

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 Прудкий Кирило Русланович

(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 подрібнення 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 Прудкий К.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 подрібнення в лінії збагачення ГЗК
затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» № 328-с от 08.05.2023

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)

Дата видачі

Дата подання до екзаменаційної комісії

Прийнято до виконання _____
(підпис студента)

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

04.05.2023

10.06.2023

Прудкий К.Р.
(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить: 77 стор., 26 рис., 17 табл., 2 дод.

Об'єкт розробки: Автоматизована система подрібнення в лінії збагачувального фабрики гірничо збагачувального комбінату.

Мета: удосконалювати існуючі системи подрібнення технологічного процесу.

Викладена актуальність питання, визначені склад і функції автоматизованої системи подрібнення в лінії збагачувального комбінату, запропоновані технічні рішення з використанням сучасних рішень, зроблений вибір елементної бази, визначена структура системи подрібнення в лінії збагачувального комбінату.

В якості об'єкта керування виступає млин мокрого самоподрібнення, для якого виконується розробка системи автоматичного керування ступенем внутримлиного заповнення. Вхідними параметрами є сигнали керування для частотного перетворювача 3-хфазного асинхронного двигуна конвеєру і регулюючого клапану води. Вихідними параметрами об'єкту керування є густина зливу класифікатору, об'ємна витрата пульпи, рівень пульпи, швидкість конвеєрної стрічки та вага руди, що подається конвеєром.

В якості системи дослідження обрана система збору інформації про об'єкт керування. Основними функціями системи є формування або реєстрування керуючого впливу, який подається на об'єкт керування, реєстрування дійсного значення на виході об'єкта, візуалізація отриманих даних та їх надання у зручному для подальшої обробки виді.

РУДА, ПОДРІБНЕННЯ, МЛИН, ОБ'ЄКТ КЕРУВАННЯ, МОДЕЛЬ, КОНТРОЛЕР, ДАТЧИК, ВИКОНАВЧИЙ МЕХАНІЗМ, ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ, БЕЗПЕКА

ЗМІСТ

Вступ	6
1 Стан питання та постановка завдання	7
1.1 Характеристика галузі і умов застосування проектної системи	7
1.2 Технологічний процес подрібнення	9
1.3 Процес подрібнення як об'єкт автоматизації	12
1.3.1 Загальна характеристика об'єкта керування	12
1.3.2 Процес подрібнення як об'єкт керування	16
1.4 Відомі рішення в даній галузі	17
1.5 Постановка завдання	22
2 Розробка апаратного забезпечення системи керування	24
2.1 Розробка структурної схеми системи керування	24
2.2 Вибір апаратного забезпечення системи керування	25
2.2.1 Витратомір SE12 High Accuracy	25
2.2.2 Щільномір пульпи DENCELL® МАД-5xxx	26
2.2.3 Частотний перетворювач Lenze 8200 E82EV223K4B201	28
2.3.4 Вибір пристроїв керування	29
2.3.5 Вибір джерел живлення	34
2.4 Розробка функціональної схеми автоматизації	36
2.5 Розробка схеми електричної принципової	38
2.6 Висновки за розділом	39
3 Визначення моделі об'єкта керування	40
3.1 Особливості ідентифікації дискретної моделі об'єкта керування	40
3.2 Ідентифікація структури і параметрів об'єкта керування	42
3.3 Висновки за розділом	48
4 Економічна частина	49
4.1 Техніко-економічне обґрунтування впровадження системи керування	49
4.2 Розрахунок капітальних витрат при впровадженні системи керування	50
4.3 Розрахунок капітальних витрат на програмне забезпечення	51

	5
4.3.1 Розрахунок часу на розробку програмного забезпечення	51
4.3.2 Розрахунок витрат на розробку програмного забезпечення	53
4.4 Розрахунок експлуатаційних витрат	54
4.4.1 Амортизація основних фондів	55
4.4.2 Розрахунок фонду заробітної плати	56
4.4.3 Відрахування на соціальні заходи	56
4.4.4 Розрахунок витрат на технічне обслуговування та ремонт	57
4.4.5 Витрати на електроенергію	57
4.4.6 Інші витрати	57
4.5 Висновки за розділом	58
5 Охорона праці	59
5.1 Характеристика об'єкта автоматизації	59
5.2 Характеристика небезпечних та шкідливих виробничих факторів	59
5.3 Оцінка пожежо та вибухонебезпеки робочого місця	61
5.4 Заходи зі створення безпечних та здорових умов праці	65
5.5 Протипожежні заходи	72
5.6 Висновки за розділом	75
Висновки	76
Перелік посилань	77
Додаток А	81
Додаток Б	82
Відгуки консультантів кваліфікаційної роботи	83
Відгук	85
Рецензія	87

ВСТУП

Для України дуже актуальним державним завданням є зниження енерговитрат у всіх галузях промисловості і, насамперед, у такій енергоємній як збагачення руд, оскільки в Україні піддається збагачувальному переділу близько 100 млн. тон залізної руди на рік.

Дезінтеграція руд є найбільш трудомістким та енергоємним процесом у збагачувальному переділі, частку якого припадає 50...70 % енерговитрат, капітальних та експлуатаційних витрат. На процеси дезінтеграції мінеральної сировини витрачається понад 10 % всієї електроенергії, що виробляється в країні. При цьому у чорній металургії витрата електроенергії на процеси дезінтеграції руд у середньому розподіляється у наступному співвідношенні - на дроблення до 5 %, на подрібнення до 64 %, тобто. енерговитрати на подрібнення руд чорних металів значно вище, ніж їх дроблення [1].

Основним напрямком підвищення енергоефективності гірничо збагачувальних процесів на даний час є застосування дворівневих систем керування, які здійснюють оптимізацію цих процесів. Формування єдиної політики в області автоматизації, необхідність збільшення вилучення залізного концентрату при постійних обсягах видобутку руди, наявність сучасних засобів автоматизації, що дозволяють досить просто організувати системи керування, уможливили виконання переходу на якісно новий рівень виробництва без зупинки технологічного процесу.

Для створення автоматичних систем керування необхідно попередньо виконати ідентифікацію процесу подрібнення по каналу керування і визначити технічні засоби автоматики: контрольно-вимірювальну апаратуру, датчики, підсилювальні і виконавчі пристрої. Дана бакалаврська робота присвячена вирішенню зазначених питань.

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

1.1 Характеристика галузі і умов застосування проектної системи

Україна є великою мінерально-сировинною базою залізними рудами, яка представлена 80 родовищами, 30 з яких експлуатується (58 % розвіданих запасів). Загальні запаси залізних руд сягають понад 30 млрд т, що складає близько 6 % світових запасів і 30 % запасів країн СНД. Багаті залізні руди і залістисті кварцити видобуваються на родовищах Криворізького, Кременчуцького і Білозерського залізорудних басейнів, до 2002 р. розроблялися також «табачні» руди Керченського басейну. В цілому залізні руди представлено трьома основними типами: багатими мартитовими, залістистими кварцитами і бурими залізняками [1, 2].

Крім природних родовищ частину залізорудних концентратів можна отримати з техногенних відходів збагачення Кривбасу. За попередніми оцінками фахівців Інституту геологічних наук НАН України, на 8 хвостосховищах можна переробити близько 300 млн т хвостів збагачення з вмістом в них $Fe_{\text{маг.}} = 8...13\%$ і отримати 60 млн т концентрату з вмістом $Fe_{\text{магн.}} 65\%$. При цьому собівартість вторинної переробки залізовмісних хвостів на 30...40 % дешевша за видобуток і переробку корінного залізних руд. Переробка концентратів вже почата на ЦГЗК. Збільшення видобутку залістистих руд у Кривбасі можливо також за рахунок розробленого комплексного відкрито-підземного способу розробки залізних руд. Впровадження цього способу на кар'єрі №1 ЦГЗКу забезпечило збільшення обсягу видобутку кварцитів на 1,2 млн т на рік, при цьому відвернена закриття кар'єру і вирішено соціальну проблему – при зростанні виробництва видобутку не було потрібно додаткове вилучення родючих земель. Такий підхід може бути прийнятним на ПГЗКу та інших комбінатах.

Флюсова сировинна база представлена двома регіонами – Донецьким і Кримським, Марганцева – Нікопольським басейном.

За станом на початок 2021 р. балансові запаси залізорудної сировини щодо діючих підприємств України складають (дані підприємств): 1 400 млн т природно багаті руди, зокрема 700 млн т в проектних рамках; 12 000 млн т магнетитові кварцити (6 500 млн т); 1 000 млн т окислені магнетитові кварцити (800 млн т). Окрім цього, на балансі підземних підприємств знаходиться на обліку 4 000 млн т магнетитових кварцитів.

Інтенсивний розвиток гірничодобувних підприємств відбувався в 1950...1960 рр. Вже в 1963 р. Українська РСР виробляла 54,6 % залізорудної продукції від загального виробництва в СРСР, на початку 1970-х забезпечувала 14 % світового виробництва і 43 % союзного видобутку товарної залізної руди, а в 1978 р. досягла максимального обсягу – 126,4 млн т залізорудної продукції.

У подальшому з відомих причин виробництво поступово знижувалося до мінімального, в 1999 р. воно склало 48,0 млн т.

Завдяки реалізації цілого ряду організаційних, технічних заходів і державної підтримки, в кінці 1999 р. вдалося стабілізувати роботу гірничодобувних підприємств і забезпечити поступове нарощування виробництва товарної продукції.

До агресії Росії проти України у 2022 р. і окупації частини території України залізні руди України видобували 10 гірничодобувних підприємств, з них шість розробляли залістисті кварцити і чотири – багаті руди. Гірничодобувними підприємствами було вироблено: 77,4 млн т руди і залізорудного концентрату, зокрема: залізної руди неагломерованої – 16,5 млн т; концентрату – 70,0 млн т; 42,1 млн т залізорудного агломерату; 22,4 млн т залізорудних окатишів. Перспектива розвитку залізорудної галузі зумовлюється перспективою розвитку металургійного виробництва і експорту сировини.

На даний час у зв'язку з бойовими діями Росії на території України розвиток металургійного виробництва суттєво уповільнився.

1.2 Технологічний процес подрібнення

Подрібнення і класифікація мінеральної сировини є основними підготовчими операціями перед його збагаченням. Подрібнення сировини виробляється в стрижневих і кульових млинах, а також в млинах мокрого подрібнення. Млин і класифікатор можуть працювати послідовно, окремо або в замкнутому циклі один з одним [3, 4].

Подрібнення – процес зменшення крупності твердих частинок в результаті різних фізичних впливів. На відміну від дроблення крупність подрібненого продукту не перевищує 5 мм. У практиці збагачення корисних копалин подрібнення застосовується для розкриття рудних зерен, що мають розмір від 5 мм до часток міліметра. З усіх технологічних переділів гірничо-збагачувального комбінату подрібнення є найбільш енергоємним процесом.

Подрібнення матеріалу в результаті взаємних ударів шматків і частинок, їх деформація і руйнування з утворенням нової поверхні отримало назву самоподрібнення.

У практиці рудопідготовки на збагачувальних комбінатах застосовується самоподрібнення в барабанних млинах, в яких великі шматки руди є подрібнюючими тілами для більш дрібних і, руйнуючись, поступово перетворюються в готовий продукт. Рудне самоподрібнення на збагачувальних комбінатах застосовується при подрібненні руди в одну стадію до крупності від 1,0...0,01 мм або в кілька стадій - в першій стадії рудне самоподрібнення або рудне напів-самоподрібнення і в наступних стадіях рудногалечне або кульове подрібнення.

Руда хитким живильником подається на стрічковий конвеєр. На стрічковому конвеєрі перед подачею руди в млин встановлені конвеєрні ваги для обліку ваги руди. У рудному (первинному) самоподрібнюванні в млин подається руда крупністю до 300...350 мм після великого дроблення і в окремих випадках подається руда крупністю до 500 мм безпосередньо з рудника (без великого дроблення).

Конструкція розвантаження різних матеріалів подібна до конструкції розвантаження через решітку кульових млинів. Вихідний матеріал, що надходить в барабан млина, зазнає деформації при ударі падаючих шматків руди на матеріал, що знаходиться в нижній частині млина. Одночасно з цим відбувається часткова сегрегація матеріалу по крупності: дрібні шматки зосереджуються на периферії, великі – ближче до осі обертання, що обумовлює їх рух по різних траєкторіях.

Руйнування матеріалу відбувається в результаті удару шматків один об одного при падінні, внаслідок стирання при коченні шматків в каскадній зоні, а також внаслідок ударів і стиснень, що наносяться набігаючими ліфтерами в зоні «помилкового носка» по ущільненій компактній частині матеріалу.

Додаткове руйнування матеріалу відбувається в зоні «істинного носка», де матеріал піддається всебічному стиску, потім при підйомі матеріалу навантаження стиснення знімається, що призводить до розвитку природних дефектів і зниження міцності самоподрібнюваного матеріалу.

