

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»
Навчально-науковий інститут електроенергетики
(інститут)
Електротехнічний факультет
(факультет)
Кафедра кіберфізичних та інформаційно-вимірювальних систем
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра

студента Молибог Назарій Романович

(П.І.Б.)

академічної групи 151-19-1

(шифр)

спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(код і назва спеціальності)

за **освітньо-професійною програмою** 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(офіційна назва)

на тему Автоматизація процесу дешламації в лінії збагачення ГЗК

(назва за наказом ректора)

Консультанти	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинг.	інституційною	
Керівник кваліфікаційної роботи	доц. Трипутень М.М.			
Провідний консультант	доц. Трипутень М.М.			
Розробка апаратного забезпечення системи керування	доц. Соснін К.В.			
Визначення моделі об'єкта керування	ст.викл. Бойко О.О.			
Економічна частина	ст. викл. Яремчук І.О.			
Охорона праці	проф. Чеберячко Ю.І.			
Рецензент				
Нормоконтролер	ас. Воскобойник Є.К.			

Дніпро
2023

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувач кафедри
кіберфізичних та інформаційно-
вимірювальних систем
(повна назва)

_____ Бублік А.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)
« _____ » _____ 2023 року

**ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеня бакалавр**

студенту Молибог Н.Р. _____ академічної групи _____ 151-19-1 _____
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
за освітньо-професійною програмою 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані
технології _____

(офіційна назва)

на тему Автоматизація процесу дешламації в лінії збагачення ГЗК
затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» № 328-с від 08.05.2023 р.

Розділ	Зміст	Термін виконання
Стан питання та постановка завдання	Вступ. Опис технологічного процесу для об'єкта автоматизації. Огляд існуючих систем автоматизації. Стан питання. Вибір напрямку створення автоматизованої системи.	11.05.2023
Розробка апаратного забезпечення системи керування	Обрання датчиків, виконавчих пристроїв та пристрою керування, розробка структурних схем, функціональної схеми автоматизації та принципової схеми електричної.	18.05.2023
Визначення моделі об'єкта керування	Виконання експерименту. Обробка результатів експерименту. Створення моделі об'єкта керування. Перевірка отриманої моделі на адекватність.	25.05.2023
Економічна частина	Економічне обґрунтування доцільності витрат на створення системи керування.	01.06.2023
Охорона праці	Розробка організаційно-технічних заходів, щодо реалізації правил безпеки при експлуатації системи.	05.06.2023

Завдання видано _____
(підпис керівника)

доц. Трипутень М.М.
(прізвище, ініціали)

Дата видачі

04.05.2023

Дата подання до екзаменаційної комісії

01.06.2023

Прийнято до виконання _____
(підпис студента)

Молибог Н.Р.
(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить: 68 стор., 23 рис., 21 табл., 2 дод.

Об'єкт розроблення: процес дешламації на гірничо-збагачувальному комбінаті.

Мета бакалаврської роботи: визначення структури і параметрів динамічної моделі процесу дешламації на гірничо-збагачувальному комбінаті; створення структурної схеми САК процесом дешламації.

Дешламація є процесом безперервної дії, яка направлена на знешламлювання зливу гідроциклонів перед магнітним збагаченням. Отримання малої кількості концентрату (втрат) у переливі і якісне виділення нерудних частинок з пульпи забезпечується необхідною висотою магнетитового флоккулюваного шару на певному рівні. Процес дешламації на фабриці збагачення ГЗК реалізується в магнітному дешламаторі (гідросепараторі) МГС-5.

В бакалаврській роботі запропоновано структурну схему керування процесом дешламації. Для реалізації запропонованої автоматичної системи визначені структура і параметри каналу керування, обґрунтовані датчики і виконавчі засоби технологічними параметрами для їх контролю і зміни, а також запропоновані функціональна і мікропроцесорна системи керування.

У дипломному проекті також обґрунтовано доцільність виготовлення та впровадження системи керування і розглянуто комплекс заходів щодо охорони праці на підприємстві.

ЗАЛІЗНА РУДА, ПУЛЬПА, ШЛАМ, ДЕШЛАМАТОР, ДЕШЛАМАЦІЯ,
ТИСК, РОЗВАНТАЖЕННЯ, КОНТРОЛЕР, ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ,
ШКІДЛИВІ ФАКТОРИ

ЗМІСТ

Вступ	6
1 Стан питання та постановка завдання	7
1.1 Характеристика галузі і умов застосування проектованої системи	7
1.2 Технологічний процес дешламації	8
1.3 Процес дешламації як об'єкт автоматизації	13
1.3.1 Принцип дії дешламатора	13
1.3.2 Процес дешламації як об'єкт керування	16
1.4 Відомі рішення в даній галузі	20
1.5 Постановка завдання	22
2 Розробка апаратного забезпечення системи керування	23
2.1 Розробка структурної схеми системи керування	23
2.2 Вибір апаратного забезпечення системи керування	24
2.2.1 Датчик гідростатичного тиску САПФІР 22 ДГ	24
2.2.2 Електрозасувка 30с964нж Ду400 Ру25	27
2.3.3 Вибір пристроїв керування	28
2.3.4 Вибір джерел живлення	33
2.4 Розробка функціональної схеми автоматизації	35
2.5 Розробка схеми електричної принципової	36
2.6 Висновки за розділом	37
3 Визначення моделі об'єкта керування	38
3.1 Особливості дослідження динамічних характеристик об'єкта автоматичного керування	38
3.2 Ідентифікація структури і параметрів об'єкта керування	39
3.3 Висновки за розділом	45
4 Економічна частина	46
4.1 Техніко-економічне обґрунтування впровадження системи керування	46
4.2 Розрахунок капітальних витрат при впровадженні системи керування	47
4.3 Розрахунок капітальних витрат на програмне забезпечення	48

	5
4.3.1 Розрахунок часу на розробку програмного забезпечення	48
4.3.2 Розрахунок витрат на розробку програмного забезпечення	51
4.4 Розрахунок експлуатаційних витрат	52
4.4.1 Амортизація основних фондів	52
4.4.2 Розрахунок фонду заробітної плати	53
4.4.3 Відрахування на соціальні заходи	54
4.4.4 Розрахунок витрат на технічне обслуговування та ремонт	54
4.4.5 Витрати на електроенергію	54
4.4.6 Інші витрати	55
4.5 Висновки за розділом	55
5 Охорона праці	56
5.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів системи	56
5.2 Інженерно-технічні заходи з охорони праці	57
5.3 Розрахункова частина	59
5.4 Пожежна профілактика	61
5.5 Висновки за розділом	62
Висновки	63
Перелік посилань	64
Додаток А	68
Додаток Б	69
Відгуки консультантів кваліфікаційної роботи	70
Відгук	72
Рецензія	74

ВСТУП

Залізні руди - природні мінеральні утворення з вмістом заліза у таких кількостях, за яких його економічно вигідно видобувати.

Вміст заліза в рудах - від 10 до 72 %. Бідні руди (до 46 % заліза) потребують збагачення. Залізні руди містять різні домішки: корисні - нікель, кобальт, марганець, вольфрам, молібден, хром, ванадій та інші і шкідливі - сірка, фосфор, цинк, свинець, арсен, мідь.

Основним районом залізорудної промисловості в Україні є Криворізький залізорудний басейн, який дає понад 90 % видобутку залізної руди. Відкритий видобуток у кінці ХХ ст. проводився на кар'єрах Південного ГЗК, Новокриворізького ГЗК, Інгулецького ГЗК, Полтавського ГЗК.

Сира залізна руда з кар'єру подається на переробний комплекс, до складу якого входить: дробильно - збагачувальна фабрика і цех виробництва окатишів.

У промисловості для переробки сирової залізної руди використовують два процеси: 1) дроблення - вся видобута руда проходить насамперед стадію первинного дроблення, так як величина великих шматків і брил при видобутку набагато перевищує розмір шматка руди; 2) збагачення - сукупність методів розділення металів і мінералів один від одного за різницею їх фізичних та / або хімічних властивостей. Хімічний склад компонентів руди при цьому не змінюється.

Тому в будь-яку технологічну схему переробки сирової залізної руди обов'язково включається попередня стадія, призначення якої - подрібнити спочатку непридатну за розміром руду, а потім переходити до основного процесу-збагаченню очищеної сировини і отримання товарних продуктів.

У даній дипломній роботі буде розглянута технологія отримання збагаченої залізної руди, конкретно буде розглянуто один з процесів - дешламацію, а також розроблена комп'ютеризована система управління підтримання рівня осаду на днищі.

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

1.1 Характеристика галузі і умов застосування проектованої системи

Залізна руда, вугілля, калій і боксити мають на даний час найбільше споживання у світі. Найбільшу кількість вказаних корисних копалин у 2018 році видобули Китай, Індія та Австралія. Провідні гірничодобувні компанії намагаються збільшити обсяги виробництва та якість даної продукції у зв'язку із зростаючим попитом на метали, що використовуються для виготовлення технологічних агрегатів та механізмів [1, 2].

Залізорудна промисловість - галузь гірничої промисловості, підприємства якої видобувають залізну руду і попередньо обробляють її - подрібненням, сортуванням, збагаченням, усередненням, окускуванням концентрату і дрібної фракції руди шляхом агломерації або грудкування. Продукція галузі - підготовлена залізорудна сировина для виплавки чавуну (сортова залізна руда, агломерат, котуни). Крім того, металургійним заводам постачається залізорудний концентрат та подрібнена руда для виробництва агломерату, а також кускова залізна руда з високим вмістом металу (56...64 %) й незначною кількістю шкідливих домішок для використання в сталеплавильному виробництві.

Сьогодні Україні основним районом залізорудної промисловості є Криворізький залізорудний басейн, який дає понад 90 % видобутку залізної руди. Важливими гірничо-промисловими районами є Кременчуцький залізорудний район (Полтавська обл., Полтавський ГЗК), Білозерський залізорудний район (Запорізька обл., Запорізький ЗРК) та Керченський залізорудний басейн. Для добування залістистих кварцитів Горішньоплавнинського родовища створено Полтавський ГЗК.

Полтавський гірничо-збагачувальний комбінат, ВАТ — підприємство в м. Горішні Плавні, відкрите акціонерне товариство, найбільший український експортер залізорудних котунів до Європи. Переробляє залізні руди Горишне-Плавнинського та Лавриківського родовищ, які представлені магнетитовими та

кумінгтоніто-магнетитовими кварцитами з загальним вмістом заліза відповідно 34 % та 27 % та вмістом заліза, пов'язаного з магнетитом — 26,6 % і 17,03 %. Руди відрізняються тонкою вкрапленістю, складним характером проростання рудних та нерудних матеріалів і є складним об'єктом для збагачення з одержанням якісних залізородних концентратів. Згідно з аналізом дисперсності компонентів концентрату середня крупність зерен магнетиту — бл. 30 мкм, а його зростків з кварцом — 37 мкм. Балансові запаси руд на 01.01.2022 складають за категоріями А+В+С1 1,761 млрд т. Забезпеченість ГЗК запасами при проектній продуктивності — 51,7 роки. На балансі ГЗК також розвідані Єристовське і Беланівське родовища залізистих кварцитів, які аналогічні родовищам, що розробляються. В схемах збагачення застосовується традиційна для України технологія тристадійного подрібнення, пряма та зворотна магнітно-флокуляційна сепарація (магнітна дешламація), мокра магнітна сепарація. В результаті при різних схемах збагачення одержують концентрат з вмістом заліза від 60...61% до 62...65,9%. Фабрика грудкування побудована на комплексному американському обладнанні з використанням технології «решітка-трубчата пічка-кільцевий охолоджувач» з повною автоматизацією технологічного процесу, що забезпечує високу якість котунів.

На комбінаті практично без ремонту працюють десятки років біля півтисячі гідроциклонів з карбїду кремнію. Понад 85 % продукції (2020 р.) експортується в Австрію, Румунію, Польщу, Болгарію, Чехію, Словаччину, Італію, Угорщину.

1.2 Технологічний процес дешламації

Технологічна схема збагачення залізистих кварцитів наведена на рис. 1.1.

Основні корисні мінерали залізистих кварцитів – магнетит з вмістом заліза 72,4 % і гематит з вмістом заліза 69,9 %, а вміст заліза в руді в середньому близько 35...45 %. Технологічна схема збагачення залізистих кварцитів передбачає ряд послідовних операцій [3, 4, 5].

Підготовка до збагачення починається з усереднення і шихтування різних типів руди, що підвищує стабільність хімічного складу і фізичні властивості сировини. Залізисті кварцити за міцністю відносять до міцних і дуже міцних гірничих порід і, крім того, максимальний розмір грудок вихідного матеріалу збагачувальної фабрики становить до 1 200 мм, тому дроблення їх здійснюється звичайно в чотири стадії. Дві перші стадії найчастіше виконуються у відкритому циклі в конусних дробарках типу ККД (I стадія), КРД (II стадія). Потім виконується знешламлення залізної руди на дешламаторах. Третя стадія здійснюється в конусних дробарках типу КСД у відкритому циклі або з попереднім грохоченням, а четверта стадія виконується з попереднім грохоченням в дробарках типу КМД. В результаті дроблення одержують продукт крупністю до 20 мм. У зв'язку з тонким вкрапленням магнетиту дроблену руду піддають чотирістадійному подрібненню в стержневих і кульових млинах, або в млинах самоподрібнення.

Перша стадія подрібнення виконується у відкритому циклі в стержневих млинах, друга і наступні стадії – в кульових млинах, які працюють в замкненому циклі з гідроциклонами. При використанні самоподрібнення значно спрощується схема дроблення – руда дробиться в одну стадію до 500 мм і направляється в млини самоподрібнення.

Збагачення залізистих кварцитів здійснюють магнітною сепарацією в слабкому магнітному полі в сепараторах барабанного типу. В схемі збагачення використовується чотири-п'ять стадій магнітної сепарації, що дозволяє послідовно видаляти відходи, розкрити зростки і одержати концентрат з вмістом заліза 65 %. Зневоднення концентрату до вологості 10...12 % здійснюється в дискових вакуум-фільтрах, зневоднений концентрат відвантажується споживачам.

На збагачувальній фабриці №1 ПГЗК є кілька паралельних однотипних секцій збагачення, що працюють незалежно одна від одної [4]. Єдиним для всіх секцій є лише основний конвеєр направляючий руду з приймального бункера на

руди, що надходить в млин проводиться шляхом зважування її на тензометричних вагах. Розвантаження стрижневих млинів подається в двоспиральний класифікатор 1КСН (Ø3000x12500). Піски класифікатора подрібнюються в круговому млині МШЦ-4000x5000 (№12), що працює в замкнутому циклі з цим класифікатором.

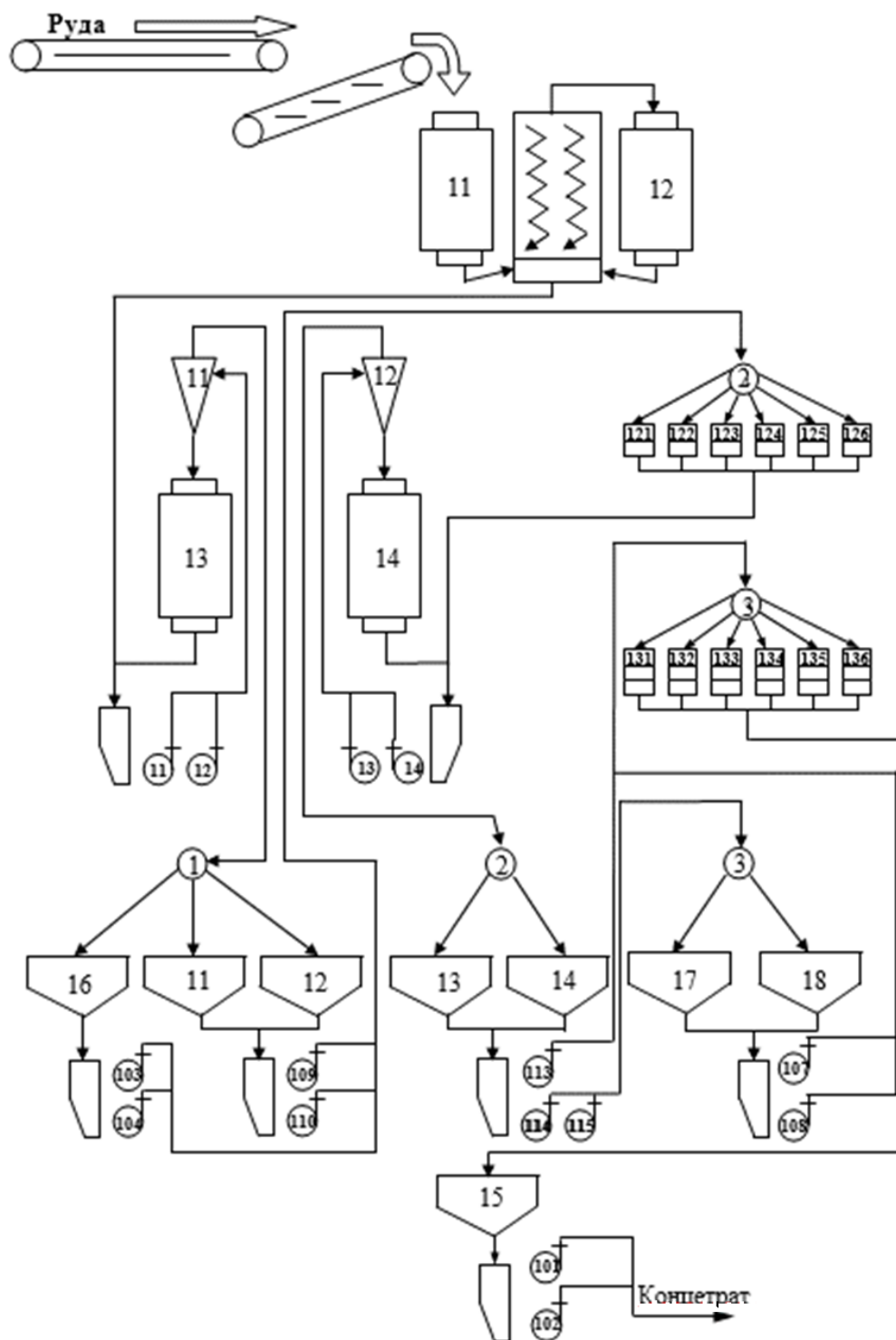


Рисунок 1.2 – Технологічна схема 1-ї секції збагачувальної фабрики

Злив класифікатора самопливом подається в технологічні зумпфи третьої стадії подрібнення і класифікації, яка складається з шарового млина МШЦ-4 000 x 5 000 (№13), що працює в замкнутому циклі з гідроциклоном Ø500 мм (№11). Злив гідроциклонів знешламлюється в трьох паралельно працюючих магнітних дешламаторах (гідросепаратори) МГС-5 (№16, 11, 12). Пульпа на вході дешламатора проходить через намагнічуючі апарати, що сприяє флокуляції магнітних частинок і збільшення швидкості їх осадження.

