Кушакова Н. О. Металургійний комплекс України: загальна характеристика та сучасний стан розвитку. Науковий вісник Ужгородського національного університету. 2019. №23. С. 162–165.

6. Самойленко Н. М., Аверченко В. І., Байрачний В. Б. Системи технологій та промислова екологія : навчальний посібник. Харків : Лідер, 2020. 212 с.

7. Павлюк Ю.С. Методичні вказівки до розрахунку газового тракту газоочисної системи в курсових проєктах спецдисцеплін і дипломному проєктуванні для студентів денної та заочної форми навчання спеціальності 7.090409. Запоріжжя, 2002. 21с.

8. Тарасов В.К. Безпека технологічних процесів і устаткування. Запоріжжя, ЗДІА, 2008. 164с. 9. Геврик Є.О. Охорона праці: Навчальний посібник.

9. Беленький А.М., Автоматичне управління металургійними процесами Металургія, 1989. -379 с.

10. Тайц Н.Ю., Розенгарт Ю.І. Методичні нагрівальні печі М.: Металлургиздат, 1964. - 408 с.

11. Автоматизація металургійних печей. В.Ю.Каганов, О.М.Блінов: Металургія , 1975.-376 с.

12. ТІ 226-П.ГЛ-18-06. – Технологічна інструкція. - Виробництво гарячекатаних полос на НТЛС 1680 методом прямої гарячої прокатки слябів без попереднього нагріву в методичних печах. – ВАТ ЗМК «Запоріжсталь».

13. ТІ 226-П.ГЛ-01. – Технологічна інструкція. - Виробництво гарячекатаних полос на НТЛС 1680 методом гарячої прокатки слябів з попереднім нагрівом у методичних печах. – ПАТ ЗМК «Запоріжсталь».

14. ГОСТ 24.104-85. Автоматизовані системи управління. Загальні вимоги. – Введ. 1987-01-01. — М. : Изд-во стандартов, 1988.

15. Металургавтоматика. Режим доступу до інтернет ресурсу: http://www.ma.dp.ua/products/product5/

16. Програмно-технічні комплекси засобів автоматизації. Навчальнометодичний посібник для студентів ЗДІА спеціальності 7.092501 "Автоматизоване управління технічними процесами" / Укл.: Н.О. Міняйло, А. М. Ніколаєнко - Запоріжжя, 2008. - 218с.

17. Ніколаєнко, А. М. Мікропроцесорні та програмні засоби автоматизації: Навчальний посібник. / А. М. Ніколаєнко, Н. О. Міняйло. – Запоріжжя: ЗДІА, 2011. – 444 с.

18. БіСТАРТ-Р – реверсивні прилади плавного пуску. Режим доступу до інтернет ресурсу: http://www.bitek-e.ru/bistart.htm

19. РМТ 29 – Графічний відео реєстратор. Режим доступу до інтернет ресурсу: http://www.elemer.ru/production/rmt/nopaper/rmt_29.php 150

20. Magelis Compact iPC – Промисловий комп’ютер. Режим доступу до інтернет ресурсу: http://www.schneider-electric.com/products/ww/en/2100-hmiterminals-and-industrial-pc/2120-industrial-pc-and-display/1073-magelis-compactipc/

21. Windows 7 – Операційна система. Режим доступу до інтернет ресурсу: http://windows.microsoft.com/ru-ru/windows7/products/system-requirements

22. Linux – Операційна система реального часу. Режим доступу до інтернет ресурсу: http://docs.altlinux.org/archive/2.4/master/alt-docs-extraslinuxcovice/ch01s02.html

23. Scada Trace Mode 6. Режим доступу до інтернет ресурсу: http://www.adastra.ru/products/dev/scada/

24. Гинкул С.І., Лебедєв О.М. Моделювання нагріву металу в методичній печі: дис. канд. тех. наук: 05.13.07/Гинкул Сергій Ігоревич. – ДонНТУ. – Донецьк, 2009. – 7с.

25. Міняйло Н. О. Програмно-технічні комплекси засобів автоматизації. Методичні вказівки для виконання курсового проекту./ Укл.: Н.О. Міняйло. – Запоріжжя, 2007. – 35с.

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

27. Полянський, Г. О. Методические указания к расчету надежности и работоспособности систем автоматического управления (раздел дипломного проекта «Проектная оценка надежности АСУ ТП») для студентов ЗГИА специальности «АУТП». / Г. О. Полянський. – Запорожье: ЗГИА, 2003. – 24 с

28. Барішенко О.М., Овчинникова І.А. Контрольна робота з дісципліни «Техніко-економічне обґрунтування проектних рішень». Методичні вказівки до контрольної роботи для студентів ЗДІА спеціальності «Автоматизоване управління технологічними процесами» кваліфікації «спеціаліст»/ Укл.: О.М. Барішенко, І.А. Овчинникова. – Запоріжжя, 2010. – 28 с.