Зі збільшенням вмісту великих (+100 мм) і дрібних (-25 мм) класів продуктивність млинів самоподрібнення зростає. Ступінь заповнення млинів типу ММС підтримується 40...47 % від обсягу барабана, що забезпечує максимальну їх продуктивність.

Технологічний процес подрібнювання зображений на рис. 1.1. Вихідний матеріал, який підлягає подрібненню, може складатися виключно з зерен крупного класу або з суміші зерен крупного класу і готового продукту.

Одним з найважливіших факторів, що визначають кінетику подрібнення матеріалів, є подрібнюваність. Вона характеризує схильність матеріалів до руйнування в барабанних млинах. Так як властивості міцності руд змінюються в широких межах і по-різному проявляються в різних умовах подрібнення, цілком надійно встановити подрібнюваність руди і продуктивність млина можна тільки на основі промислових або напівпромислових випробувань, подрібнивши пробу руди в великому млині від вихідної крупності до заданої.

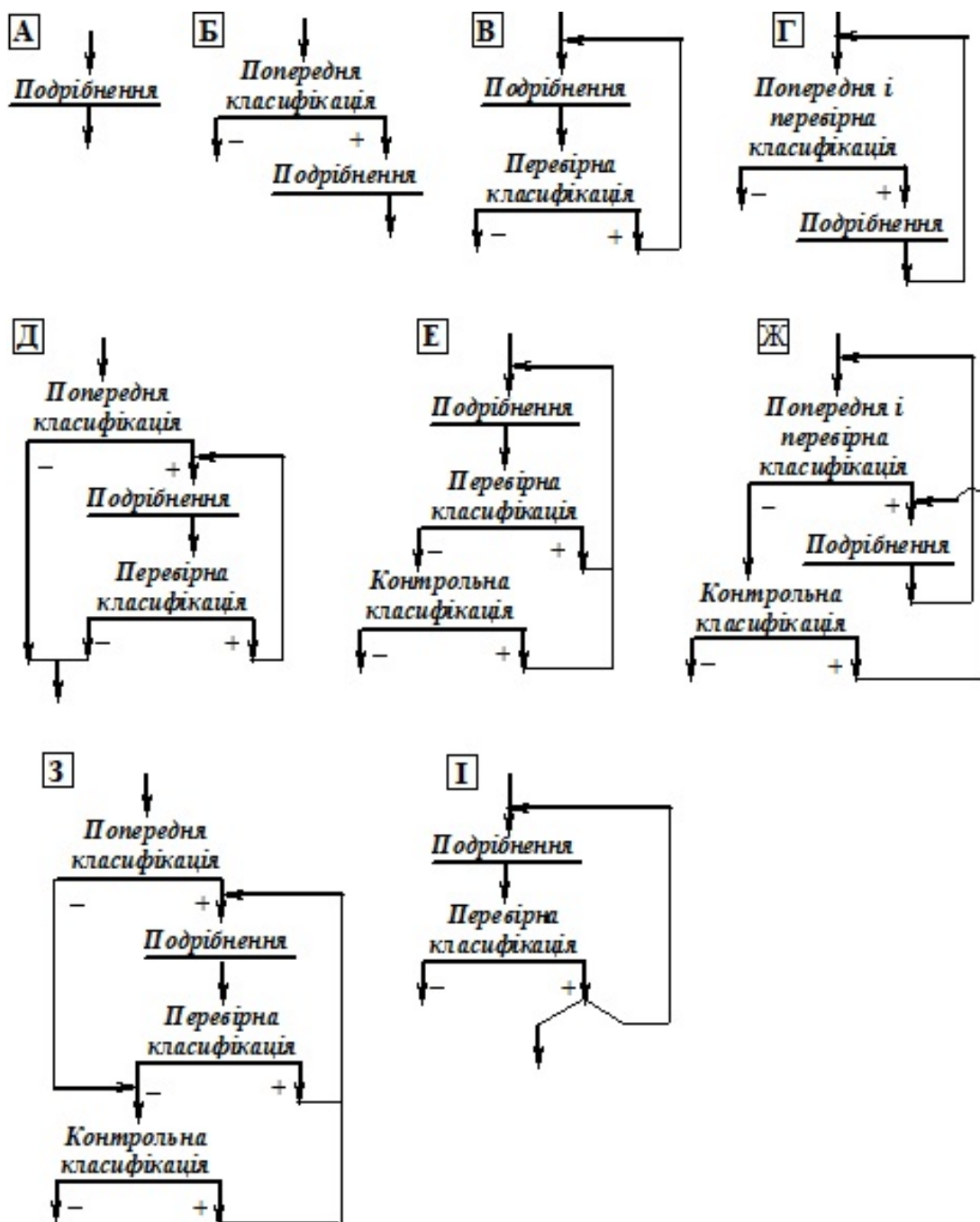


Рисунок 1.1 – Технологічна схема процесу подрібнення та класифікації

Подрібнювання корисних копалин на збагачувальних комбінатах, цементних і металургійних заводах виробляється в основному мокрим способом, тобто з водою. За допомогою води здійснюється транспортування руди між агрегатами. Тому необхідно знати і враховувати властивості пульпи.

Пульпою називається суміш мінеральних часток і води, в якій тверді частки рівномірно розподілені в об'ємі води. Зважування мінеральних частинок у воді досягається перемішуванням пульпи або рухом її з достатньою швидкістю.

Чим більше частки, тим легше пульпа розшаровується. Рівномірно перемішана пульпа має багато властивостей рідини більш важкої, ніж вода.

Склад пульпи характеризується наступними показниками:

- вмістом твердого в пульпі по масі, тобто ставленням маси твердої речовини до маси всієї пульпи; дане відношення виражається у відсотках або частках одиниці для сильно розрідженої пульпи масу твердого відносять до обсягу рідкого, тобто вказують, скільки грам або міліграм твердого доводиться на 1м³ або 1л води; так характеризуються, наприклад, сливи згущувачів і фільтрати. зміст твердого в млинах підтримують в межах 70...80 %, в зливах класифікаційних пристроїв - від 15 до 45 %, в пісках – 60...80 %;
- розрідженням, тобто ставленням маси рідкого до маси твердого в обсязі пульпи;
- щільністю пульпи при відомій щільності твердого.

Класифікатори працюють в єдиному технологічному комплексі з подрібнюючими агрегатами. Від того, наскільки правильно ведеться процес класифікації, залежить продуктивність млинів по готовому продукту і ефективність процесів збагачення. Результати класифікації при незмінності режимів транспортування пісків можуть залежати від загальної кількості і складу пульпи, що надходить в класифікатор в одиницю часу, і від додаткової витрати води в корито класифікатора.

Класифікація - це поділ частинок згідно швидкості їх осадження у рідині. Ефективно використовуються відмінності в щільності, розмірі і формі.

1.3 Процес подрібнення як об'єкт автоматизації

1.3.1 Загальна характеристика об'єкта керування

Для подрібнення твердих матеріалів найбільшого поширення отримали барабанні млини. По режиму роботи подрібнювальні машини ділять на машини безперервної і періодичної дії. Залежно від виду тіл, що мелють, розрізняють млини кульові, стрижневі, галькові, рудногалечні, напівсамоподрібнення (з невеликою добавкою куль) і самоподрібнення. У кульових млинів в якості тіл,

що мелють, використовують сталеві або чавунні кулі, у стрижневих - сталеві стрижні, у галькових - кремінну гальку або руду, у млинів самоподрібнення - великі шматки подрібнюваної руди.

Барабанні млини класифікуються на млини з обертовим барабаном, вібраційні і відцентрові. На збагачувальних комбінатах і рудопідготовчих відділеннях металургійних підприємств застосовуються обертові барабанні млини.

Обертовий барабанна млин (рис. 1.2) являє собою порожнистий барабан 1, закритий торцевих кришками 2 і 3, заповнений певною кількістю подрібнюючих тіл 4 і обертається навколо горизонтальної осі. При обертанні барабана подрібнюючі тіла завдяки тертю захоплюються внутрішньою поверхнею барабана і піднімаються на деяку висота, потім вільно падають (або перекочуються) вниз.

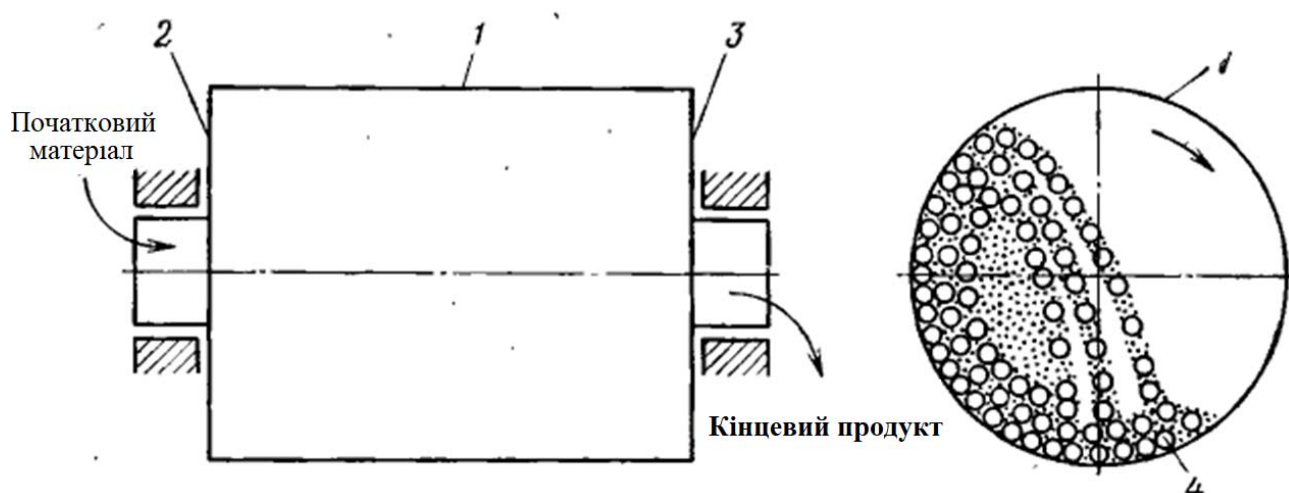


Рисунок 1.2 – Схема пристрою і принцип дії обертового барабанного млина:

1 - барабан; 2 і 3 - завантажувальна і розвантажувальна кришки з порожнистими цапфами; 4 - подрібнюючі тіла.

Млини для мокрого рудного самоподрібнення типу ММС (рис. 1.3) призначені для тонкого подрібнення крупнокускових (від 300 до 500...600 мм) матеріалів великими шматками матеріалу, що переробляється. Млини з розвантаженням через решітку типу ММС мають діаметр барабана до 12 м і відносно малу довжину, часто довжина барабана $L = (0,3...0,5) D$ і рідше довжина барабана $L = (1...1,5) D$.

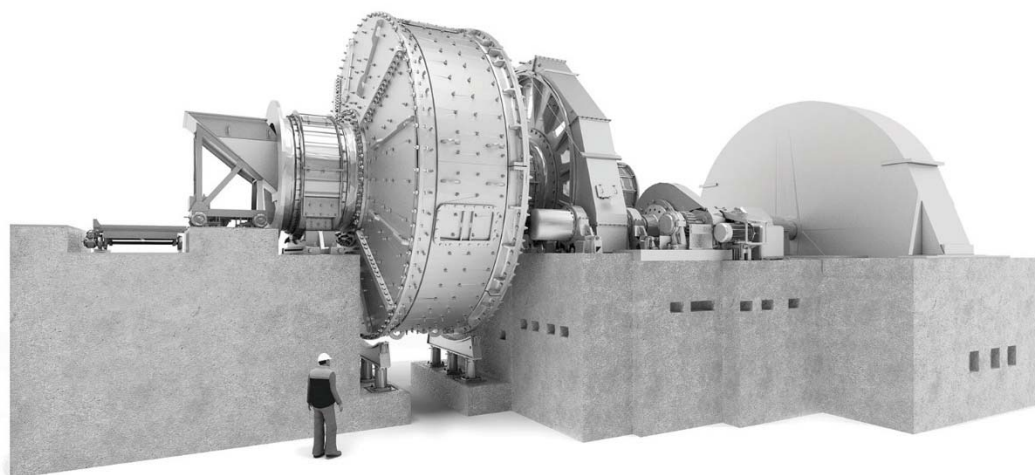


Рисунок 1.3 – Млин для мокрого рудного самоподрібнення MMC-70x23

Млин для мокрого самоподрібнення MMC-7000 x 2300 (рис. 1.4) складається з барабана 1 з торцевими кришками 3 і 14, завантажувального 4 і розвантажувальної 12 цапф, що спираються на підшипники 5 і 11. Обертання барабану передається електродвигуном 7 за допомогою зубчастої муфти 8, приводний шестерні, встановленої на сферичних роликових підшипниках, і зубчастого вінця 10, змонтованого на фланці розвантажувальної цапфи 12.