Злив дешламатора скидається в хвостів, а згущений продукт насосними агрегатами 5ГРК-8 (№103, 104, 109, 110) перекачується на другу стадію магнітної сепарації (перша стадія була прибрана при реконструкції секції), де встановлені 6 двобарабанных полупротиточных магнітних сепараторів (№121...126). Зумпфи насосів, що подають пульпу на сепарацію, обладнані системою стабілізації рівня пульпи. Продукт другої стадії магнітної сепарації поступає в технологічні зумпфи четвертої стадії подрібнення і класифікації (шаровий млин Ф4000x5000 (№14) і гідроциклони Ø500 (№12)). Злив гідроциклонів знешламлюється в чотирьох дешламаторах МГС-5, які працюють паралельно за принципом 2 + 2 («№13 і №14» + «№17 і №18»). Піски дешламатора насосами 5ГРК-8 (№113, 114, 115 і №107, 108) подаються на третю стадію магнітної сепарації, що складається з трьох барабанных магнітних сепараторів (№131...136). Продукт третьої стадії магнітної сепарації є кінцевим продуктом і після знешламлення в дешламатор 15 МД-5 надходить в збірний зумпф станції перекачки, з якої він насосами 12ГРК (№101 і 102) перекачується на ЦПО (цех переробки окатишів).

Таким чином видно, що магнітні дешламатори або гідросепаратори застосовують на збагачувальній фабриці для дешламації (позбавлення від шламів) і згущення зливу гідроциклонів (тонко подрібнених магнетитових промпродуктів) перед магнітним збагаченням і концентрату магнітного продукту перед його зневодненням. Тобто дешламатор дає можливість отримати особливо тонкий злив.

1.3 Процес дешламації як об'єкт автоматизації

1.3.1 Принцип дії дешламатора

Ключовим об'єктом цієї роботи є дешламатор. Розглянемо пристрій магнітного дешламатора МД-5. Він (рис. 1.3) складається з чаші 1 з круговим порогом 2, на днищі 4 рухаються спіральні лопаті 3, укріплені на обертовому валу 8. Вихідна пульпа подається в розподільну коробку 9 містить магнітну систему для поліпшення флокуляції пульпи і, потрапляючи в чан, переміщується до його периферії. Освітлений продукт (злив) через поріг 2 йде в круговий жолоб 7, а згущений - направляється лопатями 3 до центрального отвору для видалення пісків 6 і далі - в трубопровід 5. Для підняття і опускання спіралей служить спеціальний пристрій 10.

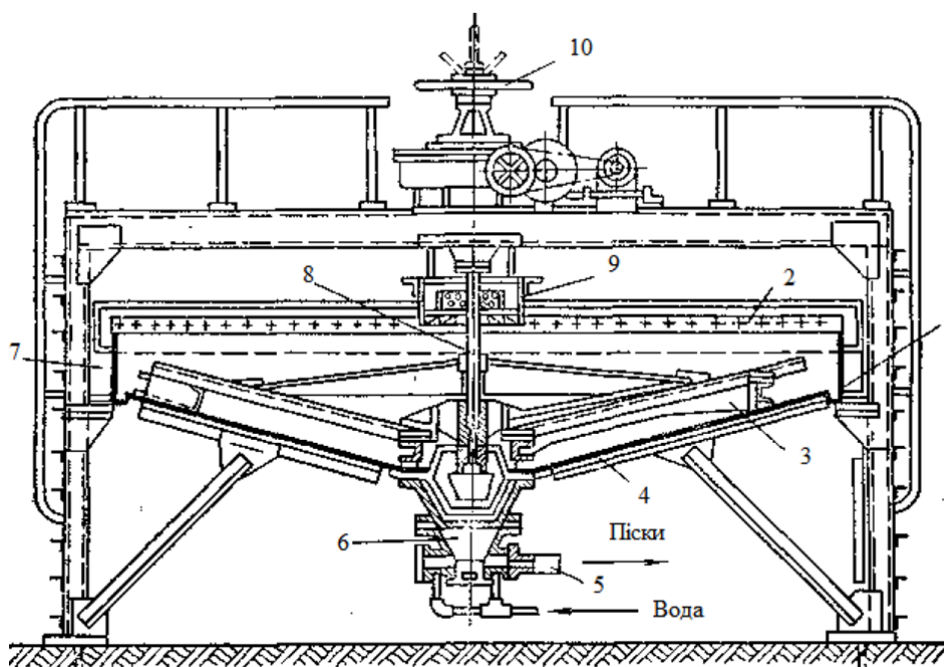


Рисунок 1.3 – Магнітний дешламатор МД-5.

Магнітний дешламатор МД-5 застосовується в даний час в лінії збагачення Полтавського ГЗК переобладнаний в магнітний гідросепаратор МГС-5 (рис. 1.4) на відміну від звичайного дешламатора, де пульпа з колектору через циліндричні намагнічуючі апарати розвантажується безпосередньо в ванну дешламатора, в апарату МГС-5 намагнічує апарат виконаний у вигляді кільцевої щілини 3, утвореної магнітами 4. Пульпа з колектору 1 через кільцеву щілину намагнічує

апарату розвантажується не у ванну дешламатора, а в спеціальну камеру утворену кільцевих заспокоювачем 5 і піддоном 6.

У кільцевому зазорі між нижньою кромкою кільцевого заспокоювача і піддоном радіально розташовані плоскі магнітні елементи 7, між якими створюється поле малої напруженості.

Пульпа вступаючи в ванну дешламатора через кільцевий зазор розділяється на два потоки. Перший потік - переважно флокули магнітного матеріалу направляється до днища дешламатора, де осідає сфлукуюваний матеріал граблями 8 транспортується в розвантажувальний малий конус 9 і розвантажується через патрубок 10. Немагнітні частки вихідним потоком води виносяться через зливний поріг.

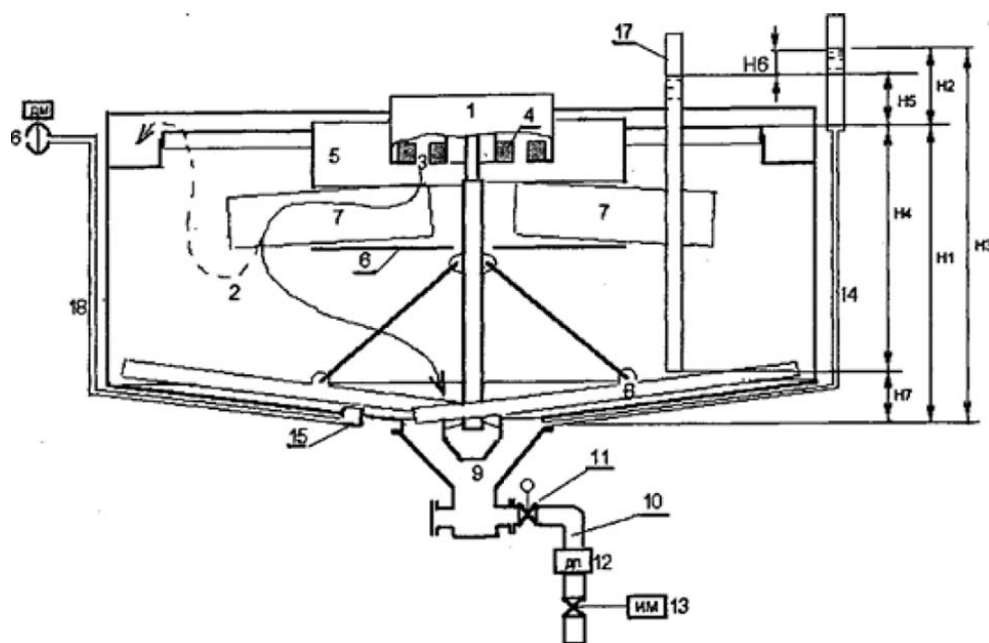


Рисунок 1.4 – Магнітний гідросепаратор МГС-5

Апарати МГС-5, що застосовуються в лінії збагачення ПГЗК, на відміну від стандартних дешламаторів, де через порушення роботи намагнічують апаратів (забивання, перекриття магнітного потоку, руйнування флокул турбулентним потоком) мають місце порушення процесу флокуляції, забезпечують надійну роботу при значних змінах щільності харчування і продуктивності. Параметри дешламатора і показники його роботи наведені в табл. 1.1.

Таблиця.1.1 - Параметри дешламатора

Параметр	Величина
Діаметр чана	5000 мм.
Площа дзеркала осадження	19,6 м ²
Крупність вихідного матеріалу	0-0,5 мм
Склад тревдого в живленні	18-20%
Частота обертання гребків	1,4 об/мин
Напруженість магнітного поля в середині робочого зазору намагнічує апарату	40 кА/м
Продуктивність по твердому	45-50 т/час
Потужність приводу	2.8 кВт

На секції збагачення розміщені 8 дешламаторів.

До основних показників відноситься характер роботи секції можна віднести:

1. Продуктивність секції по готовій руді: 140-160 т / год
2. Співвідношення руда - вода в головному млині. Масова частка твердого: 75...82%.
3. Щільність зливу класифікатора 1 150...1 250 кгс/м³, що циркулює навантаження активної потужності приводу спіралі: до 40 кВт.
4. Рівень в технологічних зумпфах: до 2 м.
5. Щільність розвантаження дешламатору 1 500...1 900 кгс/м³.

У лінії збагачення секції №1 ОФ ПГЗК є кілька стадій дешламації які трохи відрізняються одна від одної. Вихідним продуктом дешламації 1 прийому (дешламатор 11,12,16) є злив гідроциклонів Ø500 мм 1 прийому (№11). Навантаження між дешламаторами поділяється за допомогою пробок з ручним 1приводом, на підставі візуальної оцінки потоку пульпи в відкритих жолобах і обсягу зливу. Останній також залежить і від щільності пісків дешламатора. Зміст

дешламації 2 прийому (дешламатор 13, 14) - злив гідроциклонів Ø 500 мм 2 прийоми (№12); дешламації 3 прийому (дешламатор 17, 18) - піски дешламатору 2 прийоми; дешламації 4 прийому (дешламатор 15) - піски магнітних класифікаторів [5]. Параметри дешламації кожного з прийомів приведені в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 - Параметри процесу дешламації в лінії збагачення

Найменування		Од. вимір.	1 прийом	2 прийом	3 прийом
1.	Густина	г/л	1140	1150-1180	1050-1080
	Вміст твердого	%	До 20	16-20	До 12
2.	Густина пісків	г/л	1900-2000	1700-1900	1700-1750
	Вміст твердого	%	60-65	55-60	52-56
Дешламація концентрата					
3.	Густина	г/л	1050-1080		
	Вміст твердого	%	До 12		
4.	Густина пісків	г/л	1400-1500		
	Вміст твердого	%	37-45		

Циркулююче навантаження залежить від продуктивності секції, густини зливу класифікатора, стану насосів і параметрів магнітної сепарації.

Таким чином при розробці системи управління дешламації на секції слід враховувати, що для кожного прийому дешламації необхідні свої індивідуальні налаштування.

1.3.2 Процес дешламації як об'єкт керування

При розробці системи автоматизованого управління процесами збагачувальної фабрики увагу слід приділити і процесу дешламації, як одному з

процесів, параметри роботи якого впливають на завантаженість виробничого обладнання, такого як млина, сепаратори та ін. які необхідно враховувати під час розробки системи, тобто розглянути дешламатор як об'єкт автоматизації.

Розглядаючи дешламатор як об'єкт управління його можна подати у вигляді (рис. 1.5).



Рисунок 1.5 – Структурна схема дешламатора як об'єкта керування

До входніх впливів належать такі параметри:

- $Q_{и}$ – кількість продукту, що надходить до чаші дешламатора;
- $\gamma_{т}$ – вміст твердої фракції у пульпі;
- $Q_{ТВ}$ – кількість твердої фази у живлинні;
- $Q_{ж}$ – кількість рідкої фази у живлинні;
- $\rho_{и}$ - густина живлення.
- $H_{им}$ – становище виконавчого органу.

До вихідних параметрів відносяться:

- $\beta_{к}$ – вміст магнетиту в концентраті;
- $\gamma_{к}$ – вміст магнетиту в хвостах;
- P – гідростатичний напір у ванні дешламатора;
- $\rho_{п}$ - густина розвантаження дешламатора.

З аналізованих параметрів до керуючої величини можна віднести гідростатичний напір у ванні дешламатора – P . такі параметри як: навантаження на дешламатор по твердому – $Q_{и}$, густина живлення – $\rho_{и}$, кількість твердого та рідкого в живленні відносяться до параметрів, що обурюють.

Такі параметри роботи дешламатора як обсяг зливу і висхідний потік прямо пропорційні навантаженню на дешламатор по твердому - $Q_{и}$, і густині

пісків - $\rho_{п}$ і обернено пропорційний густині живлення - $\rho_{и}$ і виходу пісків - $\gamma_{т}$ тобто визначається водою і твердим, що йде в злив.

У табл. 1.3 та на графіку (рис. 1.6) наведено залежність швидкості вільного падіння від крупності частинок.

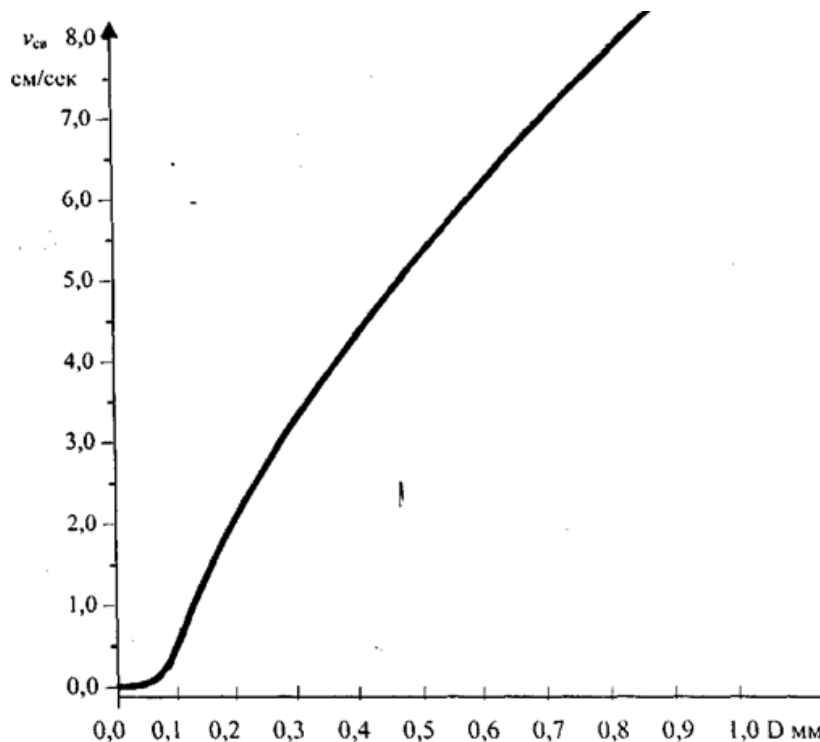


Рисунок 1.6 - Залежність швидкості падіння від розміру частинок

В результаті експериментів, що проводилися на дешламатор, були отримані й інші залежності параметрів дешламатора, що впливають на роботу. На рис. 1.7 наведено результати експерименту щодо визначення впливу щільності пісків на розподіл матеріалу за глибиною ванни дешламатора (криві 1, 2, 3, 4), та результати експерименту щодо визначення впливу продуктивності дешламатора на розподіл щільності (пунктирні криві 2 а, 3 а, 4 а). У першому експерименті при щільності пісків 1 900 кгс/м³, дешламатор увійшов в аварійний режим роботи зі втрати магнетиту зі зливом (дешламатор «закипів»). У другому експерименті за тієї ж щільності він працював нормально. Густина зливу знаходилася в межах 1050...1060 кгс/м³.