Корпус барабана складається з двох половин, з'єднаних фланцями. До нього приєднано порожнисті цапфи 4 і 12. У цапфах знаходяться завантажувальний і розвантажувальний втулки. Завантажувальна втулка має спіралі, призначені для прискорення подачі руди в млин, і спіральний пристрій для повернення в млин пульпи, що протікає через ущільнення.

Вихідна руда завантажується в млин за допомогою завантажувального пристрою 6, що представляє собою патрубок, що пересувається по рейках механічним приводом. Футеровка барабана включає в себе броньовані плити і ліфтери (клини) 2. Для сполучення з ліфтерами стики броньових плит мають похилі скоси. Футеровка торцевих стінок виконана з двох рядів плит. Кріплення плит здійснюється ліфтерами і болтами з потайними головками.

У розвантажувального кінця млина встановлена решітка 13. Щілини її мають ширину 20 мм і розширюються в бік розвантаження. Кріпляться решітки бічними ліфтерами і болтами. Наявність решітки і розвантажувальних ліфтерів

дозволяє здійснювати примусову вивантаження з млина подрібненого матеріалу і підтримувати низький рівень пульпи в млині.

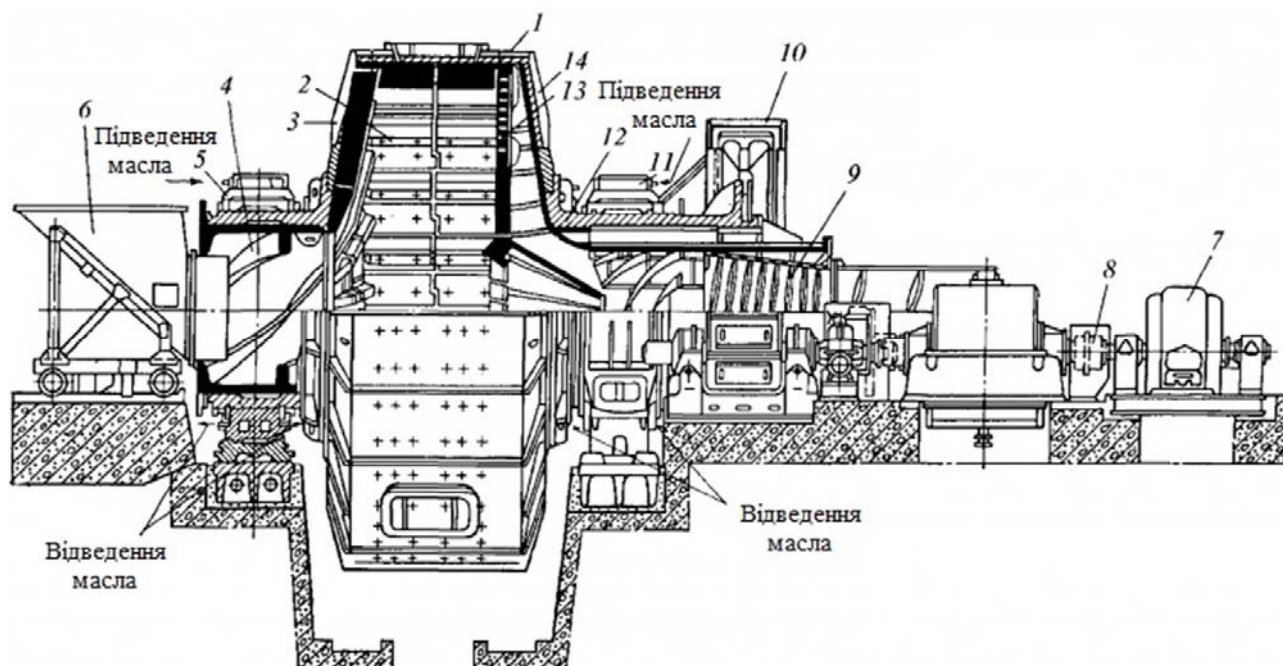


Рисунок 1.4 – Поздовжній розріз млина для мокрого рудного самоподрібнення ММС-70х23

1 – барабан; 2 – ліфтери; 3 – торцева кришка; 4 – завантажувальна цапфа; 5 – підшипник; 6 – завантажувальний пристрій; 7 – електродвигун; 8 – зубчаста муфта; 9 – бутара; 10 – зубчастий вінець; 11 – підшипник; 12 – розвантажувальна цапфа; 13 – решітка; 14 – торцева кришка.

Класифікація розвантаження млина виконується на бутарі 9, закріпленій на розвантажувальній цапфі. Рудна галя виділяється з млина через вікна, які вирізаються в розвантажувальній решітці. При обертанні барабана подрібнений матеріал, що пройшов через решітку в пульпо-приймальні камери елеваторного пульпо-підйомника, радіальними перегородками піднімається вище осі млина і самопливом зливається через порожнисту цапфу розвантажувальної кришки. Млини мокрого самоподрібнення в залежності від типорозміру приводяться в рух одним або двома двигунами потужністю до 3000 ... 4000 кВт. Зубчастий вінець приводу змонтований на розвантажувальній цапфі, з ним пов'язані через одну або дві малі шестерні один або два приводні вали.

У табл. 1.1 наведені основні параметри млина мокрого самоподрібнення ММС-70х23.

Таблиця 1.1 – Основні параметри млина мокрого самоподрібнення ММС-70х23

Технічні характеристики:	
Діаметр барабана внутрішній	7 000 мм
Довжина барабана, без футерування	2 300 мм
Об'єм барабана	80 куб.м
Частота обертання барабана	13,3 об/хв
Потужність електродвигуна головного приводу	2 000 кВт
Споживана потужність	1 800 кВт
Габаритні розміри млина в зборі через венцову шестерню:	
Довжина	16 672 мм
Ширина	9 140 мм
Висота	7 856 мм
Маса млина	450 000 кг
Питома витрата електроенергії	25 кВт/куб.м
Питома маса	5,6 т/куб.м
Напруга	6 000 В

1.3.2 Процес подрібнення як об'єкт керування

Як керований об'єкт, замкнутий цикл подрібнення і класифікації (рис. 1.5) в млині самоподрібнення характеризується наступними параметрами.

Керуючі впливи: витрата руди в млин Q , витрата води в млин W_m і класифікаційний апарат $W_{кл}$; частота обертання барабана млина n , гранулометричний склад C_{x1} і фізико-механічні властивості руди σ ; кількість середовища, в якому мелють, φ ; вологість ω і температура T_1 вихідної руди.

Вихідні параметри: об'ємна витрата зливу класифікаційного апарату $q_{сл}$; густина $\delta_{сл}$ і гранулометричний склад C_{x2} зливу; продуктивність циклу по готовому класу q_r ; потужність, споживана електроприводом млина P , амплітуда $A_{ш}$ або частота $f_{ш}$ шумового сигналу в млині, виробленого тілами, що мелють, в зоні падіння.

Внутрішній стан замкнутого циклу подрібнення характеризується кількістю матеріалу в барабані млина G ; значенням Π (піски з класифікатора), густиною $\delta_{п}$ і гранулометричним складом $C_{хп}$ циркулюючої навантаження.

В якості керованих параметрів замкнутого циклу подрібнення в більшості випадків використовують: густину $\delta_{сл}$ і гранулометричний склад C_{x2} зливу класифікаційного апарату; потужність, споживану електроприводом млина P ;

амплітуду $A_{ш}$ або частоту $f_{ш}$ шумового сигналу, виробленого тілами, що мелють, в зоні падіння. Керуючими впливами можуть бути: продуктивність циклу по вихідній руді Q ; витрата води в млин W_M і класифікаційний апарат $W_{кл}$; частота обертання барабана млина n . З них основні найбільш реалізуючі – Q , W_M , $W_{кл}$.

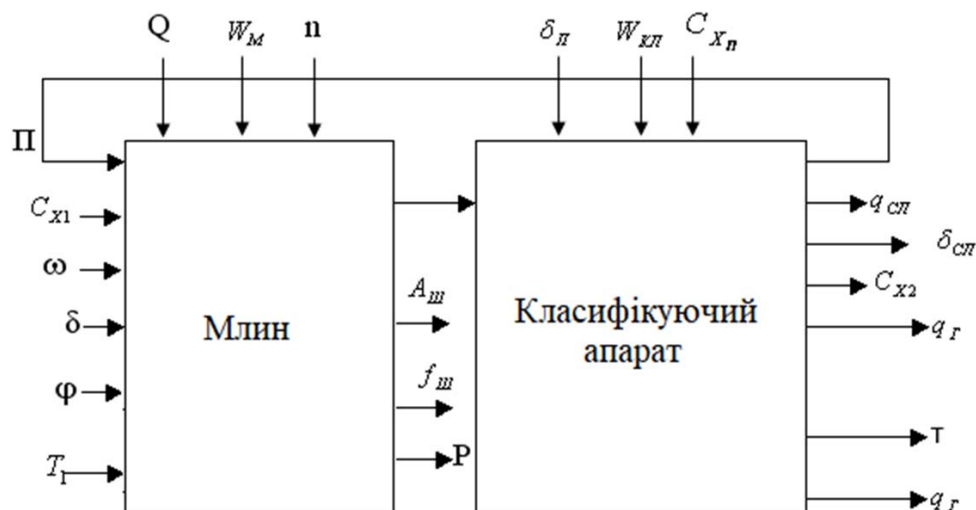


Рисунок 1.5 – Структура замкнутого циклу подрібнення і класифікації

Основні збурюючі впливи – гранулометричний склад C_{x1} і фізико-механічні властивості вихідної руди σ .

Такі фактори як знос тіл, що мелють, футерування барабана млина, піскові насадки гідроциклону, можна характеризувати як перешкоди.

При роботі млина в замкнутому циклі з класифікаційним апаратом до потоків вихідної руди і води додається потік обводнених пісків, що повертаються на доподрібнення.

У зв'язку з цим виникають деякі особливості, які полягають у зміні кількості твердої і рідкої фаз пульпи, що знаходяться в барабані млина в сталому режимі, гранулометричного складу пульпи в барабані, її щільності і часу перебування матеріалу в барабані (часу подрібнення).

1.4 Відомі рішення в даній галузі

Існуючі системи автоматичного контролю та регулювання процесу мокрого самоподрібнення, руд можна розбити на три групи:

1. Системи стабілізації ступеня внутрішньо-млинового заповнення.

2. Системи, що базуються на стабілізації гранулометричного складу вихідного живлення.

3. Системи екстремального регулювання.

Для стійкої роботи систем стабілізації ступеня внутрішньо-млинового заповнення φ положення робочої точки задають дещо лівіше за екстремум. У процесі керування поточне значення φ контролюють одним із розглянутих нижче способів.

При стабільному водному режимі млина коефіцієнт заповнення пропорційний сумарній витраті матеріалу на її вході:

$$\varphi = k_1(Q + \Pi) = k_1 Q_E \quad (1.1)$$

де k_1 – коефіцієнт, що залежить від конструктивних параметрів млина, від властивостей вихідного харчування та інших факторів.

Вираз (1.1) покладено основою систем стабілізації заповнення млинів за сталістю тоннажу: $Q = \text{const}$. Схема системи стабілізації наведено на рис. 1.6.

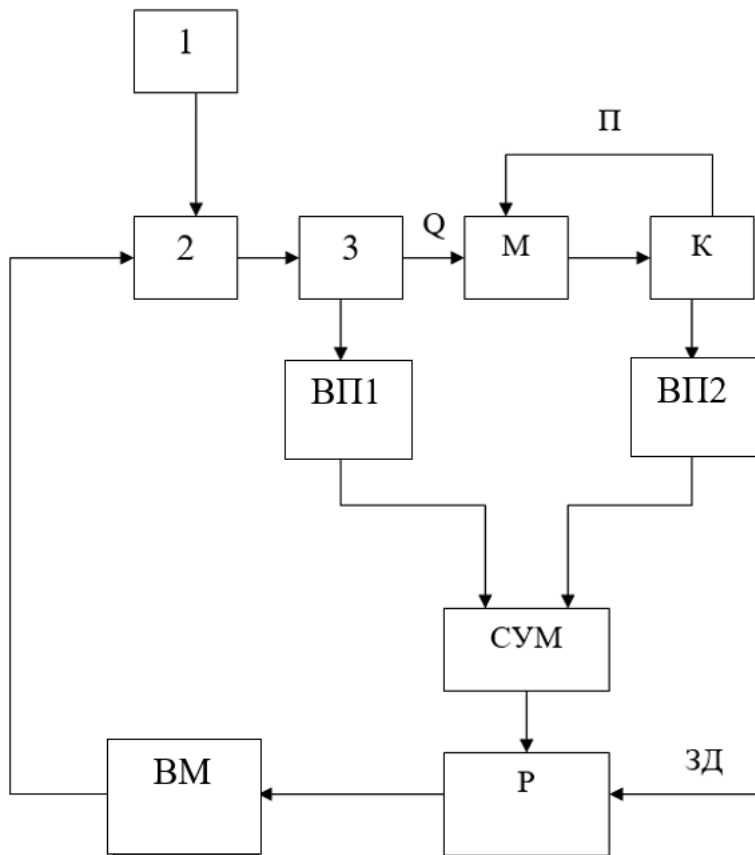


Рисунок – 1.6 Структурна схема системи стабілізації заповнення млина по постійності тоннажу

Вимірювальними пристроями ВП1 і ВП2 контролюються змінні Q і Π . Сигнали, пропорційні цим змінним, надходять на вхід суматора і потім на регулятор P із задатчиком ЗД. Уставкою ЗД вибирається необхідне значення $k_1 \cdot Q_E$. При відхиленні витрат пісків Π поточне значення $k_1 \cdot Q_E$ відхиляється від заданого, в результаті чого виконавчий механізм ВМ змінює положення регулюючого органу 2 (живильника), що призводить до зміни витрат матеріалу з бункера 1 на конвеєр 3, тобто до зміни Q .

Істотним недоліком даного способу регулювання є залежність коефіцієнта k_1 від властивостей подрібнюваного матеріалу (крупність, твердість) і значне запізнення каналами коригувальних впливів.

Найбільш простий спосіб стабілізації ступеня внутрішньо-млинового заповнення - спосіб регулювання за схемою стабілізації потужності $P = \text{const}$, що споживається приводним двигуном млина. У таких САР величину внутрішньо-млинового заповнення оцінюють за значенням активної потужності P за допомогою статичної характеристики $P = f(\varphi)$. Схема даної системи стабілізації наведена на рис. 1.7.

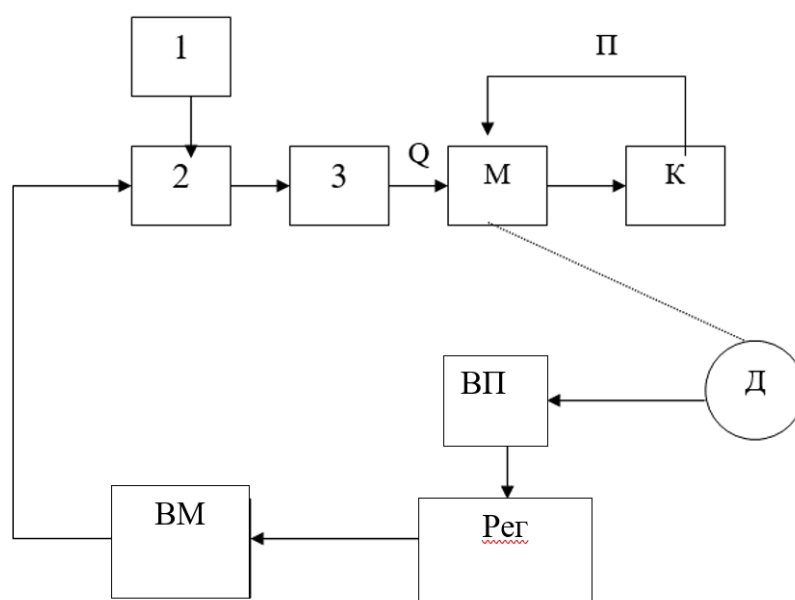


Рисунок 1.7 – Структурна схема системи стабілізації млина по значенню активної потужності

Вимірювальний пристрій ВП контролює значення активної потужності P . Сигнал надходить на вхід перетворювача і потім на регулюючі пристрій Per .

При зміні активної потужності P відхиляється від заданого, в результаті чого виконавчий механізм ВМ змінює положення регулюючого органу 2 (живильника), що призводить до зміни витрати матеріалу з бункера 1 на конвеєр 3, тобто. до зміни Q .

Недолік: у даних САР коливання гранулометричного складу вихідного живлення призводить до значних змін продуктивності млинів за новоствореним готовим продуктом.

Для керування процесом мокрого подрібнення використовують спосіб, заснований на контролі ступеня внутрішньо-млинового заповнення по тиску масла в опорних підшипниках барабана млина. Переваги даного способу полягають у простоті, відсутності електричних перешкод, що мають місце у сигналі активної потужності. Однак, як і розглянуті вище САР при коливаннях крупності вихідної руди дана система не може забезпечити стабільних показників процесу мокрого подрібнення.

Одним із способів стабілізації гранулометричного складу вихідного живлення є попереднє поділ дробленої руди на два класи крупності (наприклад, +100 мм -100 мм) і дозована подача їх в млин. Регулювання заповнення млинів здійснюють або за сигналом активної потужності або за рівнем шуму в зоні помелу. Відхилення від заданих значень використовують для вимірювання подачі однієї із фракцій крупності.

Незважаючи на поліпшення технологічних показників процесу самоподрібнення схеми з поділом вихідної руди на класи великого поширення не отримали. Основною причиною цього є значні капітальні та експлуатаційні витрати, пов'язані з поділом подрібненого матеріалу $Q_{\beta} = f(\gamma_{+100})$.

Характер статичних характеристик $Q_{\beta} = g(\varphi)$ та $P = f(\varphi)$ дозволяє використовувати системи екстремального регулювання процесу самоподрібнення. З огляду на технічні труднощі контролю величини Q_{β} у зливі млинів більш поширене застосування отримали екстремальні системи, що використовують характеристику $P = f(\varphi)$. Схема системи стабілізації наведено на рис. 1.8.

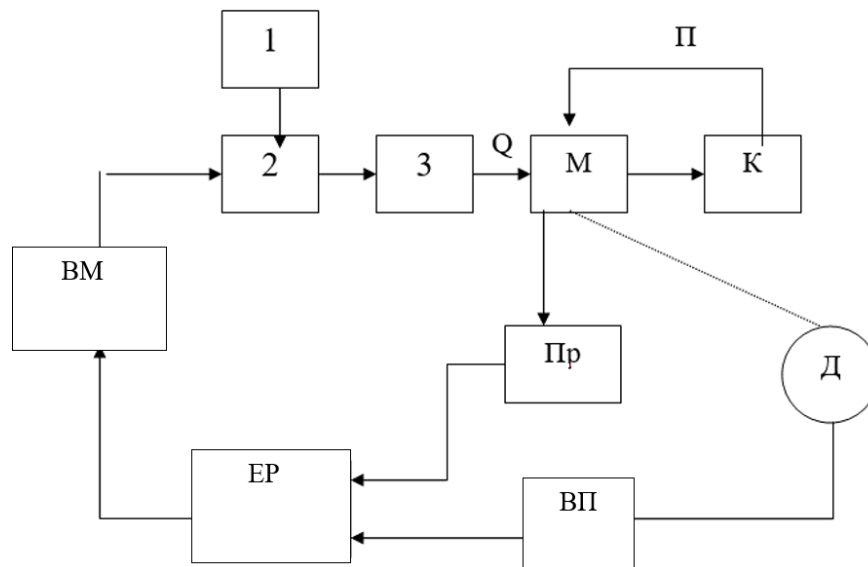


Рисунок 1.8 – Структурна схема системи екстремального регулювання

На виході ВП і Пр вимірюються змінні пропорційні потужності і ступеня внутрішньо-млинового заповнення, які подаються на вхід екстремального регулятора ЕР. Логічний пристрій регулятора ЕР виробляє керуючий вплив на виконавчий механізм ВМ, який змінює положення регулюючого органу 2 (живильника) так, що зміна регулюючої дії Q завжди спрямована у бік зростання P .

Регулювання здійснюється за принципом пробного кроку. Після виконання пробного кроку подача матеріалу продовжується, якщо потужність зростає та припиняється у разі її зниження.

Недоліком системи є наявність жорсткого тимчасового циклу, що починається з примусової подачі порції вихідного живлення незалежно від положення робочої точки на екстремальній кривій $P = f(\varphi)$. Це значно подовжує час виходу на екстремум і є причиною значних втрат на пошук. Крім того, при коливання властивостей вихідного живлення система може втратити стійкість і призводити до глибокого перевантаження млина.

Таким чином, існуючі системи автоматичного керування та регулювання процесом мокрого самоподрібнення в умовах непостійності крупності вихідного живлення не забезпечує стабільних показників процесу. Одним із шляхів підвищення якості керування процесом самоподрібнення є застосування систем, що забезпечують компенсацію впливу, що обурює (коливання крупності

вихідної руди) на вихідні величини. Запропонована комбінована система автоматичного керування представлена на рис. 1.9. На відміну від САК на рис. 1.6 дана система має контур компенсації по каналу обурення ”вміст характерного класу класу (+100 мм) у вхідній руді – ступінь внутрішньо-млинового заповнення”.

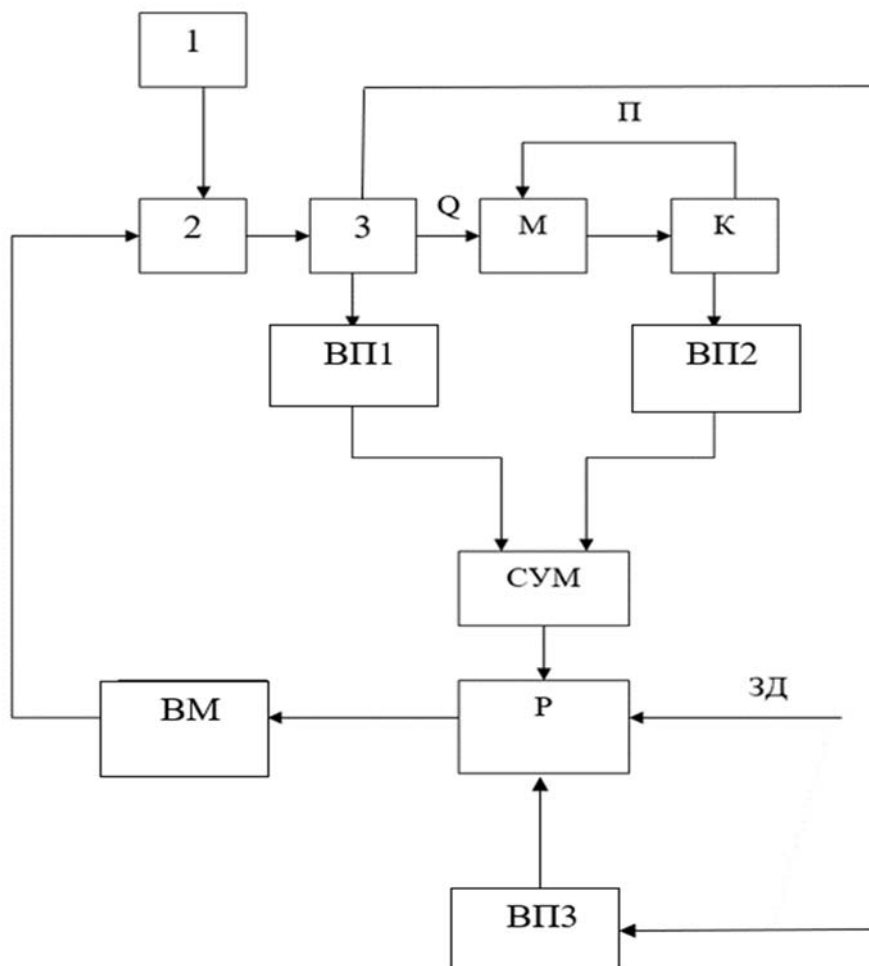


Рисунок 1.9 – Комбінована система автоматичного керування

1.5 Постановка завдання

Для підвищення ефективності керування процесом подрібнення на фабриці збагачення ГЗК в бакалаврській роботі поставлені такі завдання:

- вибрати датчики та виконавчі механізми для контролю та зміни фізичних та технологічних параметрів процесу подрібнення;

- на основі даних активного експерименту виконати структурну та параметричну ідентифікацію процесу подрібнення по каналу обурення ”вміст класу +100 мм у вхідній руді – ступінь внутрішньо-млинового заповнення”;
- визначити точність динамічної моделі процесу подрібнення по каналу обурення ”вміст класу +100 мм у вхідній руді – ступінь внутрішньо-млинового заповнення”;
- запропонувати структурну схему мікропроцесорної системи для реалізації системи автоматичного регулювання процесом огрудкування.

2 РОЗРОБКА АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

2.1 Розробка структурної схеми системи керування

Для підвищення ефективності керування процесом подрібнення на фабриці збагачення ГЗК в бакалаврській роботі в якості об'єкту керування обрано млин для мокрого рудного самоподрібнення типу ММС.

Млин для мокрого самоподрібнення ММС-7 000 х 2 300 призначений для подрібнення мінеральної сировини. Подрібнення і класифікація мінеральної сировини є основними підготовчими операціями перед збагаченням мінеральної сировини - руди.

Ступінь заповнення млинів типу ММС підтримується 40...47 % від обсягу барабана, що забезпечує максимальну його продуктивність.

Одним із шляхів підвищення якості керування процесом самоподрібнення є компенсація впливу, що обурює вихідні величини (коливання крупності вихідної руди).