Таблиця 1.3 - Залежність швидкості падіння від розміру частинок

Розмір, мм	0,03	0,04	0,05	0,08	0,16	0,3	0,5	0,8
Швидкість, см/с	0,06	0,11	0,16	0,35	1,7	3,2	5,3	7,8

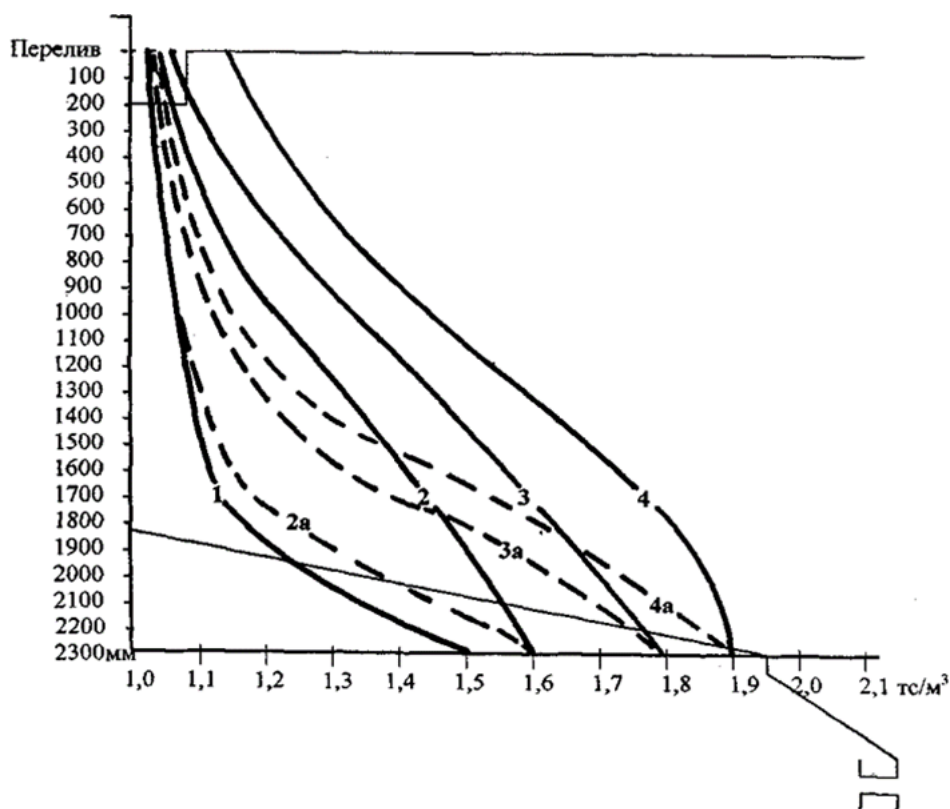


Рисунок 1.7 - Розподіл матеріалу по глибині ванни дешламатора

Для дешламаторів, що застосовуються на збагачувальному комбінаті розроблено стандартний принцип управління процесом. Дешламація є процесом з малою кількістю параметрів, що піддаються регулюванню. Для отримання малої кількості концентрату (втратою) у переливі та для якісного виділення нерудних частинок з пульпи, необхідно підтримувати висоту магнетитового флоккульованого шару на певному рівні, яких забезпечує ефективність поділу та технологічну завантаженість апарату. Цей рівень визначають шляхом індивідуального експерименту для фабрики.

Дешламатор розроблений як апарат з гідростатичною розвантаженням, тому в принцип управління процесом дешламації покладено регулювання відкриття клапана на пісковій насадці в залежності від рівня згущеного продукту чаші дешламатора.

Отже регулювання процесу дешламації розглядається каналом: «рівень магнетиту – становище виконавчого органу».

1.4 Відомі рішення в даній галузі

В даний час на залізородних збагачувальних фабриках працюють три типи систем регулювання дешламаторів:

- а) система регулювання густини пісків;
- б) система регулювання рівня осаду з безпосереднім його виміром;
- в) система регулювання рівня осаду з виміром непрямого параметра – гідростатичного тиску біля днища дешламатора.

Система регулювання густини розвантаження дешламатора з вимірюванням щільності пісків радіоактивним щільноміром була розроблена та впроваджена Київським інститутом автоматики у процесі створення АСУ ТП Костомукського гірничо-збагачувального комбінату. Верхня межа щільності була встановлена 1900 кгс/ м^3 . За завдання вищої щільності мав місце нестійкий режим роботи.

До недоліків цієї системи належить: ненадійна електронна схема; висока інтенсивність джерел; застосування застарілих густомірів; складність монтажу та неможливість обслуговувати систему робітникам ділянки КВП через радіоактивний елемент щільноміра. Загалом це підвищує вартість самої системи та витрат на її впровадження та обслуговування.

Як альтернатива застосуванню радіоізотопних приладів використовують ультразвуковий густиномір [6]. Ультразвуковий густиномір має вимірювальний елемент, що є фторопластової прокладки між фланцями на пульпопроводі. Пристрій практично не займає місце і не вимагає встановлення будь-яких опорних конструкцій. На відміну від радіоізотопного щільного прилад екологічно безпечний і може обслуговуватися службою КВП підприємства. Прилади такого типу не набули раніше широкого поширення через складність схем, дорожнечі і, головним чином, неможливості створення універсального приладу, що працює на різних середовищах. Основна сфера їх застосування це вимір щільності гомогенних середовищ. Для вимірювання густини суспензій, зокрема рудних пульп, ця апаратура застосовується досить рідко, в основному

через вплив на показання крупності частинок твердого, розшарування матеріалу по перерізу трубопроводу, температури середовища і т. д.

Компенсація впливу цих параметрів на показання датчиків не завжди вдається і це призводить до значних ускладнень та подорожчання приладу.

На ряді комбінатів проводяться експериментальні роботи зі створення систем із безпосереднім виміром висоти шару осаду індуктивними датчиками. У разі міряється не рівень, а концентрація магнетиту якийсь заданої висоті.

Для Полтавського ГЗК ця система застосовна тільки для 1 стадії дешламації, а на другий вона не придатна, оскільки оптимальний рівень тут знаходиться на рівні граблів.

На першій стадії цей пристрій не застосовують, тому що немає надійного датчика контролю магнітної проникності пульпи.

В системах регулювання рівня осаду з виміром непрямого параметра датчик тиску встановлюють біля днища дешламатора і вимірюють вагу стовпа пульпи висотою від точки встановлення датчика рівня переливу $P = H \cdot \rho_{\text{сп}}$. Тут H -глибина занурення датчика; $\rho_{\text{сп}}$ - середня густина пульпи.

На практиці задача вимірювання тиску у днища ускладнюються наявністю ліжка з рудного ущільненого матеріалу. А розмістити відбірники тиску у місцях інтенсивного потоку не можна через вплив швидкості середовища.

На даний час розроблені декілька способів боротьби з цим явищем:

- вимірювання гідростатичного тиску з руйнуванням ущільненого ліжка протокою води;
- вимірювання гідростатичного тиску в точці розташованої вище за граблі;
- вимірювання гідростатичного тиску у шарі осаду.

В останньому випадку Київським інститутом автоматички було створено посудину, що виключає вплив осаду на показання датчика тиску.

На підставі експериментів було встановлено, що при площі розділової діафрагми (60...80 см²) та товщині шару ущільненого осаду до 20 мм вплив практично відсутній.

Суть методу в тому, що розподільна судина за допомогою гвинтів висувається всередину ванни так, щоб відстань до рухомої деталі граблів була 15...20 мм.

При визначенні точності вимірювань слід виходити з:

- 1) у дешламаторі немає стійкого зв'язку між густиною розвантаження та рівнем осаду;
- 2) оптимальна щільність пісків досягається при певному рівні осаду і при подальшому його підвищенні практично не змінюється;
- 3) гранична (оптимальна) густина на дешламаторах другого і третього прийому досягається при дуже низьких рівнях осаду (нижче за граблі) і його підвищення до певних меж не відбивається на технологічних показниках роботи апарату. Змінюється лише ступінь відкриття шлангового затвора та транспортне запізнення.

1.5 Постановка завдання

Для підвищення ефективності управління процесом дешламації на фабриці збагачування ГЗК в бакалаврській роботі поставлені такі завдання:

- вибрати датчики та виконавчі механізми для контролю та зміни фізичних та технологічних параметрів процесу дешламації;
- на основі даних активних експериментів виконати структурну та параметричну ідентифікацію динамічних режимів роботи дешламатора по каналу «рівень магнетиту – положення виконавчого органу»;
- перевірити статичну складову моделі дешламатора на адекватність за критерієм Фішера;
- запропонувати структурну схему мікропроцесорної системи для реалізації системи автоматичного регулювання процесом дешламації.

2 РОЗРОБКА АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

2.1 Розробка структурної схеми системи керування

У кваліфікаційній роботі в якості об'єкту керування обрано магнітний гідросепаратор МГС-5 процесу дешламації, як одного з процесів, параметри роботи якого впливають на завантаженість виробничого обладнання збагачувальної фабрики.

З аналізованих параметрів до керуючої величини можна віднести гідростатичний напір у ванні дешламатора – P , який залежить від таких параметрів як: навантаження на дешламатор по твердому – $Q_{и}$, густина живлення – $\rho_{и}$, кількість твердого та рідкого в живленні відносяться до параметрів, що обурюють.

Такі параметри роботи дешламатора як обсяг зливу і висхідний потік прямо пропорційні навантаженню на дешламатор по твердому – $Q_{и}$, і густині пісків – $\rho_{п}$ і обернено пропорційний густині живлення – $\rho_{и}$ і виходу пісків – $\gamma_{т}$ тобто визначається водою і твердим, що йде в злив.

Для дешламаторів, що застосовуються на збагачувальному комбінаті розроблено стандартний принцип управління процесом. Дешламація є процесом з малою кількістю параметрів, що піддаються регулюванню. Для отримання малої кількості концентрату (втратою) у переливі та для якісного виділення нерудних частинок з пульпи, необхідно підтримувати висоту магнетитового флокульованого шару на певному рівні, яких забезпечує ефективність поділу та технологічну завантаженість апарату. Цей рівень визначають шляхом індивідуального експерименту для фабрики.

Дешламатор розроблений як апарат з гідростатичною розвантаженням, тому в принцип управління процесом дешламації покладено регулювання відкриття клапана на пісковій насадці в залежності від рівня згущеного продукту чаші дешламатора.

Отже регулювання процесу дешламації розглядається каналом: «рівень магнетиту – стан виконавчого органу».

Таким чином, при створенні системи регулювання процесу дешламації необхідно розробити таку систему регулювання, яка отримувала б дані про положення рівня поділу освітленого та флокуленого шару, щоб при зміні рівня можна було його стабілізувати використовуючи перетискний клапан, або заслінку.

Висоту рівня поділу освітленого та флокуленого шару матеріалу будемо визначати через вимірювання непрямого параметра – гідростатичного тиску (напору) матеріалу на днищі дешламатора, а висоту рівня (тиск на днищі) будемо змінювати ступенем відкриття заслінки клапана на пісковій насадці.

На рис. 2.1 показана структурна схема системи керування магнітним гідросепаратором МГС-5.

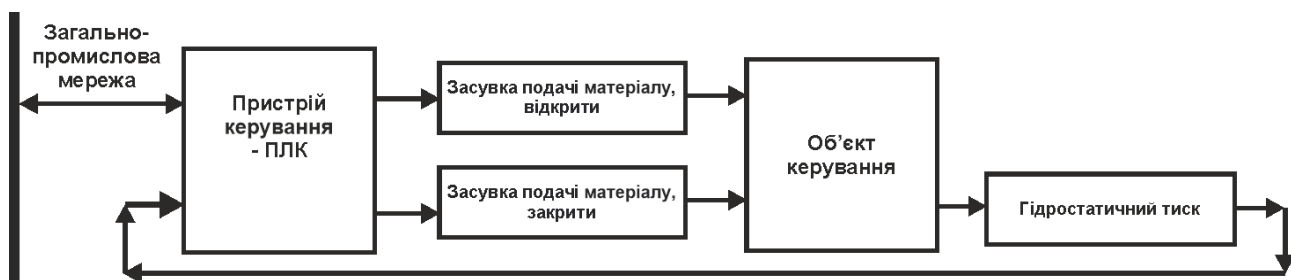


Рисунок 2.1 – Структурна схема системи керування магнітним гідросепаратором МГС-5

2.2 Вибір апаратного забезпечення системи керування

2.2.1 Датчик гідростатичного тиску САПФІР 22 ДГ

Датчик САПФІР 22 ДГ використовують в системах АСУ ТП для вимірювання гідростатичного тиску палива, води, рідин, газу або пари, що дозволяє контролювати витрату і рівень цих середовищ, а також для безперервної передачі вимірюваних значень у вигляді стандартного вихідного струмового сигналу на вторинну апаратуру реєстрації даних або виконавчі механізми.

Гідростатичний датчик рівня САПФІР 22 ДГ складається з двох основних компонентів – тензорезистивного датчику з мембраною і електронний пристрій обробки даних.



Рисунок 2.1 - Датчик гідростатичного тиску САПФІР 22 ДГ

Принцип дії датчика САПФІР 22 ДГ нагадує датчик диференціального тиску. Датчик гідростатичного тиску САПФІР 22 ДГ вимірює тиск стовпа рідини, води, палива і перетворює даний параметр в значення рівня. При цьому не важливий датчику обсяг ємності, в якій відбувається замір, а також її форма, так як значення гідростатичного тиску може варіюватися тільки від зміни рівня і щільності рідини.

Сам процес вимірювання у САПФІР 22 ДГ виглядає таким чином - на одну камеру, приєднану до резервуару, подають тиск середовища, а інша камера з'єднується з надлишковим тиском (при закритому резервуарі під тиском) або з'єднується з атмосферою (при відкритій ємності, в разі відсутності надлишкового тиску).

Ефективне застосування гідростатичного рівнеміра САПФІР 22 ДГ можливо при проведенні замірів однорідних рідин і в резервуарах, де практично не відбувається рух робочого середовища.

Залежно від перепаду тиску існує кілька моделей САПФІР 22 ДГ, які між собою також відрізняються конструкцією вимірювального блоку. При потребі в датчику гідростатичного тиску з діапазоном від 0...6,0 кПа до 0...40 кПа вибирають датчик САПФІР 22 ДГ 2530, а при потребі від 0...2,5 кПа до 0...10кПа замовляють датчик САПФІР 22 ДГ 2520.

Технічні характеристики датчика гідростатичного тиску САПФІР 22 ДГ наведені в табл. 2.1 [13].

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики датчика гідростатичного тиску САПФІР 22 ДГ

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	САПФІР 22 ДГ 2520
2	Діапазон робочих температур, °С	5...45
3	Клас захисту	IP68
4	Точність, %	±2,0
5	Діапазон вимірювання, кПа	0...2,5
5	Діапазон вихідного сигналу, мА	4...20
6	Напруга живлення, В	24
7	Потужність споживання, Вт	7

Гідростатичний датчик САПФІР 22 ДГ є аналоговим і може перенастроюватися всередині моделі на будь-який з діапазонів значень верхньої межі вимірювань. Датчики САПФІР 22 ДГ виготовляються у загальнопромислому виконанні, вибухозахищеному САПФІР 22 ДГ ВН вибухобезпечному САПФІР 22 ДГ ЕХ, і атомному виконанні САПФІР 22 ДГ ВН А, САПФІР 22 ДГ ВН АС2, САПФІР 22 ДГ ВН АС3. При цьому датчики гідростатичного тиску атомного виконання САПФІР 22 ДГ можуть бути і у вибухозахищеному виконанні і в загальнопромислому. Виробництво САПФІР 22 ДГ здійснюється заводом - виробником на підставі ТУ 25-02.100431-2007 [19].

На підставі обраних датчиків та їх технічних характеристик складена табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Датчики

№	Назва параметру	Принцип дії	Тип	Діапазон змінення	Точність	Значення виходу	Період оновлення	Напруга живлення	Потужність споживання
1	Гідростатичний тиск	Тензодатчик, цифрова система	Аналоговий	0...2,5 кПа	±2,0 %	4...20 мА	0.1 с	24 В	7 Вт

2.2.2 Електрозасувка 30с964нж Ду400 Ру25

За технічними параметрами необхідно здійснювати керування подачею матеріалу ступенем повного відкриття або закриття заслінки на пісковій насадці.

Для здійснення керування подачею матеріалу обрано електрозасувку 30с964нж Ду400 Ру25 (рис. 2.2).

Технічні характеристики частотного перетворювача наведені в табл. 2.3 [20].

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики електрозасувка 30с964нж Ду400 Ру25

Найменування параметра	Значення
Тип	Клиновий
Напруга живлення, В	~220
Потужність, кВт	10
Прохідний діаметр DN	400
Робочий тиск, РN	25



Рисунок 2.2 – Електрозасувка 30с964нж Ду400 Ру25

На підставі наведеного вище для виконавчих пристроїв, та їх технічних характеристик складена табл. 2.4.

Для керування електроприводом засувки 30с964нж Ду400 Ру25 (~380 В/ 700 Вт, реверсивне керування) використаємо трифазне твердотільне реле змінного струму Jotta SSR 10DA, 480 В змінного струму, з керуванням 0...24 В постійної напруги, яке будемо використовувати у дискретному режимі керування відповідно для здійснення процесу відкриття і закриття засувки [21].