Система керування млином мокрого самоподрібнення ММС-7 000 х 2 300 має канал керування "витрата вхідної руди – ступінь внутрішньо-млинового заповнення", а компенсація обурюючого впливу здійснюється по каналу "вміст класу +100 мм у вхідній руді – ступінь внутрішньо-млинового заповнення". Структура системи керування млином мокрого самоподрібнення ММС-7 000 х 2 300 показана на рис. 2.1.

Вимірювальними пристроями контролюється змінна продуктивності по подрібненій руді із бункера і продуктивність по піскам із бункера. Сигнали, пропорційні цим змінним, надходять у контролер системи керування і смутуються, обробляються і потім за допомогою регулятора в залежності від завдання формується необхідне значення керуючого впливу на об'єкт керування, в результаті чого виконавчий механізм змінює положення регулюючого органу живильника, що призводить до зміни витрат матеріалу з вхідного бункера на конвеєр подачі руди у млин ММС-7 000 х 2 300.



Рисунок 2.1 – Структура системи керування млином мокрого самоподрібнення
MMC-7 000 x 2 300

Компенсація обурюючого впливу на вході об'єкту керування здійснюється у відповідності до сигналу вимірювального пристрою, який контролює вмісту класу $+ \gamma_{100}$ мм у вхідній руді, яка подається конвеєром до млину MMC-7 000 x 2 300.

2.2 Вибір апаратного забезпечення системи керування

2.2.1 Витратомір SE12 High Accuracy

Для вимірювання продуктивності по подрібненій руді із бункера і продуктивності по піскам із бункера використаємо електромагнітний витратомір SE12 High Accuracy, розроблений відповідно до закону електромагнітної індукції Фарадея для вимірювання потоку середовища в трубі з інформаційною локальною польовою шиною CAN.

Магнітно-індуктивний витратомір може забезпечувати локальну індикацію та мати вихідний сигнал електричного струму 4...20 мА, який можна використовувати для запису, регулювання та керування. витратомір SE12 High Accuracy – промисловий витратомір, який використовують в охороні навколишнього середовища, металургії, фармацевтиці, виробництві паперу, водопостачання (магнітний лічильник води) і т. д.

Крім вимірювання витрати загальної провідної рідини, магнітний вимірювач може вимірювати потік змішаної рідини та твердої речовини, рідини з високою в'язкістю та солі, сильної кислоти та сильної лугу, щоб

використовувати його як хімічний витратомір, санітарний витратомір або витратомір стічних вод. Ми є постачальником повно-прохідних електромагнітних витратомірів. Клацніть тут, щоб дізнатися більше про вибір футерування та електродів для вимірювання витрати різних видів агресивних середовищ.



Рисунок 2.2 - Витратомір SE12 High Accuracy

Технічні характеристики витратоміра SE12 High Accuracy [17].

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики витратоміра SE12 High Accuracy

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	SE12 High Accuracy
2	Діапазон робочих температур, °C	-25...60
3	Клас захисту	IP68
4	Точність, %	±0,25
5	Діапазон вимірювання, м ³ /г	0...200
5	Діапазон вихідного сигналу, мА	4...20
6	Напруга живлення, В	24
7	Потужність споживання, Вт	6

2.2.2 Щільномір пульпи DENCELL® МАД-5xxx

Для вимірювання вмісту класу +γ_100 мм використаємо щільномір пульпи DENCELL, призначений для безперервного зміни в потоці щільності різних середовищ: пульпи, шламу, суспензії, в'язки лугів. Щільномір пульпи DENCELL дозволяє з високою точністю контролювати зміни щільності, забезпечувати цифрову індикацію результатів. Основними підприємствами, де застосовується щільномір пульпи DENCELL, є гірничозбагачувальні фабрики, також він може

використовуватися харчовою промисловістю. Щільномір пульпи DENCELL концептуально нове покоління інтелектуальних вагових аналізаторів щільності.

Принцип дії промислового аналізатора щільності пульпи DENCELL заснований на поточному і безперервному об'ємно-постійному вимірі ваги середовища. Від аналогів щільномір пульпи DENCELL відрізняється застосуванням високоточного датчика щільності унікальної розробки 0,1 % в умовах змінюваних температур, тиску і швидкості потоку рідкості. Конструкція приладу в цілому, а саме: відсування рухливих елементів і відкритий вихід - покликана підвищити надійність і продукцію в експлуатацію.

Підключення безпосередньо в трубопровід або напірний байпас (рис. 2.3) [18].



Рисунок 2.3 - Щільномір DENCELL® МАД-5xxx

Технічні характеристики щільноміра DENCELL® МАД-5xxx приведені в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 - Технічні характеристики щільноміра DENCELL® МАД-5xxx

№	Найменування параметра	Значення
1	Щільність пульпи, кг/м ³	0...3 000
2	Абсолютна погрішність, кг/м ³	±0,1
3	Частота вимірів, с	0,1
4	Нестабільність свідчень при добовій і більше роботі	0,5 погрішності
5	Час виходу на робочий режим, хв	10
6	Аналоговий вихід, мА	4...20
7	Напруга живлення, В	24 В
8.	Потужність споживання, Вт	6

На підставі обраних датчиків та їх технічних характеристик складена табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Датчики

№	Назва параметру	Принцип дії	Тип	Діапазон зміння	Точність	Значення виходу	Період оновлення	Напруга живлення	Потужність споживання
1	Витратомір SE12 High Accuracy, продуктивність по подрібненій руді	Електромагнітний	Аналоговий	0...200 м ³ /г	±0,25 %	4...20 мА	0.1 с	24 В	6 Вт
2	Витратомір SE12 High Accuracy, продуктивність по піскам із бункера	Електромагнітний	Аналоговий	0...200 м ³ /г	±0,25 %	4...20 мА	0.1 с	24 В	6 Вт
	Щільність пульпи	Об'ємна-постійний вимірювач ваги	Аналоговий	0...3000 кг/м ³	±0,025 %	4...20 мА	0.1 с	24 В	6 Вт

2.2.3 Частотний перетворювач Lenze 8200 E82EV223K4B201

Система керування повинна керувати продуктивністю конвеєра подачі руди у млин ММС-7 000 x 2 300 з вхідного бункера.

Для приводу конвеєру використовується асинхронний трифазний електродвигун потужністю 20,0 кВт. Для керування швидкістю обертання асинхронного трифазного двигуна використовуються частотний перетворювач Lenze 8200 E82EV223K4B201, потужністю 22 кВт, що живиться від трифазної мережі ~380 В (рис. 2.4).



Рисунок 2.4 - Частотний перетворювач Lenze 8200 E82EV223K4B201

Технічні характеристики частотного перетворювача Lenze 8200 E82EV223K4B201 представлені в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 - Технічні характеристики Lenze 8200 E82EV223K4B201

№	Найменування параметра	Значення
1	Робоча напруга живлення, В	3 фазне ~320 ÷ 550
2	Потужність, кВт	22,0
3	Діапазон вихідних частот, Гц	-650 ÷ +650
4	Частота комутації, кГц	2 ÷ 16
5	Перевантажувальний момент, % Mn	180 ÷ 210
6	Гальмівний момент, % Mn	50
7	Міра захисту	IP20
8	Частотне керування U/f	Є
9	Векторне керування	Є
10	Частотне регулювання	Є
11	Регулятор моменту	Є
12	ПД-регулятор	Є
13	Аналогові входи	1
14	Дискретні входи	5
15	Дискретні виходи	1
16	Релейний вихід	1
17	Підтримувані інтерфейси	Є
18	CAN - Bus	Є
19	PROFIBUS - DP	Є
20	INTERBUS	Є
21	AS - Interface	Є
22	Device Net	Є

На підставі вибраного устаткування розроблений перелік вихідних сигналів системи керування приведений в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Виконавчих пристроїв

№	Назва параметру	Принцип дії	Тип	Діапазон змін	Лінійність	Період оновлення	Напруга живлення, В	Потужність споживання, Вт
1	Продуктивність конвеєру подачі руди	4...20 мА	Аналоговий	0...100 %	Лінійний	0,1 с	-	-

2.3.4 Вибір пристроїв керування

Відповідно вимогам до системи керування, що розробляється, в якості пристрою керування млином для мокрого самоподрібнення ММС-7 000 x 2 300, треба використовуватися програмований логічний контролер (ПЛК) 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 три датчика, які мають уніфікований стандартний тип виходу 4...20 мА.

Для керування продуктивністю подачі руди треба забезпечити пропорційне керування конвеєром, який живиться від частотного перетворювача 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. 2.5). Технічні характеристики контролеру наведені в табл. 2.5.



Рисунок 2.5 – Програмований логічний контролер VIPA 214-2BS33

Таблиця 2.5 – 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 трьох аналогових датчиків, які мають стандартний струмовий сигнал виходу 4...20 мА, обрано модуль аналогового вводу VIPA 231-1BD40, який має чотири аналогових входів (рис. 2.6). Технічні характеристики модуля наведені в табл. 2.6.



Рисунок 2.6 – Модуль аналогового вводу VIPA 231-1BD40

Таблиця 2.6 – 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. 2.7.

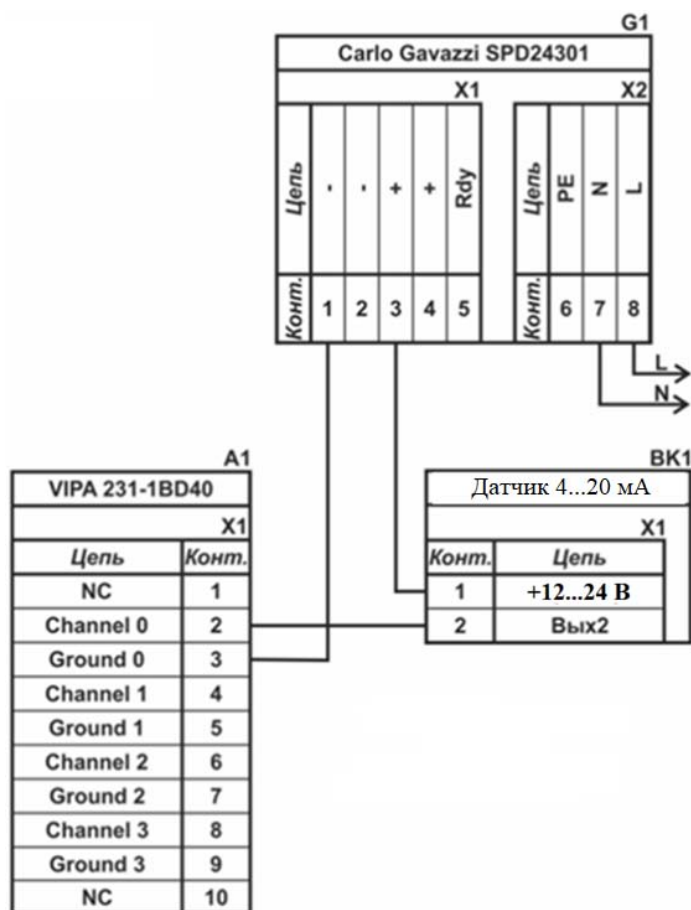


Рисунок 2.7 – Схема підключення датчика з типом вихідного сигналу 4...20 мА

Для керування частотним перетворювачем 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. 2.8).

Технічні характеристики модуля наведені в табл. 2.7.



Рисунок 2.8 – Модуль аналогового виводу VIPA 232-1BD40

Таблиця 2.7 – 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. 2.9.

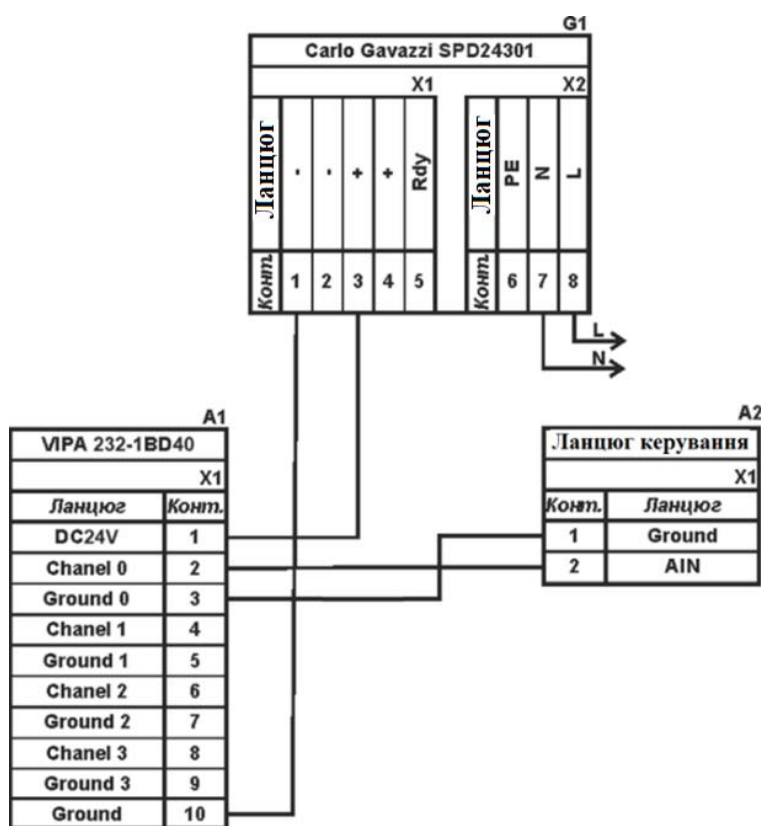


Рисунок 2.9 – Схема підключення до модуля аналогового виводу

Згідно з вимогами до системи керування млином для мокрого самоподрібнення MMC-7 000 x 2 300, в якості котрого виступає ПЛК, та пультом оператора, в якості якого виступає персональний комп'ютер, необхідно організувати мережу за допомогою інтерфейсу RS-485. Обраний ПЛК VIPA 214-2BS33 має інтерфейс RS-485. Схема підключення персонального комп'ютеру до програмованого логічного контролеру наведена на рис. 2.10.

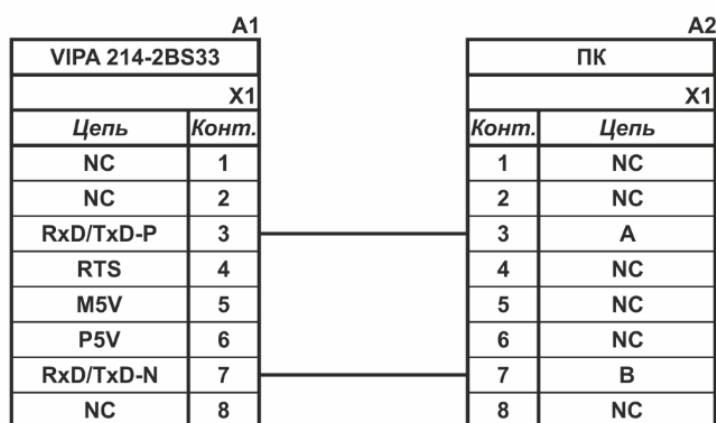


Рисунок 2.10 – Схема підключення по інтерфейсу RS-485

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

Таблиця 2.8 – Пристрій керування та його модулі

№	Назва модуля	Пристрій	Напруга живлення	Потужність споживання
1	VIPA 214-2BS33	Центральний процесорний модуль	24 В	5,0 Вт
		Зв'язок - АСК ТП		
2	VIPA 231-1BD40	Модуль аналогового вводу	24 В	0,6 Вт
		Електромагнітний	24 В	6,0 Вт
		Електромагнітний	24 В	6,0 Вт
		Об'ємна-постійний вимірі ваги	24 В	6,0 Вт
3	VIPA 232-1BD40	Модуль аналогового виводу	24 В	1,0 Вт
		Продуктивність конвеєру подачі руди	24 В	1,0 Вт

2.3.5 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. 2.11). Технічні характеристики блока живлення наведені в табл. 2.9.



Рисунок 2.11 – Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301

Таблиця 2.9 – 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. 2.12.

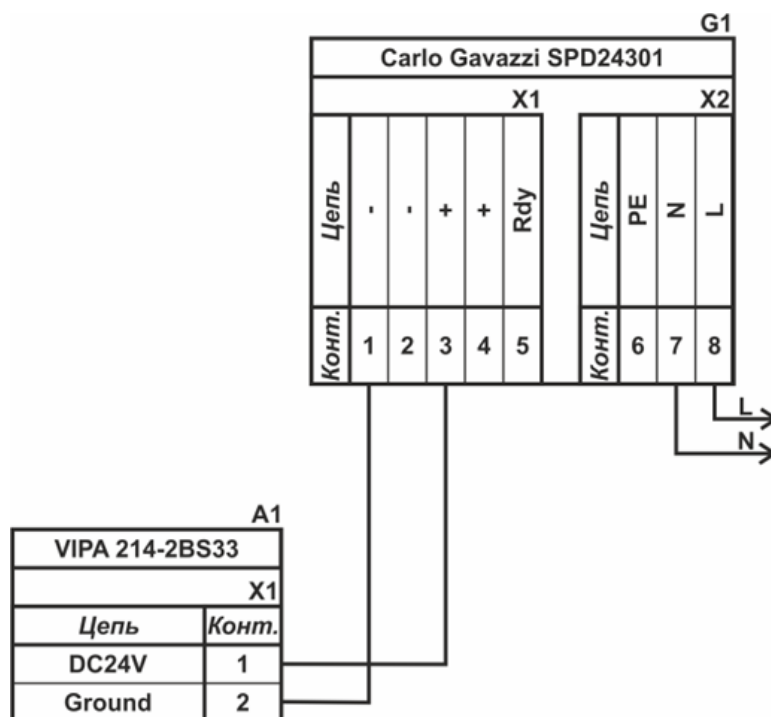


Рисунок 2.12 – Схема підключення програмованого логічного до блока живлення

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:

$$P = 3 * 6,0 + 1 * 1,0 = 19,0 \text{ Вт.} \quad (2.2)$$

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 млином для мокрого самоподрібнення ММС-7 000 x 2 300, розроблена функціональна схема автоматизації яка і наведена на рис. 2.13.

У якості пристрою керування використовується програмований логічний контролер (UY 5) - VIPA 214-2BS33. Програмований логічний контролер підключено до технологічного обладнання АСУ ТП, за що відповідає система автоматизації більш високого рівня (UY 6), зв'язок між ними реалізовано за допомогою інтерфейсу RS-485.

Для вимірювання продуктивності по подрібненій руді використовується витратомір (FE 1.1 - SE12 High Accuracy) та перетворювач 4...20 мА (FT 1.2 - SE12 High Accuracy).

Для вимірювання продуктивності по піскам використовується витратомір (FE 2.1 - SE12 High Accuracy) та перетворювач 4...20 мА (FT 2.2 - SE12 High Accuracy).

Для вимірювання вмісту класу + γ _100 мм використовується щільномір пульпи (PE 3.1 - DENCELL® МАД-5xxx) та перетворювач 4...20 мА (PT 3.2 - DENCELL® МАД-5xxx).

Для керування продуктивністю подачі руди використовуються частотний перетворювач (CE4.1 - Lenze 8200 E82EV223K4B201) з каналом керування 4...20 мА та силовим пристроєм (CE4.2 - Lenze 8200 E82EV223K4B201).

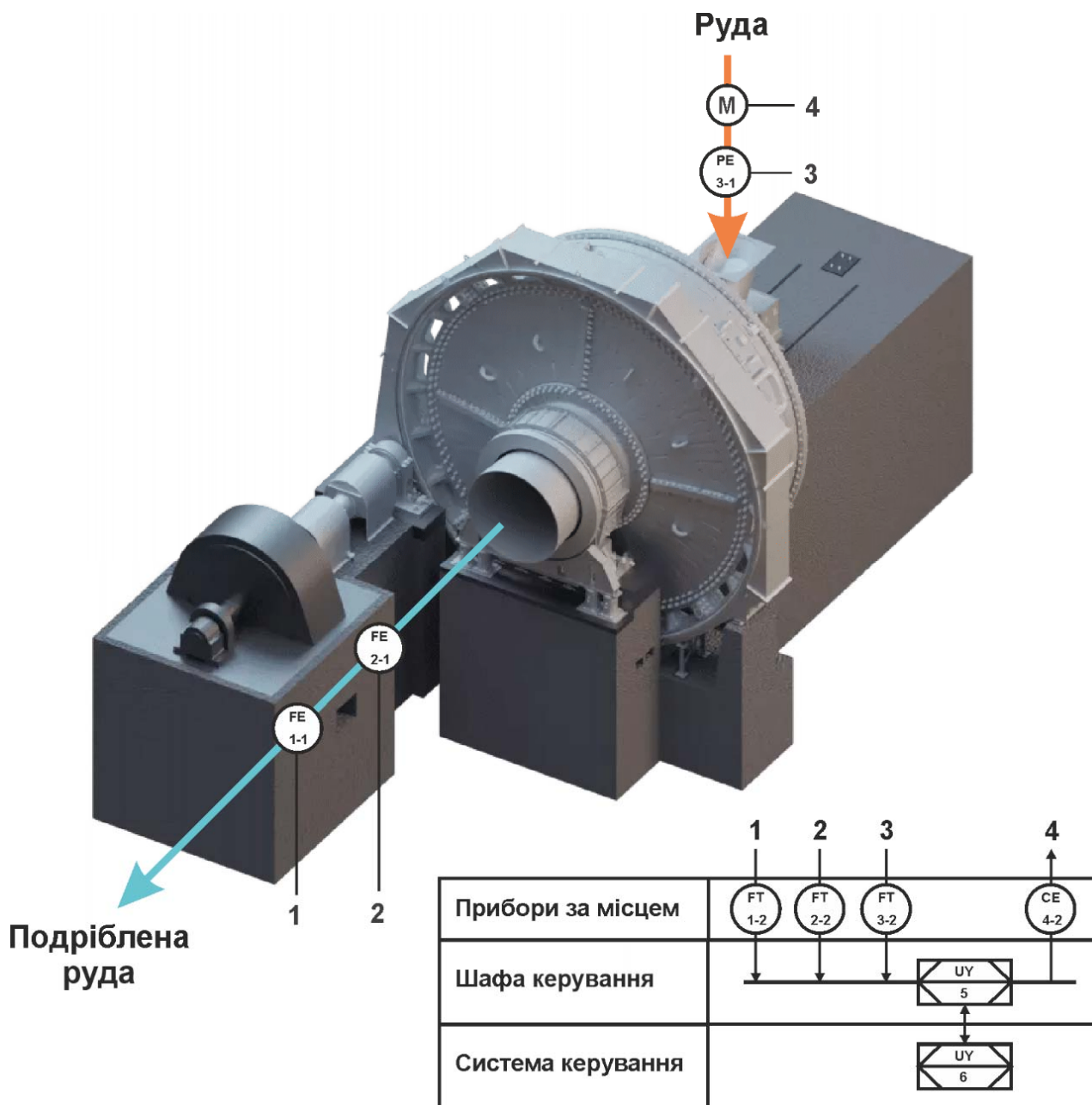


Рисунок 2.13 – Функціональна схема автоматизації млина мокрого самоподрібнення MMC-7 000 x 2 300

На підставі отриманих первинних значень з відповідних датчиків ПЛК (UY 5 – VIPA 214-2BS33) за допомогою виконавчого пристрою формує керуючий вплив по підтримці заданого режиму роботи млина мокрого самоподрібнення MMC-7 000 x 2 300.

Зв'язок між програмованим логічним контролером (UY 5) - VIPA 214-2BS33 та АСК ТП верхнього рівня (UY 6) реалізовано за допомогою інтерфейсу RS-485.

2.5 Розробка схеми електричної принципової

На основі функціональної схеми автоматизації та обраного апаратного забезпечення розроблена схема електрична принципова системи керування млина мокрого самоподрібнення MMC-7 000 x 2 300 (рис. 2.14).

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 трьох датчиків (BK1...BK3).

Виходи датчиків підключено до модулю аналогового вводу VIPA 231-1BD40 (A1 – X3) до каналів 0...2 за допомогою стандартного сигналу 4...20 мА.