Рисунок 2.3 – Трифазне твердотільне реле Jotta SSR 10DA (3x~380 В, 0...24 В)

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики трифазного твердотільного реле Jotta SSR 10DA

Найменування параметра	Значення
Тип	NBR
Напруга навантаження, В	~600 В
Струм навантаження, А	0...10
Струм керування, мА	4...20

Зупинка приводу положення засувки у кінцевих положеннях здійснюється схемою самої електрозасувки, тому контролювати положення засувки у системі керування не потрібно. Система керування здійснює керування засувкою у режимі дискретного керування – відкрито / закрито.

На підставі наведеного вище для виконавчих пристроїв, та їх технічних характеристик складена табл. 2.5.

Таблиця 2.5 – Виконавчих пристроїв

№	Назва параметру	Принцип дії	Тип	Діапазон змінення	Лінійність	Період оновлення	Напруга живлення, В	Потужність споживання, Вт
1	Продуктивність матеріалу (відкриття)	4...20 мА	Аналоговий	0...100 %	Лінійний	0,1 с	24	1,0
2	Продуктивність матеріалу (закриття)	4...20 мА	Аналоговий	0...100 %	Лінійний	0,1 с	24	1,0

2.3.3 Вибір пристроїв керування

Відповідно вимогам до системи керування, що розробляється, в якості пристрою керування, треба використовуватися програмований логічний контролер компанії VIPA. Цикл роботи контролера повинен бути не більше

100 мс, для забезпечення необхідної реакції на змінення стану технологічних датчиків. Крім того контролер повинен мати не менш 1 кбайт вільної робочої пам'яті для реалізації програми керування.

Контролер повинен мати модульну структуру, що забезпечить підключення тільки обраного обладнання, та забезпечить легке розширення подальшого функціоналу.

До контролеру треба підключити датчик гідросатичного тиску САПФІР 22 ДГ 2520, який має уніфікований стандартний тип виходу 4...20 мА.

Для керування продуктивністю подачі матеріалу треба пропорційне керування електрозасувкою 30с964нж Ду400 Ру25 за допомогою дискретного керування електроприводом засувки за допомогою двох трифазних твердотільних реле Jotta SSR 10DA з параметрами керування 4...20 мА.

Так як система керування технологічним обладнанням повинна інтегруватися у загально-заводську автоматизовану систему керування технологічним обладнанням всього підприємства, то треба мати стандартний послідовний канал зв'язку, визначений раніше - RS-485 з протоколом MODBUS, або мережевий канал Ethernet.

Наведеним вимогам відповідає програмований логічний контролер VIPA 214-2BS33. Контролер має час арифметичної операції над речовим числом 40 мкс, об'єм пам'яті програм 144 кбайт, об'єм робочої пам'яті 96 кбайт та інтерфейс RS-485 (рис. 2.4). Технічні характеристики контролеру наведені в табл. 2.6.



Рисунок 2.4 – Програмований логічний контролер VIPA 214-2BS33

Таблиця 2.6 – Технічні характеристики програмованого логічного контролеру VIPA 214-2BS33

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	CPU 214SER
2	Пам'ять, кбайт	144
3	Робоча пам'ять, кбайт	96
4	Максимальна кількість модулів, штук	32
5	Час виконання команди над бітом, мкс	0,18
6	Час виконання команди над байтом, мкс	0,78
7	Час виконання команди над словом, мкс	1,8
8	Час виконання команди над двійним словом, мкс	40,0
9	RS-485 інтерфейс	Присутній
10	Напруга живлення, В	24
11	Споживана потужність, Вт	5

Для підключення аналогового датчика гідростатичного тиску САПФІР 22 ДГ 2520, який має стандартний струмовий сигнал 4...20 мА, обрано модуль аналогового вводу VIPA 231-1BD40, який має чотири аналогових входів (рис. 2.5). Технічні характеристики модуля наведені в табл. 2.7.



Рисунок 2.5 – Модуль аналогового вводу VIPA 231-1BD40

Таблиця 2.7 – Технічні характеристики модуля аналогового вводу VIPA 231-1BD40

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	SM 231, ECO
2	Кількість каналів	4
3	Тип каналу	Аналоговий
4	Діапазон вхідного сигналу, мА	4...20
5	Довжина екранованого провідника, м	200
6	Споживана потужність, Вт	0,6

Приклад схеми підключення датчика з типом вихідного сигналу 4...20 мА до модуля аналогового вводу наведена на рис. 2.6.

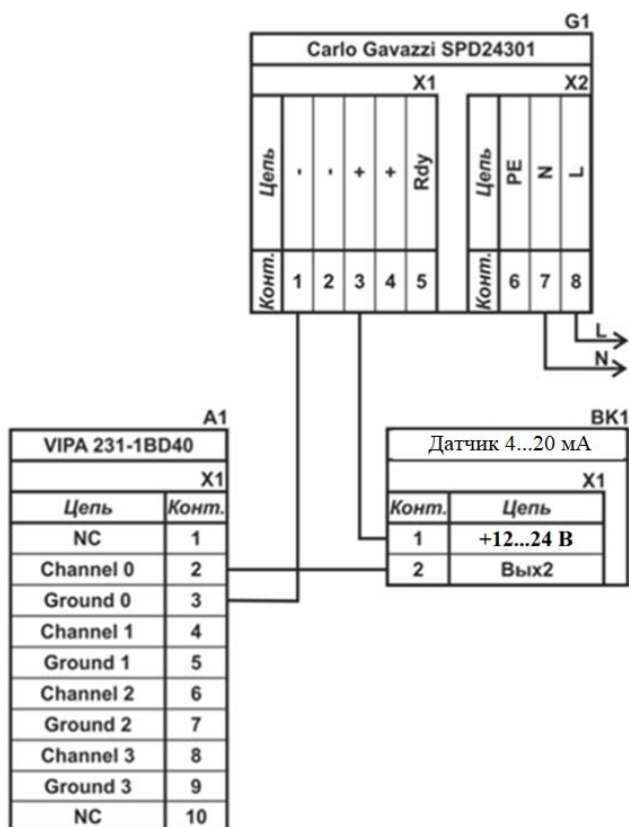


Рисунок 2.6 – Схема підключення датчика з типом вихідного сигналу 4...20 мА

Для дискретного керування електроприводом засувки 30с964нж Ду400 Ру25 за допомогою двох трифазних твердотільних реле Jotta SSR 10DA з параметрами керування 4...20 мА потрібен модуль аналогового виводу з діапазоном аналогового вихідного сигналу 4...20 мА.

Для цього обрано модуль VIPA 232-1BD40 у якому є чотири аналогових виходи 4...20 мА (рис. 2.7).

Технічні характеристики модуля наведені в табл. 2.8.



Рисунок 2.7 – Модуль аналогового виводу VIPA 232-1BD40

Таблиця 2.8 – Технічні характеристики модуля аналогового виводу VIPA 232-1BD40

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	SM 231, ECO
2	Кількість каналів	4
3	Тип каналу	аналоговий
4	Параметри каналу	4...20 мА
5	Діапазон вхідного сигналу	комбінований
6	Довжина екранованого провідника, м	200
7	Споживана потужність, Вт	0,6

Схема підключення пристрою керування до модуля аналогового виводу наведена на рис. 2.8.

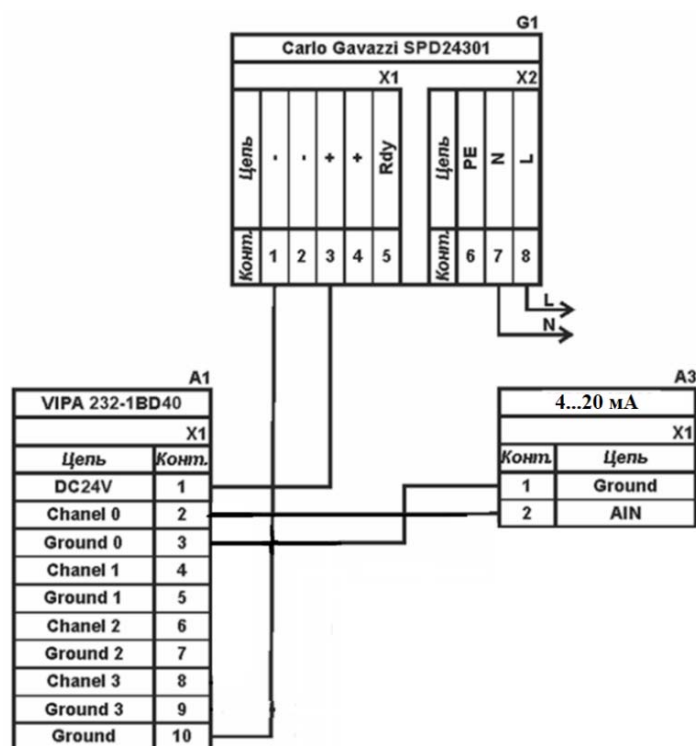


Рисунок 2.8 – Схема підключення до модуля аналогового виводу

Згідно з вимогами до системи керування, в якості котрого виступає програмований логічний контролер, та пультом оператора, в якості якого виступає персональний комп'ютер, необхідно організувати мережу за допомогою інтерфейсу RS-485. Обраний програмований логічний контролер VIPA 214-2BS33 має інтерфейс RS-485. Схема підключення персонального комп'ютеру до програмованого логічного контролеру наведена на рис. 2.9.

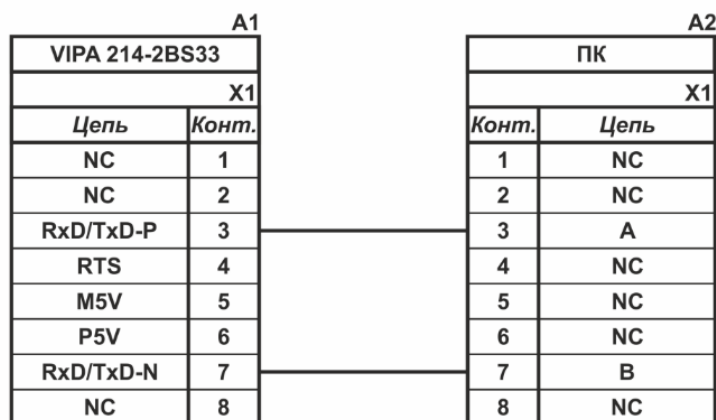


Рисунок 2.9 – Схема підключення по інтерфейсу RS-485

На підставі обраного програмованого логічного контролера та його модулів складена табл. 2.9.

Таблиця 2.9 – Пристрій керування та його модулі

№	Назва модуля	Пристрій	Напруга живлення	Потужність споживання
1	VIPА 214-2BS33	Центральний процесорний модуль	24 В	5,0 Вт
		Зв'язок - АСК ТП		
2	VIPА 231-1BD40	Модуль аналогового вводу	24 В	0,6 Вт
		Гідростатичний тиск	24 В	7,0 Вт
3	VIPА 232-1BD40	Модуль аналогового виводу	24 В	1,0 Вт
		Засувка подачі матеріалу (відкриття)	24 В	1,0 Вт
		Засувка подачі матеріалу (закриття)	24 В	1,0 Вт

2.3.4 Вибір джерел живлення

Програмований логічний контролер та його модулі мають напругу живлення +24 В. Загальна потужність споживання програмованого логічного контролера та його модулів:

$$P = 5,0 + 1 * 0,6 + 1 * 1,0 = 6,6 \text{ Вт.} \quad (2.1)$$

Виходячи з потужності споживання контролеру та його модулів у якості джерела живлення обрано блок живлення SPD24301 з вихідною напругою +24 В та потужністю 30 Вт (рис. 2.10). Технічні характеристики блока живлення наведені в табл. 2.10.



Рисунок 2.10 – Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301

Таблиця 2.10 – Технічні характеристики блока живлення Carlo Gavazzi SPD24301

№	Найменування параметра	Значення
1	Напруга живлення, В	~85...~264
2	Вихідна напруга, В	24
3	Потужність, Вт	30
4	Максимальний вихідний струм, А	1,25

Схему підключення програмованого логічного контролера до блока живлення наведена на рис. 2.11.

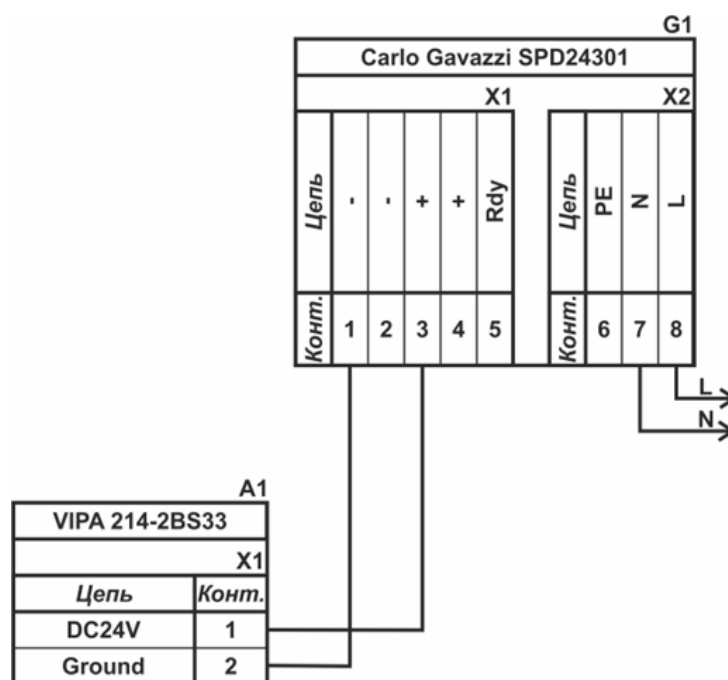


Рисунок 2.11 – Схема підключення програмованого логічного до блока живлення

Виконавши аналіз обраного обладнання можливо зробити вивід, що зовнішній блок живлення потрібен для живлення датчиків та ланцюгів живлення

керуючих пристроїв. Таким чином потужність споживання за напругу живлення +24 В становитиме:

$$P = 1 * 7,0 + 2 * 1,0 = 9,0 \text{ Вт.} \quad (2.2)$$

Виходячи з потужності споживання датчиків та ланцюгів живлення керуючих пристроїв у якості джерела живлення обрано блок живлення такий самий як і для програмованого логічного контролера SPD24301 з вихідною напругою +24 В та потужністю 30 Вт.

2.4 Розробка функціональної схеми автоматизації

Виходячи з вимог до системи керування магнітним гідросепаратором МГС-5, розроблена функціональна схема автоматизації яка і наведена на рис. 2.12.

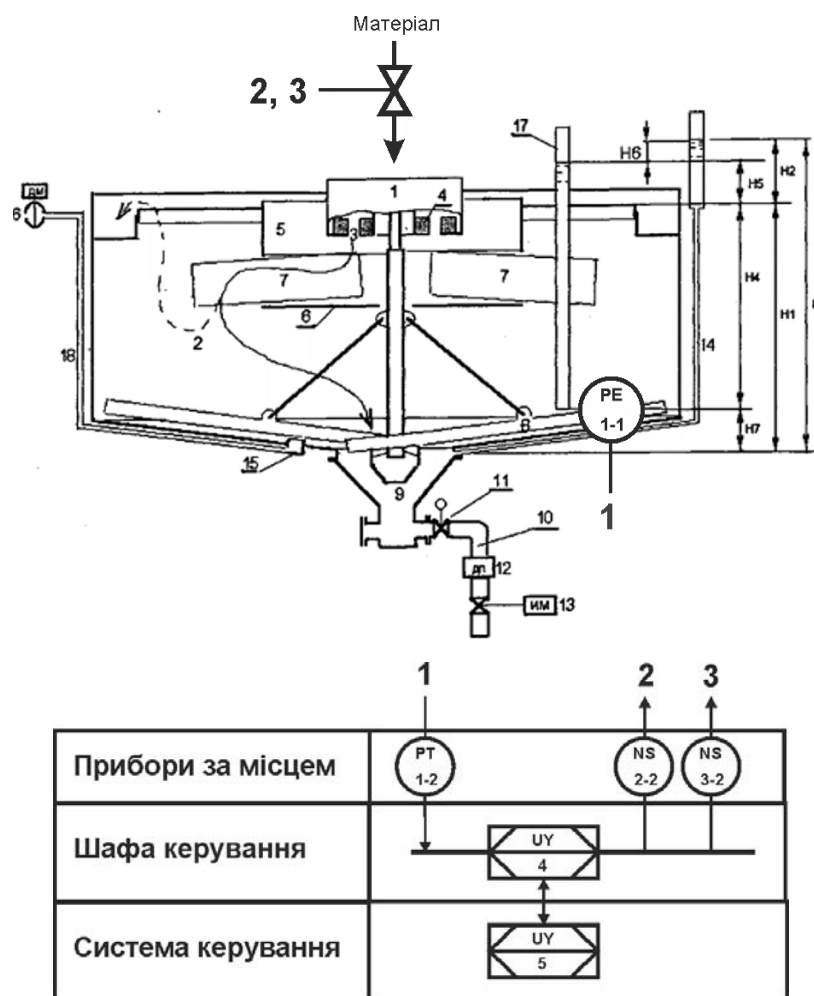


Рисунок 2.12 – Функціональна схема автоматизації магнітного гідросепаратору МГС-5

У якості пристрою керування використовується програмований логічний контролер (UY 4) - VIPA 214-2BS33. Програмований логічний контролер підключено до технологічного обладнання АСУ ТП, за що відповідає система автоматизації більш високого рівня (UY 5), зв'язок між ними реалізовано за допомогою інтерфейсу RS-485.