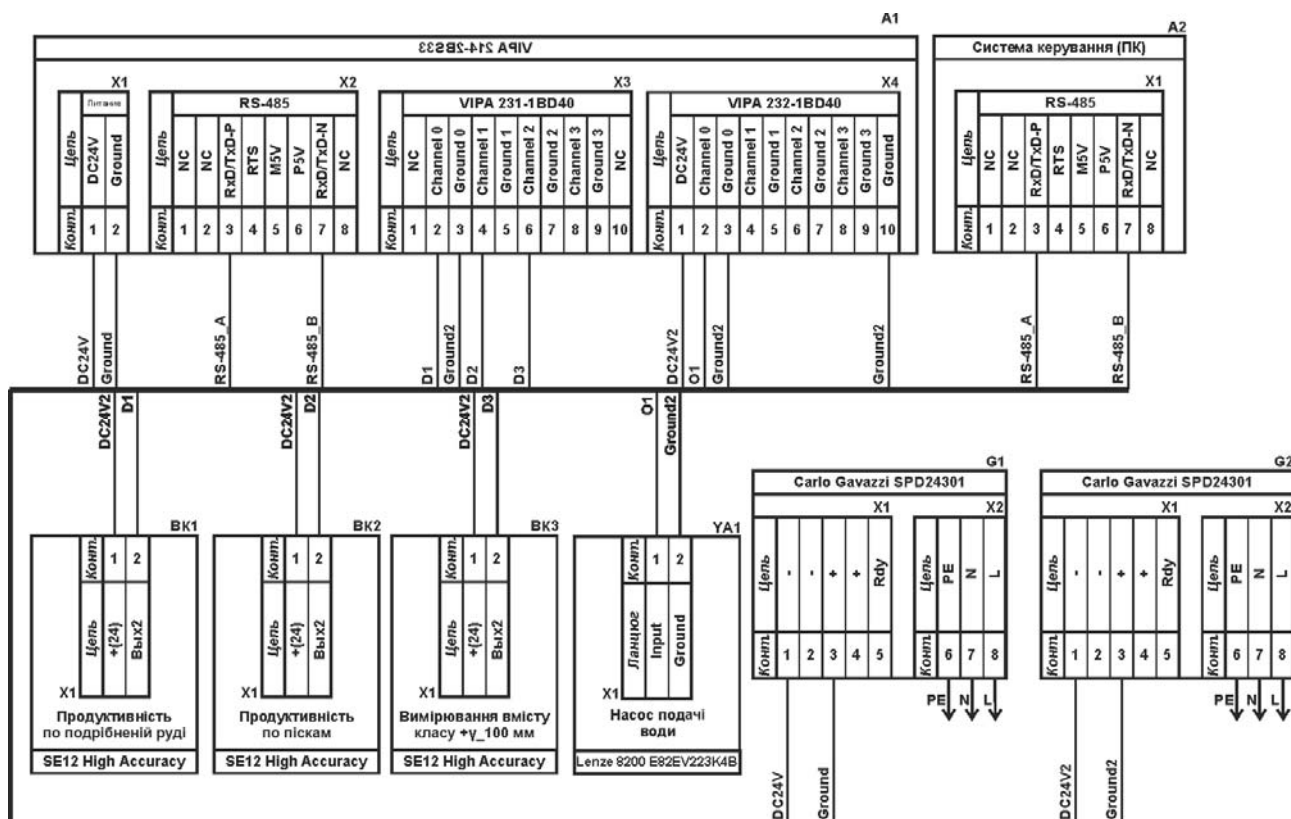


Рисунок 2.14 – Схема електрична принципова системи керування млином мокрого самоподрібнення MMC-7 000 x 2 300

Для керування частотним перетворювачем (УА1) використовується модуль аналогового виводу VIPA 232-1BF40 (А1 – Х4), керування здійснюється по каналу 0 за допомогою стандартного сигналу 4...20 мА.

Зв'язок між програмованим логічним контролером VIPA 214-2BS33 (А1) та АСК ТП верхнього рівня (А2) реалізовано за допомогою інтерфейсу RS-485 (А1 – Х2).

2.6 Висновки за розділом

Для синтезу системи керування млином мокрого самоподрібнення ММС-7 000 x 2 300 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 ідентифікації дискретної моделі об'єкта керування

В п. 1.4 запропонована структурна схема комбінованої системи автоматичного керування. Синтез систем керування, як правило, починається з визначення моделі об'єкта. На практиці інформацію про об'єкт отримують у вигляді доступних безпосередньому виміру входів і виходів. Фактично завжди в об'єктах спостерігається тимчасова затримка τ реакції на вплив, характерна для теплоенергетичних, хімічних, металургійних процесів. Відомо, що запізнення негативно позначається на стійкості, точності та якості замкнутої системи. Для вирішення цієї проблеми існує багато способів. Найбільш поширеним є використання методів компенсації запізнення (наприклад, регулятори Сміта, Ресвіка та інші). Дані регулятори мали суттєвий недолік з точки зору практичної реалізації елемента запізнення на аналоговій техніці. Реалізація такого елемента, у якого час запізнення міг би змінюватися в широких межах, дуже важко. Поява цифрової техніки дозволило вирішити вказану проблему. Однак, в обох випадках необхідно досить точно знати математичну модель інерційної частини об'єкта, яка не містить запізнення, а також необхідно точно знати величину запізнення [15, 16].

Математичні моделі, у яких рівність вхідних впливів тягне за собою рівність реакцій у відповідь, називають еквівалентними. Про сувору еквівалентність можна говорити при збігу динамічних властивостей об'єкта та моделі. Запропонований модифікований метод В. Висковатова структурно-параметричної ідентифікації, заснований на теорії безперервних дробів, дозволяє побудувати дискретну модель, строго еквівалентну безперервному об'єкту.

Суть методу полягає в тому, що на основі дискретних вхідних та вихідних даних формується розрахункова ідентифікуюча матриця. Перші два рядки цієї матриці утворюють послідовні вимірювання вхідний та вихідний змінних, а інші елементи розраховуються рекурентним співвідношенням доти, доки з'являється рядок із нульовими елементами. Перший стовпець до нульового рядка визначає

структуру та значення параметрів дискретної передатної функції (ДПФ). Причому, якщо у другому рядку у вимірах реакції об'єкта (у відхиленнях) перші k елементів нульові, то здійснюється зсув рядка на k елементів вліво, який визначає запізнення в дискретному поданні з точністю до величини кроку дискретизації/ В результаті одержують ДПФ об'єкта у вигляді:

$$G(z) = \frac{b_0 + b_1 z^{-1} + \dots + b_n z^{-n}}{1 + a_0 + a z^{-1} + \dots + a z^{-n}} z^{-d} \quad (3.1)$$

де n – порядок моделі, визначений розмірністю матриці, а d визначає запізнення на час $d\Delta t$ (Δt – дискретність виміру вхідної та вихідної величин). Отримана модель (3.1) має такі ж динамічні властивості, як і безперервний об'єкт, тому що між нулями і полюсами, безперервного об'єкта $G(s)$ і дискретної моделі за допомогою узгодженого Z -перетворення $e^{s\Delta t}$ встановлюється взаємно однозначна відповідність.

Для дрібно-раціональної апроксимації ДПФ $G(z)$ користуються поданням (3.1) у вигляді відповідного безперервного дроби (С-дробі). Для цього спочатку розраховується ідентифікуюча матриця рис. 3.1.

	0-й стовпець	1-й стовпець	2-й стовпець	...	n-й стовпець	...
0-й рядок	a_{00}	a_{01}	a_{02}	...	a_{0n}	...
1-й рядок	a_{10}	a_{11}	a_{12}	...	a_{1n}	...
2-й рядок	a_{20}	a_{21}	a_{22}	...	a_{2n}	...
...
m-й рядок	a_{m0}	a_{m1}	a_{m2}	...	a_{mn}	...
...

Рисунок 3.1 - Загальний вигляд ідентифікуючої матриці

Елементи на рис. 3.1 починаючи з другого рядка розраховуються за формулою:

$$a_{mn} = \frac{a_{m-2,n+1}}{a_{m-2,0}} - \frac{a_{m-1,n+1}}{a_{m-1,0}} \quad (3.2)$$

Обчислення елементів матриці припиняється з появою рядка, всі елементи якої дорівнюють нулю (або близькі до нуля). У разі появи кінцевого числа

нульових елементів у деякому рядку матриці здійснюється зсув елементів рядка вліво та в чисельнику безперервного дроби з'являється додатковий множник. Показано, що ідентифікуюча матриця (рис. 3.1) має ті ж властивості щодо появи нульових елементів.

В результаті нульовий стовпець отриманої таким чином матриці визначає наступний С-дріб:

$$G(z) = \frac{\frac{a_{1,0}}{a_{0,0}} z^{-1}}{1 + \frac{a_{2,0} z^{-1}}{1 + \frac{a_{3,0} z^{-1}}{1 + \frac{a_{4,0} z^{-1}}{1 + \dots}}}} \quad (3.3)$$

Згортаючи дріб, отримують ДПФ у вигляді 3.1.

Надалі знаходять нулі та полюси ДПФ та їх прообрази у s -площині. Шляхом варіації Δt встановлюють еквівалентність моделей, отриманих за різних значень періоду дискретизації. За збудованою ДПФ також отримують дискретну модель об'єкта у вигляді кінцево-різницевого рівняння з урахуванням $b_0 = 1$.

3.2 Ідентифікація структури і параметрів об'єкта керування

Застосуємо розглянуту методику для визначення структури та параметрів дискретної моделі процесу подрібнення по каналу обурення "вміст класу +100 мм у вхідній руді – ступінь внутрішньо-млинового заповнення". Дані активного експерименту наведені в табл. 3.1. Як видно із табл. 3.1 об'єкт керування по даному каналу має транспортне запізнення $\tau = 4$ хв.

Таблиця 3.1 - Результати активного експерименту

t , хв	φ	t , хв	φ	t , хв	φ	t , хв	φ	t , хв	φ
0	0	8	0,456	16	0,641	24	0,658	32	0,660
1	0	9	0,508	17	0,646	25	0,659	33	0,660
2	0	10	0,547	18	0,649	26	0,659	34	0,660
3	0	11	0,576	19	0,652	27	0,659	35	0,660
4	0	12	0,597	20	0,654	28	0,659	36	0,660
5	0,168	13	0,613	21	0,656	29	0,660	37	0,660
6	0,293	14	0,625	22	0,657	30	0,660	38	0,660
7	0,387	15	0,634	23	0,658	31	0,660	39	0,660

Складемо ідентифікуючу матрицю (табл. 3.2). Елементи другого і третього рядків розраховані за формулою (3.2).

Таблиця 3.2 - Ідентифікуюча матриця

$m = 0$ $n = 0 \div 5$	1	1	1	1	1	1
$m = 0$ $n = 6 \div 11$	1	1	1	1	1	1
$m = 0$ $n = 12 \div 17$	1	1	1	1	1	1
$m = 0$ $n = 18 \div 23$	1	1	1	1	1	1
$m = 0$ $n = 24 \div 29$	1	1	1	1	1	1
$m = 1$ $n = 0 \div 5$	0,168	0,293	0,387	0,456	0,508	0,547
$m = 1$ $n = 6 \div 11$	0,576	0,597	0,613	0,625	0,634	0,641
$m = 1$ $n = 12 \div 17$	0,646	0,649	0,652	0,654	0,656	0,657
$m = 1$ $n = 18 \div 23$	0,658	0,658	0,659	0,659	0,659	0,659
$m = 1$ $n = 24 \div 29$	0,660	0,660	0,660	0,660	0,660	0,660
$m = 2$ $n = 0 \div 5$	-0,744	-1,304	-1,714	-2,024	-2,256	-2,429
$m = 2$ $n = 6 \div 11$	-2,554	-2,649	-2,720	-2,774	-2,815	2,845
$m = 2$ $n = 12 \div 17$	-2,863	-2,881	-2,893	-2,905	-2,911	-2,917
$m = 2$ $n = 18 \div 23$	-2,917	-2,923	-2,923	-2,923	-2,923	-2,929
$m = 2$ $n = 24 \div 29$	-2,929	-2,929	-2,929	-2,929	-2,929	-2,929
$m = 3$ $n = 0 \div 5$	≈ 0	≈ 0	≈ 0	≈ 0	≈ 0	≈ 0
$m = 3$ $n = 6 \div 11$	≈ 0	≈ 0	≈ 0	≈ 0	≈ 0	≈ 0
$m = 3$ $n = 12 \div 17$	≈ 0	≈ 0	≈ 0	≈ 0	≈ 0	≈ 0
$m = 3$ $n = 18 \div 23$	≈ 0	≈ 0	≈ 0	≈ 0	≈ 0	≈ 0
$m = 3$ $n = 24 \div 29$	≈ 0	≈ 0	≈ 0	≈ 0	≈ 0	≈ 0

Як видно із табл. 3.2 третій рядок містить наближені до нуля елементи. Отже дискретна передатна функція згідно (3.3) матиме вигляд:

$$G(z) = \frac{\frac{0,168}{1} z^{-1}}{1 + \frac{-0,744 z^{-1}}{1 + \frac{0 z^{-1}}{1 + \frac{0 z^{-1}}{1 + \dots}}}} = \frac{0,168 \cdot z^{-1}}{1 - 0,744 \cdot z^{-1}} \quad (3.4)$$

Із (3.3) випливає наступне кінцева-різницеве рівняння:

$$\varphi(i) = 0,168 \cdot \gamma_{+100}(i - 1) + 0,744 \cdot \varphi(i - 1) \quad (3.5)$$

Враховуючи транспортне запізнення формули (3.4), (3.5) набудуть вигляду:

$$G(z) = \frac{0,168 \cdot z^{-1}}{1 - 0,744 z^{-1}} z^{-4} = \frac{0,168 \cdot z^{-5}}{1 - 0,744 z^{-1}} \quad (3.6)$$

та

$$\varphi(i) = 0,168 \cdot \gamma_{+100}(i - 5) + 0,744 \cdot \varphi(i - 1) \quad (3.7)$$

На рис. 3.2 представлений перехідний процес (синій колір), отриманий в додатку SIMULINK. На даному рис. 3.2 показаний також графік перехідного процесу (червоний колір) для аналогової моделі $W(s) = 0,66 \cdot e^{-4s} / (3,4s + 1)$, отриманий за тими ж експериментальними даними методом Симою.