Для вимірювання гідростатичного тиску використовуються датчик (PE 1.1 - САПФІР 22 ДГ 2520) та перетворювач 4...20 мА (ЗТ 1.2 - САПФІР 22 ДГ 2520).

Для керування продуктивністю подачі матеріалу використовуються електрична засувка 30с964нж Ду400 Ру25) з двома перетворювачами 4...20 мА для реверсивного керування у дискретному режимі - 4 мА або 20 мА (NS-2.2-1, NS-3.2-1 - Jotta SSR 10DA).

2.5 Розробка схеми електричної принципової

На основі функціональної схеми автоматизації та обраного апаратного забезпечення розроблена схема електрична принципова системи керування магнітним гідросепаратором МГС-5 (рис. 2.13).

В системі керування використовуються два блока живлення. Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301 (G1) підключено до програмованого логічного контролеру VIPA 214-2BS33 (A1). Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301 (G2) підключено до модулю аналогового вводу VIPA 231-1BD40 (A1 – X3), виводу VIPA 232-1BD40 (A1 – X4), до датчику статичного тиску (BK1) САПФІР 22 ДГ.

Датчик підключено до модулю аналогового вводу VIPA 231-1BD40 (A1 – X3) до каналів 0 за допомогою стандартного сигналу 4...20 мА.

Для керування засувкою подачі матеріалу використовується модуль дискретного виводу VIPA 232-1BF00 (A1 – X4), керування YA1, YA1 здійснюється по каналам 0, 1 за допомогою стандартного сигналу 4...20 мА – реверсивне дискретне керування відкриттям/ закриттям засувки.

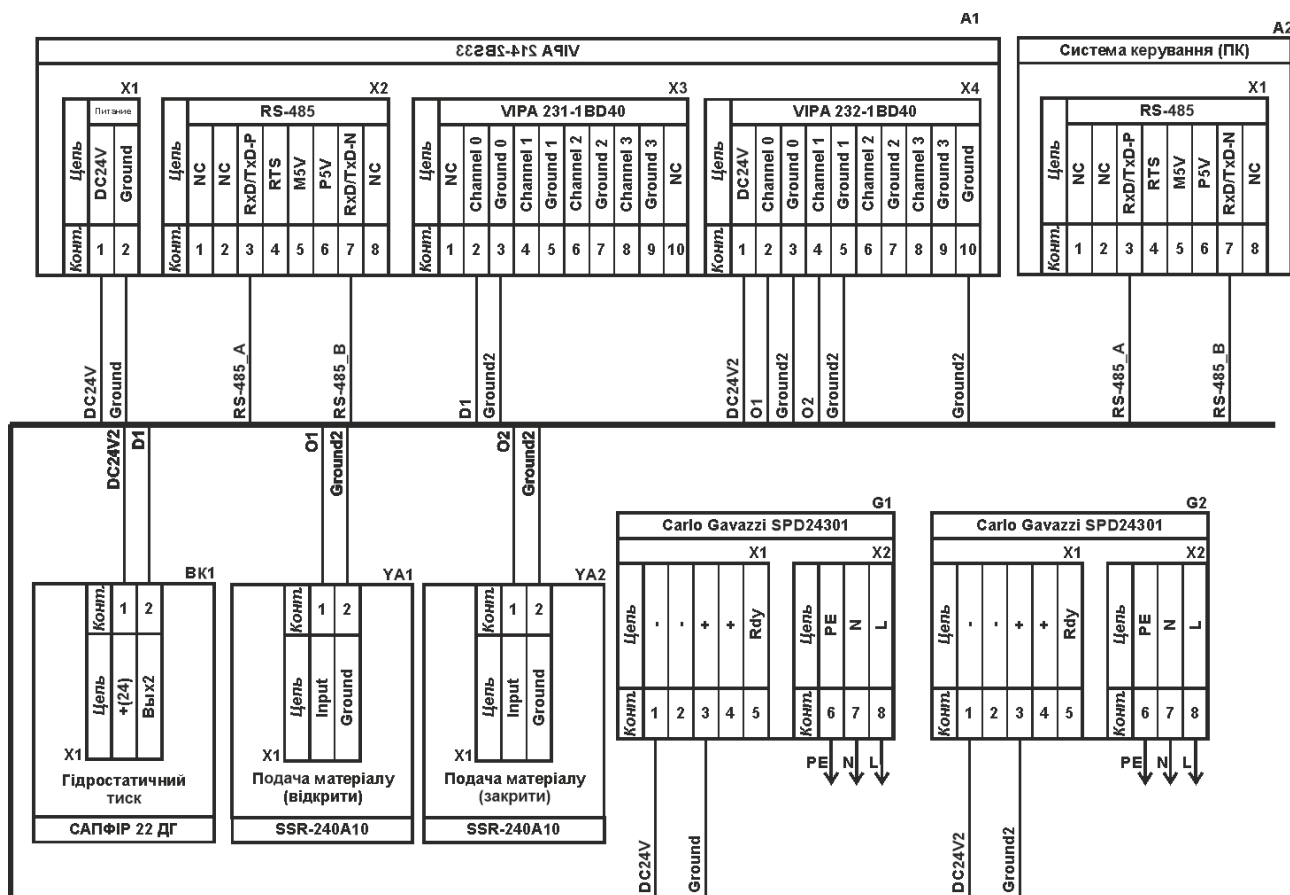


Рисунок 2.13 – Схема електрична принципова системи керування магнітним гідросепаратором МГС-5

Зв'язок між програмованим логічним контролером VIPA 214-2BS33 (A1) та АСК ТП верхнього рівня (A2) реалізовано за допомогою інтерфейсу RS-485 (A1 – X2).

2.6 Висновки за розділом

Для синтезу системи керування технологічним обладнанням - магнітним гідросепаратором МГС-5 обрані необхідні датчики, виконавчі пристрої, промисловий контролер, модулі вводу і виводу, розроблена функціональна схема автоматизації, розроблена схема принципова системи керування, складено перелік елементів до схеми електричної принципової.

3 ВИЗНАЧЕННЯ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

3.1 Особливості дослідження динамічних характеристик об'єкта автоматичного керування

Гірничо-збагачувальний комбінат представляє собою ряд послідовних переділів, кожен із яких впливає наступні, й у кінцевому підсумку впливає на ефективність роботи комбінату загалом.

Збільшення ефективності виробництва при підготовці сировини до металургійного переділу є однією з нагальних проблем, що стоять перед гірничорудною промисловістю.

Дешламатор у лінії збагачення виконує роль знешламлювача та частково сепаратора. Залежно від налаштування та параметрів роботи дешламатора змінюється відповідно і навантаження на інші технологічні апарати, особливо на млини, що стоять усередині циклу магнітної сепарації та класифікації в гідроциклонах (рис. 1.2).

Тому, хоча дешламація і не є основним процесом збагачення, та її робота істотно позначається роботі секції.

Серед одного з перспективних напрямів підвищення ефективності виробництва є автоматизація процесу. Але існують проблеми автоматизації об'єктів гірничорудної промисловості, які пов'язані з їхньою нестаціонарністю, багатовимірністю, дією неконтрольованих збурень і недостатньою вивченістю фізичних процесів, що протікають. Для створення найбільш досконалої автоматичної системи, що має високу якість функціонування в реальних умовах, необхідно проведення досліджень на реально працюючому об'єкті з метою визначення його структури та параметрів.

Система регулювання гідростатичного тиску в дешламаторі відноситься до нелінійних систем регулювання. Дешламатор, як об'єкт автоматичного керування, менш контрольований порівняно з іншими об'єктами збагачувальної фабрики.

Для контролю рівня магнетитового сфлюкульованого матеріалу із застосуванням датчика гідростатичного напору у ванні дешламатора, вирішується завдання стабілізації його при зміні таких параметрів, як кількість твердого та густина пульпи, що надходять у дешламатор. За відсутності контролю цих параметрів, особливо при паралельно працюючих дешламаторах, виникає небезпека порушення оптимального режиму роботи дешламації та виникнення аварійних ситуацій.

Ідентифікацію процесу знешламлення в гідросепараторі виконаємо на основі експериментальних даних, отриманих шляхом активного експерименту в умовах Полтавського гірничо-збагачувального комбінату [17].

В ході експерименту ступінчасто змінювалось положення виконавчого органу і фіксувались зміни гідростатичного напору.

При проведенні експерименту збурення положення виконавчого органу змінювалося в межах 100...40 %, так як шланговий затвор (РО) у поєднанні з кінематичною парою від виконавчого механізму до затвора має холостий хід на інтервалі 0...40 %.

Під час проведення експерименту дані заносилися до комп'ютера у цифровому коді, а потім перетворювались до відносних величин:

- шкала приладу вимірювання умовного рівня осаду – 0...100%, код – 0...3 276 (тобто струм приладу; -20 мА);
- шкала положення клапана – 0...100%, код – 0...3 276, 100 % відповідає повністю закритому клапану.

3.2 Ідентифікація структури і параметрів об'єкта керування

Дані експерименту, отримані із дискретністю 30 с, та наведено у табл. 3.1.

На рис. 3.1 наведено графік перехідного процесу в дешламаторі за даними табл. 3.1. Не важко бачити, що зміна рівня осаду (тиску осаду) при ступінчастому відкритті шлангового затвору відповідає інтегруючій ланці з передатною функцією (3.1).

Таблиця 3.1 - Результати активного експерименту

№	P	H	№	P	H	№	P	H
1	0,913	0,809	25	0,728	0,482	49	0,604	0,483
2	0,910	0,808	26	0,729	0,480	50	0,596	0,482
3	0,909	0,806	27	0,727	0,483	51	0,587	0,482
4	0,907	0,699	28	0,717	0,481	52	0,580	0,478
5	0,897	0,543	29	0,710	0,481	53	0,574	0,479
6	0,889	0,481	30	0,706	0,482	54	0,563	0,479
7	0,879	0,482	31	0,699	0,480	55	0,557	0,478
8	0,867	0,481	32	0,694	0,483	56	0,563	0,479
9	0,855	0,479	33	0,686	0,480	57	0,560	0,478
10	0,846	0,481	34	0,680	0,482	58	0,553	0,479
11	0,827	0,480	35	0,675	0,481	59	0,545	0,479
12	0,815	0,480	36	0,664	0,480	60	0,537	0,479
13	0,811	0,483	37	0,659	0,480	61	0,531	0,479
14	0,801	0,484	38	0,654	0,482	62	0,527	0,479
15	0,788	0,483	39	0,648	0,483	63	0,528	0,481
16	0,774	0,484	40	0,649	0,482	64	0,524	0,483
17	0,763	0,479	41	0,648	0,481	65	0,520	0,483
18	0,761	0,482	42	0,639	0,479	66	0,517	0,482
19	0,753	0,482	43	0,632	0,480	67	0,513	0,479
20	0,751	0,481	44	0,627	0,483	68	0,509	0,479
21	0,747	0,481	45	0,620	0,481	69	0,507	0,483
22	0,745	0,482	46	0,616	0,483	70	0,501	0,480
23	0,735	0,481	47	0,612	0,479	71	0,496	0,481
24	0,727	0,482	48	0,606	0,479			

$$W(p) = \frac{k_{in}}{s} \quad (3.1)$$

або:

$$W(p) = \frac{1}{T_{in}s} \quad (3.2)$$

де k_{in} і T_{in} – коефіцієнт підсилення та постійна часу інтегруючої ланки відповідно.



Рисунок 3.1 – Графік перехідного процесу

Коефіцієнт переходу k повністю визначається тангенсом куту нахилу графіка до осі часу. Для лінійної залежності матимемо:

$$k = -\frac{P_1 - P_2}{t_1 - t_2} \quad (3.3)$$

Згідно табл. 3.1 для $t_1 = 4 \cdot 30/60 = 2$ хв та $t_2 = 70 \cdot 30/60 = 35$ хв умовний рівень осаду дорівнює $P_1 = 0,907$ та $P_2 = 0,501$. Тоді:

$$k = -\left(\frac{0,907 - 0,501}{2 - 35}\right) \approx 0,012 \frac{1}{\text{хв}} \quad (3.4)$$

Отже:

$$\Delta H \cdot k_{in} = (H_{max} - H_{min}) \cdot k_{in} = \frac{(H_{max} - H_{min})}{T_i} = k \quad (3.5)$$

Тоді:

$$T_{in} = \frac{H_{max} - H_{min}}{k} \approx \frac{0,809 - 0,481}{0,012} \approx 27,08 \text{ хв} \quad (3.6)$$

Таким чином передатна функція процесу дешламації по каналу «рівень магнетиту – положення виконавчого органу» має вигляд:

$$W(p) = \frac{1}{27,08s} \quad (3.7)$$

Оскільки витрата промпродукту через шланговий затвор залежить від напору і в'язкості пульпи, то в процесі експерименту було розраховано вплив

гідростатичного напору P на постійну часу T_{in} (табл. 3.2). В табл. 3.2 представлені розрахунки $N = 22$ пар значень.

Таблиця 3.2 - Результати досліджень

№	P	T_{in}	№	P	T_{in}
1	0,91	20	12	0,55	29,6
2	0,90	20,5	13	0,52	30,8
3	0,86	21,3	14	0,50	32
4	0,82	22	15	0,47	33
5	0,78	23	16	0,44	34,2
6	0,75	23,8	17	0,42	35,5
7	0,71	24,7	18	0,39	37
8	0,68	25,5	19	0,37	38,2
9	0,65	26,5	20	0,35	39,8
10	0,61	27,5	21	0,32	41,2
11	0,58	28,5	22	0,30	42,8

Для отримання аналітичної залежності між $T_{in} = f(P)$ скористаємося методом найменших квадратів [18]. Суть методу полягає в тому, що сума квадратів відхилень значень отриманої моделі від реальних значень має бути найменшою. Для розрахунків використаємо ППП MathCAD.

На рис. 3.2 показаний графік залежності $T_{in} = f(P)$.

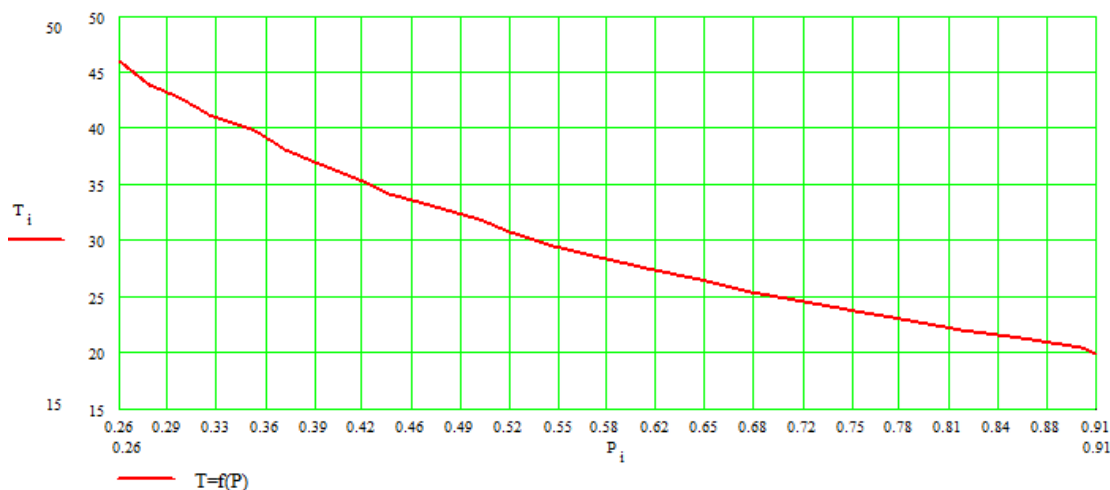


Рисунок 3.2 – Графік залежності $T_{in} = f(P)$

Оскільки залежність на рис. 3.2 майже лінійна, то визначимо лінійну та квадратичну моделі і перевіримо їх на адекватність по критерію Фішера. Для визначення коефіцієнтів моделей скористуємося матричною формою розв'язання системи нормальних рівнянь:

$$\vec{B} = (\vec{P}'\vec{P})^{-1}\vec{P}'\vec{T}_{in} \quad (3.8)$$

де \vec{B} – вектор-стовпець шуканих коефіцієнтів, \vec{P} – матриця значень гідростатичного напору, \vec{T}_{in} – вектор-стовпець значень постійної часу.

В результаті розрахунків маємо лінійну та квадратичну моделі:

$$\hat{T}_{in} = 52,38 - 37,98 \cdot P \quad (3.9)$$

$$\hat{T}_{in} = 55,76 - 51,81 \cdot P + 11,97 \cdot P^2 \quad (3.10)$$

Визначення оцінок коефіцієнтів b_i проведено за спотвореними експериментами та обчисленнями даними. Тому для отримання точних оцінок число пар значень N має суттєво перевершувати число $k' + 1$ коефіцієнтів. Різниця між числом спостережень і числом невідомих параметрів, які оцінюються шляхом спостережень, називається числом ступенів свободи експерименту $n' = N - (k' + 1)$.

Іншим джерелом помилок може бути невідповідність між прийнятим ступенем полінома d і дійсним його значенням.

Перевіримо на адекватність отримані моделі по F -критерію. Для цього необхідно визначити суму S_R^2 квадратів відхилень експериментальних значень T_{in} від отриманих по виразам (3.9), (3.10):

$$S_R^2 = \sum_{i=1}^N (\hat{T}_{in} - T_{in,i})^2 \quad (3.11)$$

Поділивши дану суму на число ступенів свободи експерименту n' , отримаємо остаточну дисперсію s_R^2 :

$$s_R^2 = \frac{S_R^2}{n'} \quad (3.12)$$

Необхідно також визначити дисперсію $s_{T_{in}}^2$, яка характеризує помилку експерименту:

$$s_{T_{in}}^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (T_{in,i} - \bar{T}_{in})^2 \quad (3.13)$$

де \bar{T}_{in} – вибіркове середнє по всім результатам експерименту.

Після цього слід визначити F - відношення:

$$F = \frac{s_{T_{in}}^2}{s_R^2} \quad (3.14)$$

Перевірка гіпотези про адекватність представлення результатів поліномом заданого ступеня d виконується шляхом зіставлення обчисленого значення F зі значенням F_q , знайденим із таблиць F -розподілу при заданих ступенях свободи n' і $N - 1$. Якщо $F > F_q$, то гіпотеза про адекватність опису експериментальних даних приймається.

Для цього скористуємося формулами (3.9-3.14), враховуючи, що $N - 1 = 21$. Результати розрахунків наведені в табл. 3.3. В даній таблиці для F_q наведені два значення – для рівня значущості $\alpha = 0,05$ і $\alpha = 0,01$.

Як видно із табл. 3.3 лінійна та квадратичні моделі для рівнів значущості $\alpha = 0,05$ і $\alpha = 0,01$ є адекватними. На рис. 3.3 наведені графік лінійної моделі та експериментальну залежність.

Таблиця 3.3 - Перевірка моделей на адекватність по F -критерію

Математична модель $T_{in} = f(P)$	n'	\bar{T}_{in}	s_R^2	$s_{T_{in}}^2$	F	F_q
$\hat{T}_{in} = 52,38 - 37,98 \cdot P$	20	29,88	2,10	49,97	23,8	2,10
$\hat{T}_{in} = 55,76 - 51,81 \cdot P + 11,97 \cdot P^2$	19		1,11		45,02	2,13
						2,96

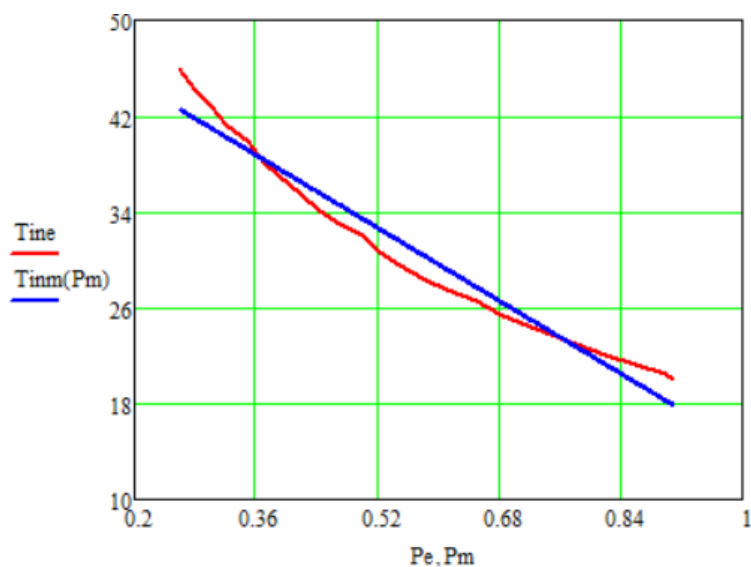


Рисунок 3.3 - Графіки лінійної моделі та експериментальної залежності

Таким чином динаміку процес дешламації можна представити нелінійною інтегруючою ланкою.

3.3 Висновки за розділом

З позицій задач керування процес дешламації слід розглядати як динамічний нелінійний об'єкт. Канал керування може бути представлений інтегруючою ланкою з нелінійним коефіцієнтом підсилення.

При моделюванні процесу дешламації та синтезу системи автоматичного керування необхідно враховувати лінійну залежність між часом ізодрому та тиску осаду.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування впровадження системи керування

У кваліфікаційній роботі в якості об'єкту керування обрано магнітний гідросепаратор МГС-5 процесу дешламації, як одного з процесів, параметри роботи якого впливають на завантаженість виробничого обладнання збагачувальної фабрики.

Підвищення рівня автоматизації та інтеграції не є новою для гірничодобувної промисловості, але вона, як правило, є більш базовою в гірничій промисловості інших галузях, і часто обмежується простим керуванням двигунами, обладнанням або певними частинами процесів.

Крім того, гірничо-збагачувальні комбінати, як правило, мають велику кількість незалежних одиниць обладнання та систем від різних постачальників. Кожен з цих «острівців автоматизації» може мати власні дані, формати та інтерфейси, і оператори повинні ретельно вивчати безліч концептуально роз'єднаних процесів, щоб координувати різні частини процесу. Електричні системи, які забезпечують живлення промислових процесів, також мають тенденцію існувати у своєму власному світі.

Сьогодні визнано, що збагачувальні фабрики потребують інтегрованих систем управління технологічними процесами, які можуть підвищити ефективність та продуктивність на всій станції. Незалежно від того, наскільки важлива електрична сторона, це все одно ще один фактор виробничого процесу, і алгоритми оптимізації можуть впоратися з ним разом з усією іншою сировиною, щоб отримати максимальний вихід з найменших витрат.

Незалежно від того, будете ви «зелену» гірничо-збагачувальну фабрику, розширюєте чи модернізуєте існуючу, автоматизація повинна пропонувати індивідуальні рішення з автоматизації технологічних процесів, які використовують дані в режимі реального часу, що забезпечує постійний

моніторинг та аналіз технологічних процесів у поєднанні з покращенням доступності активів.

Автоматизація забезпечує унікальні можливості для об'єднання програмного забезпечення промислового підприємства, що охоплює керування процесами, керування виробництвом, операційне планування та оптимізацію, керування роботою та активами, а також корпоративні функції бек-офісу – від найвіддаленіших локацій до корпоративних штаб-квартир.

Корпоративні програмні комплекси для керування всіма механізмами підтримки збагачення корисних копалин, включаючи обладнання, технічне обслуговування, логістику, виробництво і персонал, а також системи завдань підприємства, які охоплюють видобуток, переробку і доставку сировини. Це призводить до покращення ключових показників ефективності по всьому ланцюжку створення вартості.

Основні переваги системи:

- зменшенню кількості помилок керування;
- веденню архіву подій у вигляді графіків і таблиць;
- розрізненню прав доступу для користувачів - доступ за паролем;
- інтеграцію зі SCADA-системою з підтримкою серверних технологій.

4.2 Розрахунок капітальних витрат при впровадженні системи керування

Розрахуємо капітальні витрати:

$$K_{\text{ПКВ}} = C_{\text{ОБ}} + D_{\text{ТР}} + M_{\text{МН}} + K_{\text{ПЗ}}, \quad (4.1)$$

де $K_{\text{ПКВ}}$ – проектні капітальні витрати, грн.; $C_{\text{ОБ}}$ – вартість основного та допоміжного обладнання, грн.; $D_{\text{ТР}}$ – транспортно-заготівельні витрати, грн.; $M_{\text{МН}}$ – витрати на монтаж і налагодження системи, грн.; $K_{\text{ПЗ}}$ – витрати на розробку програмного забезпечення, грн.

Вартість основного та допоміжного обладнання наведена в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Зведення капітальних витрат C_{OB}

№	Найменування	Одиниці виміру	Кількість	Вартість (грн.)	Сума (грн.)
1	Модуль ПЛК VIPA 214-2BS33	од.	1	36 794,40	36 794,40
2	Модуль аналогового вводу VIPA 231-1BD40	од.	1	25 249,10	25 249,10
3	Модуль аналогового виводу VIPA 232-1BD30	од.	1	26 155,50	26 155,50
4	Система керування, виконана на базі ПК	од.	1	48 735,90	48 735,90
5	Датчик гідростатичного тиску САПФІР 22 ДГ 2520	од.	1	33 800,00	33 800,00
6	Трифазне твердотільне реле Jotta SSR 10DA	од.	2	456,00	912,00
7	Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301	од.	2	2 276,00	4 552,00
8	Шафа монтажна	од.	1	16 000,00	16 000,00
9	Монтажні дроти	м	350	26,50	9 275,00
10	Мережний кабель	м	400	29,75	11 900,00
11	Програмне забезпечення	разом	1	80 000,00	80 000,00
	Разом				293 373,90

Вартість обладнання складає $C_{OB} = 293\,373,90$ грн.

Витрати на транспортно-заготівельні і складські роботи визначаються в залежності від вартості обладнання, як 8 % від загальної вартості:

$$D_{TP} = C_{OB} \cdot 0,08. \quad (4.2)$$

Витрати на транспортно-заготівельні і складські роботи складають:

$$D_{TP} = 293\,373,90 \cdot 0,08 = 23\,469,92 \text{ грн.}$$

Вартість монтажних-налагоджувальних робіт приймаються на рівні 7 % від вартості обладнання:

$$M_{MH} = C_{OB} \cdot 0,07. \quad (4.3)$$

Витрати на монтажні-налагоджувальні роботи складають:

$$M_{MH} = 293\,373,90 \cdot 0,07 = 20\,536,18 \text{ грн.}$$

4.3 Розрахунок капітальних витрат на програмне забезпечення

4.3.1 Розрахунок часу на розробку програмного забезпечення

Трудомісткість розробки програмного забезпечення (ПЗ) розраховується як:

$$t = t_o + t_u + t_a + t_n + t_{OT} + t_g. \quad (4.4)$$

де t – трудомісткість розробки програмного забезпечення, люд.-год.;
 t_o – витрати праці на підготовку і опис поставленого завдання, люд.-год.;
 t_u – витрати праці на дослідження алгоритму керування, люд.-год.; t_a – витрати

праці на розробку схеми алгоритму, люд.-год.; t_n – витрати праці на програмування по готовій схемі алгоритму, люд.-год.; t_h – витрати праці на налаштування програмного забезпечення, люд.-год.; t_g – витрати праці на підготовку документації по завданню, люд.-год.

Складові витрат праці визначаються на підставі умовної кількості оброблюваних операторів у програмному забезпеченні:

$$Q = q \cdot c \cdot (1 + p), \quad (4.5)$$

де Q – умовна кількість операторів в програмному забезпеченні; q – кількість операторів у програмному забезпеченні (на мові Structured Text, типове значення 600...800, приймаємо $q = 700$); c – коефіцієнт складності програми (приймаємо $c = 1,5$); p – коефіцієнт корекції програми в процесі її обробки (приймаємо $p = 0,35$).

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$Q = 700 * 1,5 * (1 + 0,35) \approx 1\,4180$$

Витрати праці на підготовку і опис завдання в кваліфікаційній роботі складають $t_o = 52$ люд. – год.

Витрати праці на вивчення опису завдання визначаються з урахуванням уточнення опису та кваліфікації програміста як:

$$t_u = \frac{Q \cdot B}{(75 \dots 85) \cdot k}, \quad (4.6)$$

де B – коефіцієнт збільшення витрат праці (приймаємо $B = 1,6$); k – коефіцієнт кваліфікації програміста (приймаємо $k = 1,35$).

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_u = 1\,418 * 1,6 / (80 * 1,3) \approx 22 \text{ люд. – год}$$

Витрати на розробку алгоритму керування визначаються як:

$$t_a = \frac{Q}{(20 \dots 25) \cdot k}. \quad (4.7)$$

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_a = 1\,418 / (20 * 1,35) \approx 53 \text{ (люд. – год.)}.$$

Витрати праці на складання програми по готовій схемі алгоритму визначаються як:

$$t_n = \frac{Q}{(20 \dots 25) \cdot k} \quad (4.8)$$

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_n = 1\,418 / (20 * 1,35) \approx 53 \text{ (люд. – год.)}$$

Витрати праці на налаштування програми розраховуються як:

$$t_n = \frac{Q}{(4 \dots 5) \cdot k} \quad (4.9)$$

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_n = 1\,418 / (4 * 1,35) \approx 263 \text{ (люд. – год.)}$$

Витрати праці на підготовку документації по завданню визначаються як:

$$t_g = t_{др} + t_{до}, \quad (4.10)$$

де $t_{др}$ – трудомісткість підготовки матеріалів до написання;
 $t_{до}$ – трудомісткість редагування, друку та оформлення документації.

Трудомісткість підготовки матеріалів до написання визначається як:

$$t_{др} = \frac{Q}{(15 \dots 20) \cdot k} \quad (4.11)$$

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_{др} = 1\,418 / (15 * 1,35) \approx 71 \text{ люд. – год.}$$

Трудомісткість редагування, друку та оформлення документації визначається як:

$$t_{до} = 0,75 \cdot t_{др}. \quad (5.12)$$

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_{до} = 0,75 * 71 = 54 \text{ люд. – год.}$$

Для розробленого програмного забезпечення витрати праці на підготовку документації по завданню:

$$t_g = 71 + 54 = 125 \text{ люд. – год.}$$

Таким чином трудомісткість розробки програмного забезпечення становить:

$$t = 52 + 22 + 53 + 53 + 263 + 125 = 568 \text{ люд.-год.}$$

4.3.2 Розрахунок витрат на розробку програмного забезпечення

Витрати на розробку ПЗ визначається як:

$$K_{\text{ПЗ}} = Z_{\text{ЗП}} + Z_{\text{МІ}}, \text{ грн.} \quad (4.13)$$

де $Z_{\text{ЗП}}$ – витрати на заробітну плату розробника ПЗ, грн.; $Z_{\text{МІ}}$ – вартість машинного часу, необхідного для налаштування ПЗ, грн.

Заробітна плата розробника програмного забезпечення визначається як:

$$Z_{\text{ЗП}} = t \cdot C_{\text{ПР}}, \text{ грн.}, \quad (4.14)$$

де t – час розробки ПЗ, год; $C_{\text{ПР}}$ – середня годинна тарифна ставка розробника програмного забезпечення (приймаємо $C_{\text{ПР}} = 142,75$ грн./год.).

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$Z_{\text{ЗП}} = 568 \cdot 142,75 = 81\,082,00 \text{ грн.},$$

Вартість машинного часу, необхідного для налаштування програми визначається як:

$$Z_{\text{МІ}} = t_n \cdot C_{\text{МЧ}}, \text{ грн.}, \quad (4.15)$$

де t_n – час налаштування ПЗ, год; $C_{\text{МЧ}}$ – вартість машинного часу (приймаємо $C_{\text{МЧ}} = 24,5$ грн./год.).

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$Z_{\text{МІ}} = 53 \cdot 24,5 = 1\,298,50 \text{ грн.}$$

Витрати на розробку програмного забезпечення системи керування становлять:

$$K_{\text{ПЗ}} = 81\,082,00 + 1\,298,50 = 82\,380,50 \text{ грн.}$$

Очікувана тривалість розробки програмного забезпечення:

$$T = \frac{t}{B_k \cdot F_p}, \quad (4.16)$$

де T – тривалість розробки програмного забезпечення (міс.); B_k – кількість розробників (приймаємо $B_k = 1$); F_p – місячний фонд робочого часу ($F_p = 176$ год./міс.).

$$T = 568 / (1 * 176) = 2,2 \approx 3,5 \text{ міс.}$$

Таким чином проектні капітальні витрати:

$$K_{\text{ПКВ}} = 293\,373,90 + 23\,469,92 + 20\,536,18 + 82\,380,50 \approx \\ \approx 419\,760,50 \text{ грн.}$$

4.4 Розрахунок експлуатаційних витрат

Річні експлуатаційні витрати розраховуються як:

$$C_e = C_a + C_z + C_c + C_{\text{РО}} + C_{ee} + C_{\text{ІНШ}}, \quad (4.17)$$

де C_e – річні поточні витрати, пов'язані із застосуванням системи керування, грн.; C_a – амортизація основних фондів, грн.; C_z – заробітна плата обслуговуючого персоналу, грн.; C_c – відрахування на соціальні заходи, грн.; $C_{\text{РО}}$ – витрати на технічне обслуговування та поточний ремонт обладнання, грн.; C_{ee} – вартість електроенергії, грн.; $C_{\text{ІНШ}}$ – інші витрати, грн.

Визначимо експлуатаційні витрати при впровадженні системи керування.

4.4.1 Амортизація основних фондів

Залежно від групи, до якої віднесено той, чи інший об'єкт основних засобів, встановлено мінімально-допустимі строки їх амортизації.

Обладнання, розробленої в кваліфікаційній роботі системи керування, належить до 4 групи (машини та обладнання). Передбачуваний термін експлуатації системи становить 5 років. При використанні методу прискореного зменшення залишкової вартості норма амортизації визначається як:

$$H_a = \frac{2}{T} \cdot 100 \%, \quad (4.18)$$

де H_a – норма амортизації, %; T – термін корисного використання об'єкта, років.

Амортизація основних фондів визначається як:

$$C_a = \frac{\text{ПВ} \cdot H_a}{100 \%}, \quad (4.19)$$

де C_a – річна амортизація основних фондів, грн.; ПВ – первинна вартість (ПВ = $K_{ПКВ}$), грн.

Отже, норма амортизації для проекрованої системи керування складає:

$$H_a = \frac{2}{5} \cdot 100 \% = 40 \%$$

Сума амортизації для проекрованої і базової системи становить:

$$C_a = 419\,760,50 \cdot 40 / 100 = 167\,904,20 \text{ грн.}$$

4.4.2 Розрахунок фонду заробітної плати

Номінальний річний фонд робочого часу одного працівника:

$$T_{НР} = (T_K - T_{ВС} - T_B) \cdot T_3, \quad (4.20)$$

де $T_{НР}$ – номінальний річний фонд робочого часу одного працівника, год.; T_K – календарний фонд робочого часу, днів ($T_K = 365$); $T_{ВС}$ – вихідні дні та свята, днів ($T_{ВС} = 116$); T_B – відпустка, днів ($T_B = 21$); T_3 – тривалість зміни, год ($T_3 = 8$).

Таким чином, річний фонд робочого часу працівника складе:

$$T_{НР} = (365 - 116 - 21) \cdot 8 = 1\,824 \text{ год.}$$

У процесі керування задіяний 1 оператор людино-машинного інтерфейсу на зміну, 1 інженер-технолог на зміну, та 1 наладчик електроустаткування на добу. Процес безперервний – 3 зміни на добу.

Розрахунок річного фонду заробітної плати виробничих робітників здійснюється у відповідності з формою, наведеною в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Розрахунок заробітної плати персоналу

№ п/п	Найменування професії робітників	Число працюючих, чол.	Годинна тарифна ставка, грн./год.	Номінальний річний фонд	Пряма заробітна плата, грн.	Додаткова заробітна плата (8%), грн.	Доплати (7%), грн.	Всього заробітна плата, грн.
1	Оператор НМІ	3	155,05	1 824	848 433,60	67 874,69	59 390,35	975 698,64
2	Інженер-технолог	3	143,50	1 824	785 232,00	62 818,56	54 966,24	903 016,80
3	Наладчик	1	135,40	1 824	246 969,60	19 757,57	17 287,87	284 015,04
Разом								2 162 730,48

Заробітна плата персоналу проектної системи керування
 $C_3 = 2\,162\,730,48$ грн.

4.4.3 Відрахування на соціальні заходи

Відрахування на соціальні заходи визначаються як:

$$C_c = 0,22 \cdot C_3, \text{ грн.} \quad (4.21)$$

Відповідно до цього відрахування становлять:

$$C_c = 0,22 * 2\,162\,730,48 = 475\,800,71 \text{ грн.}$$

4.4.4 Розрахунок витрат на технічне обслуговування та ремонт

Витрати на технічне обслуговування та поточний ремонт обладнання та мережі приймаємо на рівні 5 % від величини капітальних витрат:

$$C_{PO} = 0,05 \cdot K_{KB} \cdot (K_{ПКВ}) \quad (4.22)$$

Відповідно до цього витрати становлять:

$$C_{PO} = 0,05 * 419\,760,50 = 20\,988,03 \text{ грн.}$$

4.4.5 Витрати на електроенергію

Вартість електроенергії, споживаної системою керування:

$$C_{ee} = K_e \cdot K_{РД} \cdot T_3 \cdot T_e, \quad (4.23)$$

де K_e – кількість електроенергії, спожите системою керування (приймаємо $K_e = 3,3$ кВт · год.); T_3 – кількість часу роботи за сутки ($T_3 = 24$ год.); $K_{РД}$ – кількість робочих днів у році ($K_{РД} = 365$ день); T_e – тариф на електроенергію для підприємств (для користувачів електроенергії 2 класу тариф складає 4,48907 грн. · кВт без ПДВ, з урахуванням ПДВ тариф $T_e = 4,48907 * 1,2 = 5,39$ грн.).

Таким чином вартість електроенергії становить:

$$C_{ee} = 3,3 * 365 * 24 * 5,39 = 155\,814,12 \text{ грн.}$$

4.4.6 Інші витрати

Інші витрати з експлуатації об'єкта проектування включають витрати з охорони праці, на спецодяг та інше згідно практики, ці витрати визначаються в розмірі 4 % від річного фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу:

$$C_{\text{ІНШ}} = 0,04 \cdot C_3. \quad (4.24)$$

Таким чином інші витрати становлять:

$$C_{\text{ІНШ}} = 0,04 * 2\,162\,730,48 = 86\,509,22 \text{ грн.}$$

Річні експлуатаційні витрати становлять (табл. 4.4):

$$C = 167\,904,20 + 2\,162\,730,48 + 475\,800,71 + 20\,988,03 + 155\,814,12 + 86\,509,22 = 3\,069\,746,76 \text{ грн.}$$

Таблиця 4.4 – Експлуатаційні витрати

№ п/п	Назва показника	Проектний варіант, грн.
1	Амортизація	167 904,20
2	Фонд заробітної плати	2 162 730,48
3	Відрахування на соціальні виплати	475 800,71
4	Ремонт та технічне обслуговування	20 988,03
5	Електроенергія	155 814,12
6	Інше	86 509,22
7	Загалом	3 069 746,76

4.5 Висновки за розділом

При впровадженні проектованої системи капітальні витрати складають до 420 тис. грн., час розробки ПЗ становитиме 3,5 місяці. Річні експлуатаційні витрати, пов'язані з впровадженням системи становитимуть до 3,1 млн. грн.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів системи

Темою дипломного проекту є «Автоматизація процесу дешламації в лінії збагачення ГЗК». Об'єктом підвищеної небезпеки є крупнокускова дробарка ККД 1500/180 з гідравлічним верхнім підвісом (ГВП) (рис. 5.1).

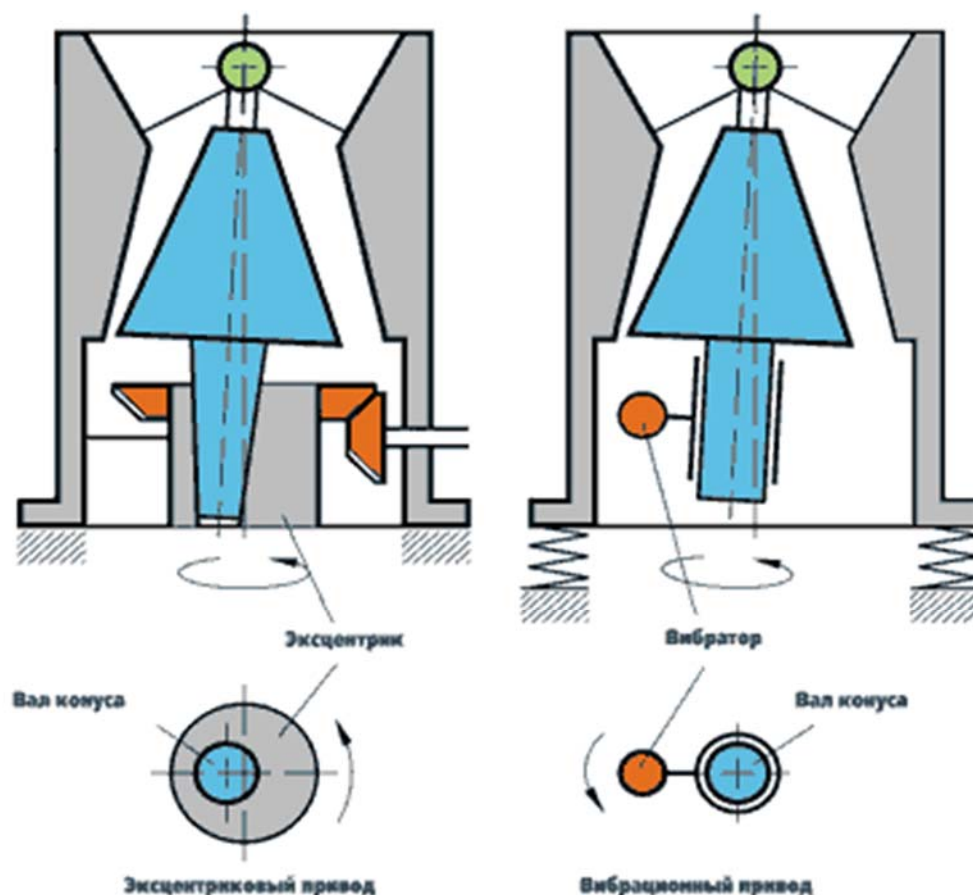


Рисунок 5.1 – Об'єкт підвищеної небезпеки

Керування об'єктом здійснюється по каналу «швидкість живильника – споживана активна потужність». Метою дипломного проекту є розрахунок регулятора, який буде здійснювати контроль над споживаною активною потужністю та регулювати швидкістю подачі руди у живильнику. Під час управління процесом дроблення виникають наступні шкідливі фактори, які наведено у табл. 5.1

Таблиця 5.1 – Небезпечні та шкідливі фактори підвищеної небезпеки

№ п/п	Шкідливі та небезпечні фактори	Дія на людину	Нормативний документ
1	Підвищений рівень шуму у зоні роботи дробарки	Враження центральної нервової системи, органів слуху	ДСН 3.3.6.037-99 Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку[1]
2	Підвищений рівень вібрації у робочій зоні	Ураження серцево-судинної системи, зміни вестибулярного апарату	ДСТУ ГОСТ 12.1.012:2008 Система стандартів безпеки праці. Вібраційна безпека. Загальні вимоги[2]
3	Підвищена запиленість робочої зони	Вплив на органи зору, захворювання шкіри та легень	ДСТУ Б А.3.2-12:2009 ССБП. Системи вентиляційні. Загальні вимоги[3]
4	Недостатнє освітленість біля пульта керування	Вплив на органи зору, нервову систему	ДБН В. 2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення» [4]
5	Падіння при виконанні монтажних робіт на висоті	Травми (переломи, забої), летальні випадки	Порядок проведення атестації робочих місць за умовами праці затверджений постановою КМУ від 01.08.1992 № 442 Небезпечні і шкідливі виробничі фактори. Класифікація[5]

5.2 Інженерно-технічні заходи з охорони праці

Згідно з ДСН 3.3.6.037-99 [22] рівень шуму у виробничих приміщеннях, на робочих місцях та на території підприємств не повинен перевищувати 80 дБ. Рівень звуку на відстані 1 м від дробарки ККД 1500/180 ГВП при роботі під навантаженням дорівнює 103 дБ та при холостому ході дорівнює 89 дБ. Основні заходи з усунення шуму є раціоналізація технологічних процесів з використанням сучасного обладнання, звукопоглинання, звукоізоляція джерел шуму, покращення архітектурно-планувальні рішення та засоби індивідуального захисту. До індивідуальних засобів захисту відносять наступні шумозахисні пристрої: антифони, протишумові навушники і вушні вкладиші типу "беруші". Вони повинні бути гігієнічними та зручними при їх використанні.

Способами боротьби з вібрацією є зниження вібрації в джерелі (покращення конструкції машин, статичне і динамічне балансування обертових частин машин), віброгасіння (збільшення ефективної маси шляхом приєднання машини до фундаменту), віброізоляція (введення в коливну систему додаткового

пружного зв'язку, з метою послаблення передавання вібрацій, суміжному елементу конструкції або робочому місцю), вібродемпфірування (зниження вібрацій за рахунок сили тертя демпферного пристрою, тобто переведення коливної енергії в тепло), застосування індивідуальних засобів захисту (віброгасячі рукавиці, спеціальне взуття, спеціальні костюми з пружно-демпоруючих матеріалів) [22].

У робочому повітрі пил складається з часточок заліза (близько 7,2 %, ГДК – 4 мг/м³), діоксиду кремнію (близько 23,4 %, ГДК – 2 мг/м³), міді (близько 4,6 %, ГДК – 0,5 мг/м³), алюмінію (близько 3,3 %, ГДК – 2 мг/м³) та інших часточок. На робочому місці машиніста конвеєра дробарки середні значення максимально разових концентрацій пилу складають близько 2,6 мг/м³ в теплий період року та близько 2,9 мг/м³ в холодний період року. Середньозмінні концентрації пилу – 2,2 і 2,8 мг/м³ в теплий та холодний період року відповідно. Основними заходами щодо боротьби з запиленістю є встановлення в приміщенні витяжної вентиляції. Дробарки, транспортерні стрічки для подачі руди повинні бути обладнані укриттям з аспіраційними системами або системами гідрознепилення [24]. Для індивідуального захисту використовуються такі засоби, як респіратори, окуляри, спеціальні шлеми та скафандри з подачею чистого повітря.

Погане освітлення виробничої зони може призвести до погіршення якості виконуваних робіт [25]. Фактором, що визначає сприятливі умови праці, є раціональне освітлення робочої зони і робочих місць. Коли правильно розраховано і підібрано освітлення виробничих приміщень, очі працюючого протягом тривалого часу зберігають здатність добре розрізняти предмети і знаряддя праці. Такі умови освітлення сприяють зниженню виробничого травматизму і професійного захворювання очей. Раціональне освітлення має задовольняти ряд вимог: бути достатнім, щоб очі без напруження могли розрізняти деталі; постійним у часі, для цього напруга в мережі живлення не повинна коливатися більше ніж на 4 %; рівномірно розподіленим по робочих поверхнях, щоб очам не доводилось відчувати різкого світлового контрасту; не викликати сліпучої дії на органи зору людини як самого джерела світла, так і

відбиваючих поверхонь, що знаходяться в полі зору працівника (зменшення блискучості джерел світла досягається застосуванням світильників, які розсіюють світло); не викликати різких тіней на робочих місцях, в проїздах, проходах у разі правильного розташування світильників (прожекторів); були безпечними – не викликати вибуху, пожежі в приміщеннях.

При виконанні роботи із застосуванням запобіжного поясу (короткочасна робота на висоті без захисних огорожень, або в тих випадках, коли їх неможливо влаштувати), запобіжний пояс слід прикріплювати до місць, спеціально передбачених в конструкції; при відсутності вузлів кріплення для запобіжного поясу і неможливості закріплення стропа запобіжного поясу за конструкцію, опору і т. п. необхідно застосовувати страхувальний канат або користуватися верхолазним запобіжним пристроєм. Роботи на висоті повинні проводитися зі спеціально призначених для кожного виду робіт і мають захисні огороження допоміжних пристосувань (драбин, сходів, підмостків, вишок, платформ і т. п.), які слід встановлювати так, щоб була відсутня необхідність переміщення центру ваги працівника за межі робочої майданчики (габарити) цих пристосувань [26].

5.3 Розрахункова частина

Розрахунок системи освітлення, вибір джерела освітлення, і світильника, виконаємо для приміщення оператора процесом дроблення[6].

Загальний світловий потік світильника визначається за формулою:

$$\Phi = \frac{ESkz}{N\eta} \quad (5.1)$$

де Φ – необхідний світловий потік ламп у кожному світильнику, лм;
 E – нормована мінімальна освітленість, лк; k – коефіцієнт запасу, для суспільних приміщень, $k = 1,4$; S – освітлювана площа, m^2 ; z – коефіцієнт мінімальної освітленості (для трубчатих люмінесцентних ламп $z = 1,1$); N – число світильників у приміщенні; η – коефіцієнт використання світлового потоку.

Визначимо розміри приміщення, якщо його довжина складає $L_{\text{д}}=8$ м, ширина $L_{\text{ш}} = 6$ м, а висота $H = 2,9$ м:

$$S = L_{\text{д}} \times L_{\text{ш}} \quad (5.2)$$

$$S = 8 \times 6 = 48 \text{ м}^2$$

Визначимо розрахункову висоту підвісу:

$$h = H - h_{\text{св}} - h_{\text{рп}} \quad (5.3)$$

де H – висота приміщення, м; $h_{\text{св}}$ – висота звису світильника (від перекриття), м; $h_{\text{рп}}$ – висота робочої поверхні над підлогою, м (приблизно 0,8 м).

$$h = 2,9 - 0,15 - 0,8 = 1,75 \text{ м}$$

Найбільш прийнятними для нашого приміщення є люмінесцентні лампи ЛБ (білого світла) або ЛХБ (холодно-білого світла), потужністю 18 Вт.

Визначимо відстань між рядами світильників, м:

$$L_{\text{р}} = \lambda \times h \quad (5.4)$$

де λ – найбільш вигідне співвідношення відстані між світильниками до розрахункової висоти ($\lambda = 0,9$).

$$L_{\text{р}} = 0,9 \times 1,85 = 1,75 \text{ м}$$

Кількість рядів світильників, виходячи з розмірів приміщення складає

$$N_{\text{р}} = \frac{L_{\text{д}}}{L_{\text{р}}} \quad (5.5)$$

$$N_{\text{р}} = \frac{8}{1,75} = 4,57 \approx 5 \text{ рядів}$$

Кількість світильників у ряді:

$$N_{\text{ср}} = 2 \quad (5.6)$$

Загальна кількість світильників:

$$N = N_{\text{р}} \times N_{\text{ср}} \quad (6.7)$$

$$N = 5 \times 2 = 10 \text{ шт}$$

Для визначення коефіцієнта використання η знаходять індекс приміщення

$$i = \frac{L_{\text{д}} \times L_{\text{ш}}}{h \times (L_{\text{д}} + L_{\text{ш}})} \quad (5.8)$$

$$i = \frac{8 \times 6}{1,95 \times (8 + 6)} = 1,75$$

Визначаємо коефіцієнти відбиття поверхонь приміщення – стелі, стін та робочої поверхні, отримаємо:

$$\rho_{\text{стелі}} = 70 \% \qquad \rho_{\text{стін}} = 50 \% \qquad \rho_{\text{рп}} = 30 \%$$

За отриманими значеннями i та ρ визначаємо величину коефіцієнта використання світлового потоку для обраного $\eta = 0,42$.

За формулою 6.1 загальний світловий потік

$$\Phi = \frac{300 \times 48 \times 1,4 \times 1,1}{10 \times 0,42} = 5280 \text{ лм}$$

Виходячи з того, що загальний світловий потік складає $\Phi = 5280$ лм, обираємо лампу ЛХБ 18, світловий потік якої складає $\Phi_1 = 1100$ лм, таким чином треба встановити 2 лампи ЛХБ 20 у світильник ЛВО-01В-2х18-04 Юпітер 61.

Відхилення фактичної освітленості від розрахункової складе

$$\Delta\Phi = \frac{\Phi - \Phi_1}{\Phi} \times 100\% \qquad (5.9)$$

$$\Delta\Phi = \frac{5280 - 2 \times 1100}{5280} \times 100 = 16,7\%$$

При розрахунках освітленості допустима величина відхилень від нормованої становить $-10\% \dots +20\%$. Можна зробити висновок, що розрахованого штучного освітлення буде достатньо.

В результаті даного розрахунку освітлення у робочого персоналу зменшується ризик професійних захворювань (в основному пов'язаних із зором), стомленість і як наслідок – підвищується продуктивність праці.

5.4 Пожежна профілактика

Процеси дроблення горючих становлять значну пожежну небезпеку, оскільки супроводжуються збільшенням поверхні твердого речовини, що підвищує його реакційну здатність. Через це створюється вибухо- та пожежонебезпечний пил. При процесі дроблення горючих речовин постійно створюються дві горючі системи: тверда речовина – повітря та аерозоль.

У дробарок небезпека вибуху пилю виникає при їх запуску та зупинці, а також коли виникає недовантаження сировиною. Запалювання пилю відбувається перш за все через іскри, які виникають при потраплянні до дробарки каменів або металевих предметів разом з сировиною, а також при ударі металевих частин машини одна об одну.

При процесі дроблення залізної руди утворюються вибухонебезпечні суміші горючого пилю або волокна з повітрям при нормальних режимах роботи. Виходячи з цього, можливий клас пожеж А – горіння твердих речовин. Згідно класифікації приміщень і зовнішніх установок з ПУЕ, приміщення повинно відноситися до класу В-II. Площа цеху складає близько 150...250 м².

Заходи пожежної безпеки процесів дроблення твердих речовин наступні:

- а) Використовувати «мокрі» методи дроблення – зволожувати руду, яка подається до дробарки;
- б) Запобігати вихід пилю з машин у виробниче приміщення, а також зниження тиску всередині дробарки;
- в) Використовувати потужні магніти та сепаратори для перешкоджання потрапляння до дробарки сторонніх металевих предметів;
- г) Створити заземлення для дробарок що дозволить запобігти утворенню іскор від зарядів статичної електрики;
- д) Виключити можливість самозаймання пилю;
- е) Контролювати температуру підшипників та масло-станцією, яка змащує їх мастилом;
- ж) Встановити запобіжні вибухові мембранні клапани.
- з) Використовувати вогнегасники типу ВП-5, ВП-6 – 8 штук; типу ВВ-9, ВВП-9 – 8 штук.

5.5 Висновки за розділом

В розділі охорона праці проведено аналіз шкідливих та небезпечних факторів робочого місця, розроблені інженерно-технічні заходи з охорони праці, проведено необхідні розрахунки освітлення.

ВИСНОВКИ

Кваліфікаційна робота є закінченою навчально-дослідницькою роботою, в якій розв'язана задача ідентифікації технологічного процесу дешламації.

Основними висновками і результатами роботи є наступне:

1. Запропонована структурна схема керування процесом дешламації.
2. Визначені технічні засоби контролю технологічних параметрів і виконавчі механізми для впливу на технологічний процес дешламації.
3. За даними активного експерименту визначені структура і параметри каналу керування процесом дешламації.
4. Визначені структура і параметри моделі процесу дешламації.
5. Запропонована структурна схема мікропроцесорної системи керування процесом дешламації.
6. Розраховані капітальні і річні витрати на розробку і впровадження системи автоматичного керування процесом дешламації.
7. В розділі охорона праці на підставі аналізу небезпечних і шкідливих виробничих факторів, виявлених на проєктованому об'єкті, розроблено заходи, направлені на створення здорових і безпечних умов праці та розглянуті питання пожежної безпеки.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Іванов С.В., Чекіна В.Д. (2020). Розвиток гірничодобувної промисловості в умовах Індустрії 4.0: нові виклики та можливості. Економіка промисловості. № 1 (89). С. 45-74. doi: <http://doi.org/10.15407/econindustry2020.01.045>.
2. Залознава Ю. С. Економічні та соціальні проблеми розвитку промисловості: монографія. Київ, 2017. 288 с. Режим доступу: <http://ier.donetsk.ua/publish/mono/Zaloznova2017.pdf>
3. Техніка і технологія збагачення корисних копалин. [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 184 «Гірництво» / В. Г. Кравець, В. С. Білецький, В. О. Смирнов ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл : 30,6 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 286с.
4. Особливості технології збагачення руд кременчуцького залізорудного району / В. Равінська [та ін.] // Вісник Кременчуцького національного університету ім. Михайла Остроградського = Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University. – Кременчук : Видавничий дім "Гельветика", 2022. – Вип. 1 (132). – С. 141-148.
5. Кривенко А. Ю. Теоретичне дослідження масопереносу при знешламлені залізорудної суспензії / Т. А. Кривенко, Т. А. Олійник // Гірничий вісник : наук.-техн. зб. - Кривий Ріг, 2021. - Вип. 109. - С. 106- 111. - Бібліогр.: с. 111. - DOI: 10.31721/2306-5435-2021-1-109-106-111.
6. Моркун В. С. Використання високоенергетичного ультразвуку для оцінки параметрів процесу осадження часток твердої фази пульпи / В. С. Моркун, Н. В. Моркун, О. Ю. Сердюк // Вісник Криворізького національного університету. - 2019. - Вип. 48. - С. 3-7. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vktu_2019_48_3 Смирнов В. О.
7. Методичні рекомендації для студентів бакалаврів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» Ткачов В.В.,

Бубліков А.В., Цвіркун Л.І., Проценко С.М., Бойко О.О., Славинський Д.В., .– Д.: «НГУ», 2016. – 27 с.

8. Бойко О.О. Методичні вказівки до лабораторних робіт з проектування систем автоматизації для студентів напрямку підготовки «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / О.О. Бойко – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2017. – 109 с. – Режим доступу: <https://goo.gl/Ev6J4Z>. – Назва з домашньої сторінки Інтернету.

9. Бойко О.О., Проценко С.М. Методичні вказівки до лабораторних робіт з програмування систем реального часу для студентів напрямків підготовки «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», «Комп'ютерна інженерія» / О.О. Бойко, С.М. Проценко – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2017. – 168 с. – Режим доступу: <https://goo.gl/rBf8Zm>. – Назва з домашньої сторінки Інтернету.

10. Бойко О.О. Методичні вказівки до лабораторних робіт з теорії автоматичного керування для студентів напрямку підготовки «Комп'ютерна інженерія» / Укл.: О.О. Бойко – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2017. – 107 с. – Режим доступу: <https://goo.gl/nUMtFE>. – Назва з домашньої сторінки Інтернету.

11. Голінько В.І., Фрундін В.Ю. Охорона праці в галузі електротехніки та електромеханіки – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2011. – 235 с.

12. Конвеєрні ваги СВЕДА ВК-230. Режим доступу: <https://www.vostok.dp.ua/ukr/catalog/scale/conveyer/product.html?id=165#>

13. Hyundai N5000 AC Drive / Inverter. Режим доступу: http://www.olinsys.com/hyundai_n5000.html

14. Электромагнитный расходомер Promag 55S. Режим доступу: <https://www.pkimpex.ru/opisanie/raskhodomer-promag-55s>.

15. Задвижка 30с964нж Ду350 Ру25. Режим доступу: <https://www.pkimpex.ru/opisanie/raskhodomer-promag-55s>

16. Електронний ресурс: <https://aliradar.com/item/33024886141-Trehfaznoe-tverdotelnoe-rele-peremennogo-toka-Jotta-SSR-10DA25DA40DA60DA-480-V-peremennogo-toka-3-32-V-postoyannogo-toka>

17. Коваль А.В. Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів: навч. посібник / А.В. Коваль. – Житомир : ЖДТУ, 2018. – 133 с.
18. Літнарівич Р.М. Побудова і дослідження математичної моделі за джерелами експериментальних даних методами регресійного аналізу. Навчальний посібник, МЕНУ, Рівне, 2011.-140 с.
19. Датчик гідростатичного тиску САПФІР 22 ДГ. Режим доступу: <http://standart-m.com.ua/kipia/datchiki-davleniya/datchik-gidrostaticheskogo-davleniya-sapfir-22-dg?mova=uk>
20. Засувка 30с964нж Ду400 Ру25. Режим доступу: <https://slemz.com.ua/zaporka/zadvizhki/du400/zadvizhka-dy400-py25-30s9646nzh>.
21. Jotta SSR 10DA/25DA/40DA/60DA DC Control AC Three Phase Solid State Relay 480VAC 3-32VDC. Режим доступу: <https://alitools.io/en/showcase/jotta-ssr-10da-25da-40da-60da-dc-control-ac-three-phase-solid-state-relay-480vac-3-32vdc-33024886141>
22. ДСН 3.3.6.037-99 Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку
23. ДСТУ ГОСТ 12.1.012:2008 Система стандартів безпеки праці. Вібраційна безпека. Загальні вимоги
24. ДСТУ Б А.3.2-12:2009 ССБП. Системи вентиляційні. Загальні вимоги
25. ДБН В. 2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення»
26. Порядок проведення атестації робочих місць за умовами праці затверджений постановою КМУ від 01.08.1992 № 442
27. Методичні вказівки з виконання заходів щодо охорони праці та розрахункової частини розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» в дипломних проектах студентів всіх спеціальностей /Уклад. В. І. Голінько, , Ю. І. Чеберячко, М. Ю.Іконніков - Дніпропетровськ: – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2022. – 12 с.
28. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2245-14/ed20180401/stru> – Закон України Про об'єкти підвищеної небезпеки

29. 8. ПІ 1.2.10-176-2001. Примірна інструкція з охорони праці для машиністів дробарок вогнетривких підприємств

ДОДАТОК А

Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Шифр документу	Примітка	
1			Документація				
2							
3	A4	KIBС.KBP.151.19.17.ПЗ	Пояснювальна записка		ПЗ		
4							
5			Графічна частина				
6							
7	A2	KIBС.KBP.151.19.17.E2	Функціональна схема				
8			автоматизації	1	E2		
9							
10	A2	KIBС.KBP.151.19.17.E3	Схема електрична				
11			принципова	1	E3		
12							
13	A4	KIBС.KBP.151.19.17.ПЕЗ	Перелік елементів	1	ПЕ		
14							
15	A4	KIBС.KBP.151.19.17.Д	Презентація		Д		
16							
17		KIBС.KBP.151.19.17.ВДЕ	Носій інформації	1	ВДЕ		
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
			Підп.	Дата	KIBС.KBP.151.19.17.ТП		
Зм.	Арк.	№ докум.			Літ.	Аркуш	Аркушів
Розробив		Молибог		29.05.23		1	1
П. конс.		Трипутень			Національний ТУ «Дніпровська політехніка», ЕТФ, 151-19-1		
Н.контроль		Воскобойник					

ВІДГУКИ КОНСУЛЬТАНТІВ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

ВІДГУК

на кваліфікаційну роботу ступеню бакалавра
на тему: «Автоматизація процесу дешламації в лінії збагачення ЗК»
здобувач вищої освіти академічної групи
151-19-1 Молибог Назарій Романович

Завдання і зміст кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра відповідає основній меті – перевірці знань та ступеню підготовки здобувача вищої освіти за спеціальністю “151 Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”. Оформлення пояснювальної записки та графічних матеріалів кваліфікаційної роботи виконано відповідно до вимог стандартів та методичних рекомендацій повністю.

Актуальність роботи полягає в тому, що розробка нової системи керування дозволить стабілізувати процес знешлавлення матеріалу перед магнітною сепарацією на фабриці збагачування ГЗК.

У першому розділі виконаний аналіз технологічного процесу дешламації, розглянуто конструкції і принцип дії гідросепаратора, поданий технологічний процес як об’єкт керування. На основі виконаного аналізу сформульовані задачі дослідження.

У другому розділі вирішено завдання по створенню системи керування - вибрані апаратно-програмні засоби для її реалізації, розроблена функціональна схема автоматизації, розроблена схема електрична принципова, складено перелік елементів до схеми електричної принципової.

У третьому розділі вирішено завдання структурної і параметричної ідентифікації каналу керування процесом дешламації. Виконана перевірка на адекватність статичної залежності між часом ізодрому та положенням заслінки виконавчого механізму.

Четвертий та п’ятий розділи присвячені розрахунку економічних показників для проектованої системи керування, та безпечних умов при розробці та її експлуатації.

При вирішенні завдань у розділах кваліфікаційної роботи студент підтвердив компетенції:

- K11 - здатність застосовувати знання математики, в обсязі, необхідному для використання математичних методів для аналізу і синтезу систем автоматизації;

- K12 - здатність застосовувати знання фізики, електротехніки, електроніки і мікропроцесорної техніки, в обсязі, необхідному для розуміння процесів в системах автоматизації та комп’ютерно-інтегрованих технологіях;

- K13 - здатність виконувати аналіз об’єктів автоматизації на основі знань про процеси, що в них відбуваються та застосовувати методи теорії автоматичного керування для дослідження, аналізу та синтезу систем автоматичного керування;

- K14 - здатність застосовувати методи системного аналізу, математичного моделювання, ідентифікації та числові методи для розроблення

математичних моделей окремих елементів та систем автоматизації в цілому, для аналізу якості їх функціонування із використанням новітніх комп'ютерних технологій;

- К15 - здатність обґрунтовувати вибір технічних засобів автоматизації на основі розуміння принципів їх роботи аналізу їх властивостей, призначення і технічних характеристик з урахуванням вимог до системи автоматизації і експлуатаційних умов; налагоджувати технічні засоби автоматизації та системи керування.

Повнота та глибина вирішення поставлених завдань в кваліфікаційній роботі достатня.

В цілому кваліфікаційна робота ступеню бакалавра заслуговує оцінки _____ балів при відповідному захисті, а здобувач Молибог Н.Р. присвоєння кваліфікації “Бакалавр з автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій” за спеціальністю “151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології”.

Керівник кваліфікаційної роботи,
посада, доц. каф. КФІВС
ступінь, к.т.н.

_____ Трипутень М.М.
(підпис)

_____ (дата)

РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну роботу ступеню бакалавра
на тему: «Автоматизація процесу дешламації в лінії збагачення ГЗК»
здобувач вищої освіти академічної групи
151-19-1 Молибог Назарій Романович

Завдання і зміст кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра відповідає основній меті – перевірці знань та ступеню підготовки здобувача вищої освіти за спеціальністю “151 Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”. Оформлення пояснювальної записки та графічних матеріалів кваліфікаційної роботи виконано відповідно до вимог стандартів та методичних рекомендацій повністю.

Актуальність роботи полягає в тому, що розробка нової системи керування дозволить підвищити ефективність процесу знешламленн матеріалу за рахунок стабілізації рівня осаду в гідросепараторі.

В рамках кваліфікаційної роботи виконано аналіз процесу дешламації як об’єкта автоматизації і сформульовані завдання до виконання кваліфікаційній роботі.

При цьому для вирішення поставлених завдань використані дані про перехідні процеси вихідної та вихідної величин, отриманих при проведенні активних експериментів.

Досягнення поставленої мети у кваліфікаційній роботі відбувається за рахунок використання методів аналізу властивостей процесу відсадки за літературними джерелами, методів ідентифікації і регресійного аналізу.

Основними результатами кваліфікаційної роботи є визначення структури і параметрів моделі каналу керування процесу дешламації.

Повнота та глибина вирішення поставлених завдань в кваліфікаційній роботі достатня.

В цілому кваліфікаційна робота ступеню бакалавра заслуговує оцінки _____ балів при відповідному захисті, а здобувач Молибог Н.Р. присвоєння кваліфікації “ Бакалавр з автоматизації та комп’ютерно-інтегрованих технологій ” за спеціальністю “151 Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”.

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувачем кафедри
кіберфізичних та інформаційно-
вимірювальних систем

_____ Бубліковим А.В.

«_____» _____ 2023 року

ВИСНОВОК

Про рівень запозичень у кваліфікаційній роботі бакалавра на тему «Автоматизація процесу дешламації в лінії збагачення ГЗК», здобувача вищої освіти, групи 151-19-1, Молибог Назарій Романович.

Загальний обсяг кваліфікаційної роботи без переліку посилань складає _____ сторінок. Програмне забезпечення використане для перевірки роботи “<https://unichesk.com>”. Рівень запозичень у роботі складає _____ %, що є меншим 40 % запозичень з однієї роботи та відповідає вимогам Положення про систему запобігання та виявлення плагіату у Національному технічному університеті «Дніпровська політехніка».

Нормоконтролер,
посада, ас. каф. КФІВС
ступінь

(підпис)

Воскобойник Є.К.

(дата)