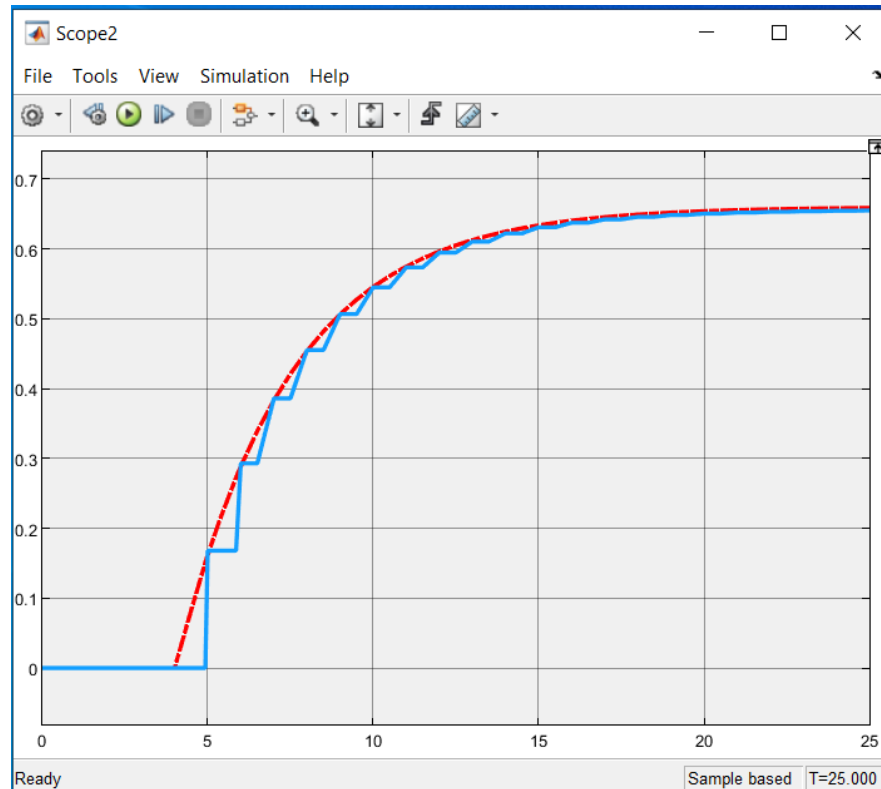


Рисунок 3.2 - Перехідний процес (ступінчаста лінія), отриманий в додатку SIMULINK для дискретної моделі

Аналогова (рис. 3.3) та дискретна (рис. 3.3) моделі
 ($W(s) = 0.01913 / (z - 0.971)$) об'єкта керування збігаються

$$W(s) = 0,66 \cdot e^{-4s} / (3,4s + 1)$$

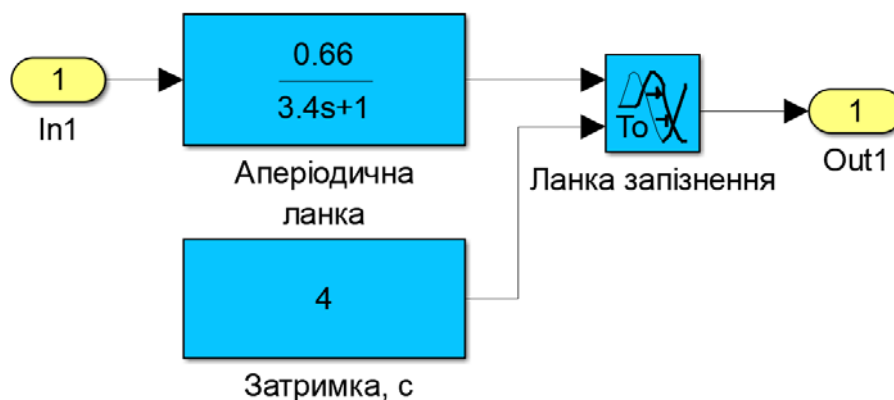


Рисунок 3.3 - Аналогова модель

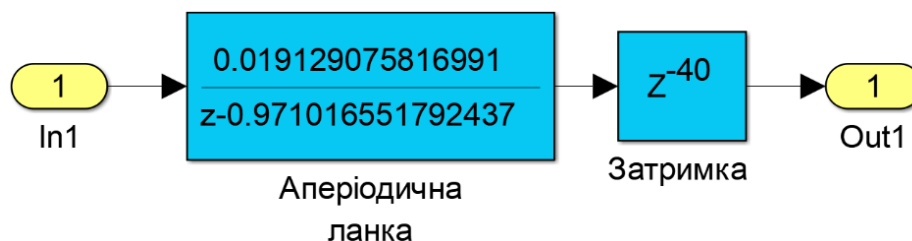


Рисунок 3.4 - Дискретна модель

Визначимо відносну похибку апроксимації дискретної моделі за формулою:

$$E = \frac{1}{40} \sum_{i=1}^{40} \frac{|\varphi_i^e - \varphi_i^m|}{\varphi_i^e} \times 100\%, \quad (3.8)$$

де φ_i^e , φ_i^m – експериментальні та аналітичні значення вихідної величини.

Слід зазначити, що формула (3.7) розрахунку значень вихідної величини є рекурентною. Поточне значення вихідної величини залежить від значення вихідної величини, що була розраховано раніше. Оскільки обчислення виконуються з певною похибкою, то це призводить до збільшення сумарної похибки і може суттєво знизити точність моделювання. В реальній системі накопичення похибки неможливе внаслідок використання в формулі (3.7) не розрахованих, а вимірянних значень вихідної величини.

Для того щоб зменшити сумарну похибку аналітичних розрахунків їх виконують з підвищеною точністю. В табл. 3.3 представлені результати

розрахунку перехідного процесу із шістьма знаками після коми. На вхід було подано одиничний ступінчатий вплив.

Таблиця 3.3 - Результати моделювання

t , хв	φ	t , хв	φ	t , хв	φ	t , хв	φ	t , хв	φ
0	0	8	0,455174	16	0,637372	24	0,654478	32	0,656083
1	0	9	0,506649	17	0,642205	25	0,654932	33	0,656126
2	0	10	0,544947	18	0,645801	26	0,655269	34	0,656158
3	0	11	0,573441	19	0,648476	27	0,655520	35	0,656182
4	0	12	0,594640	20	0,650466	28	0,655707	36	0,656199
5	0,168000	13	0,610412	21	0,651947	29	0,655846	37	0,656212
6	0,292992	14	0,622147	22	0,653049	30	0,655949	38	0,656222
7	0,385986	15	0,630877	23	0,653868	31	0,656026	39	0,656229

На рис. 3.5 представлені графіки експериментального (суцільна лінія) та аналітичного (пунктирна лінія) перехідного процесу. Як видно, починаючи з 16 хв спостерігається їх розбіжність внаслідок поступового накопичення похибки.

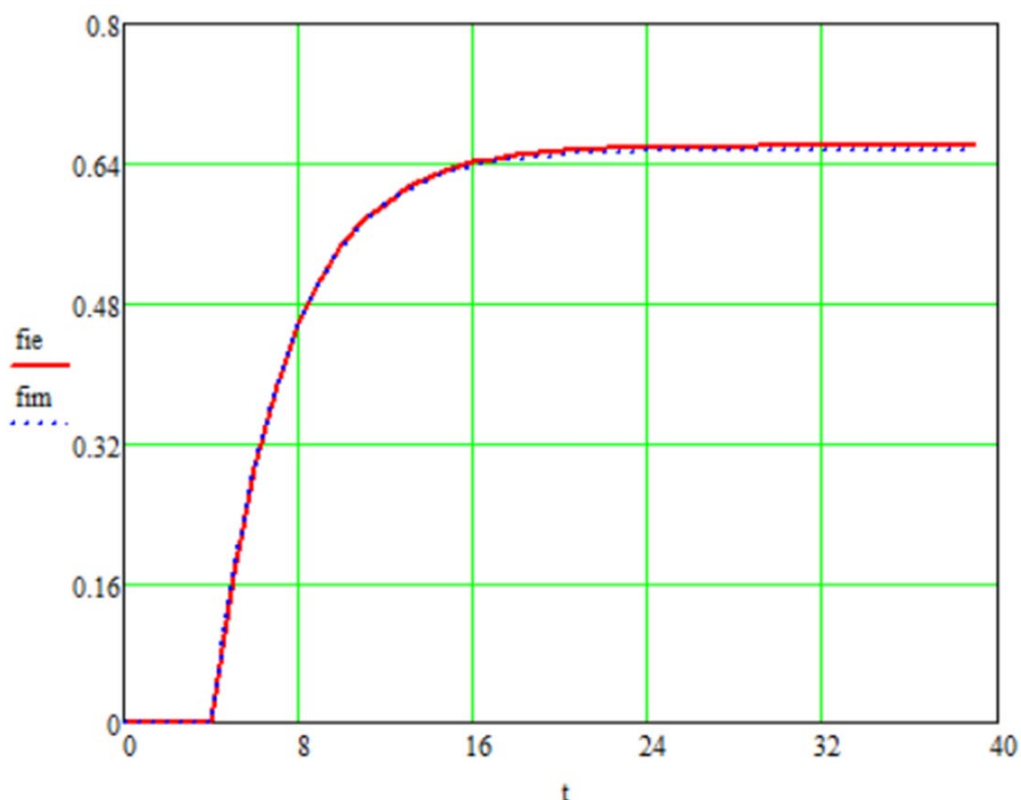


Рисунок 3.5 - Графіки експериментального (суцільна лінія) та аналітичного (пунктирна лінія) перехідного процесу

На рис. 3.6 показана частина перехідних процесів, які віддаляються один від одного внаслідок накопичення обчислювальних похибок.

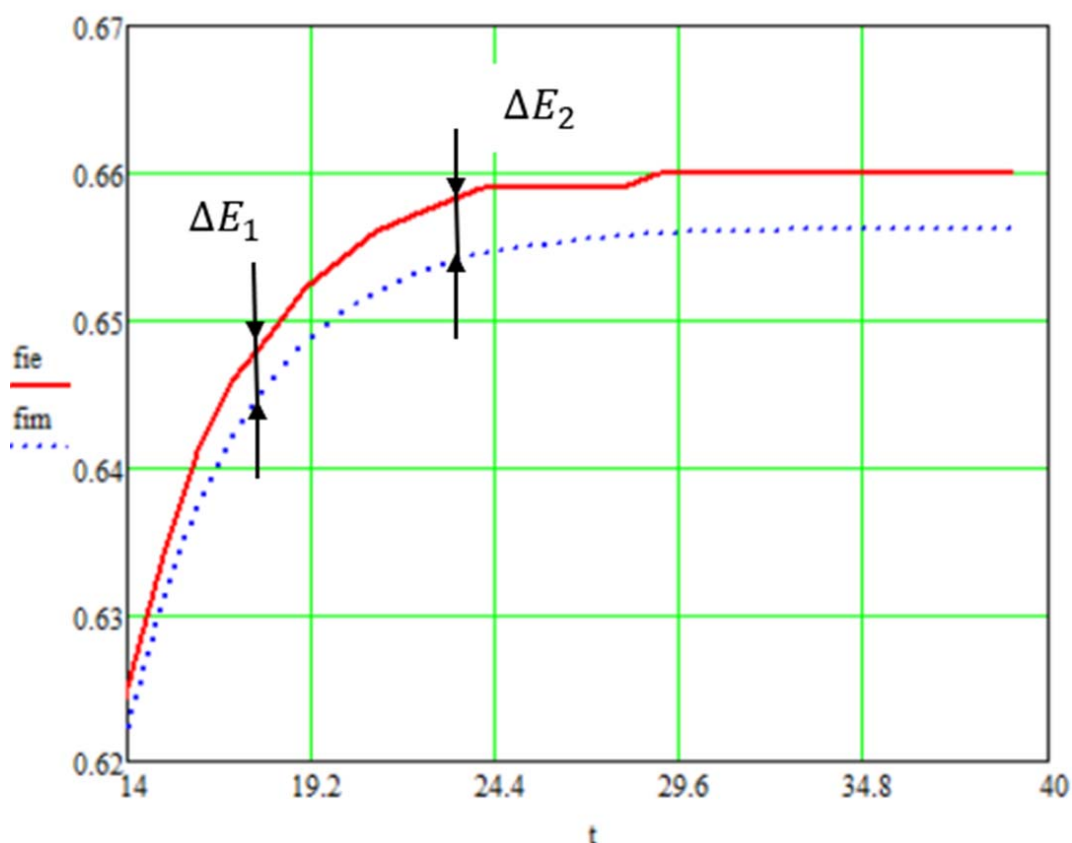


Рисунок 3.6 – Зростання розбіжностей перехідних процесів як результат накопичення обчислювальних похибок

В табл. 3.4 подані дані про накопичення похибки з ростом кількості обчислень, а на рис. 3.7 показаний графік, збудований у відповідності до цих даних.

Таблиця 3.4 – Накопичування похибки

t , хв	ΔE	t , хв	ΔE	t , хв	ΔE	t , хв	ΔE	t , хв	ΔE
0	0	8	0,001811	16	0,00566	24	0,005353	32	0,005935
1	0	9	0,002659	17	0,005875	25	0,006173	33	0,00587
2	0	10	0,003753	18	0,004929	26	0,005662	34	0,005821
3	0	11	0,004443	19	0,005405	27	0,005281	35	0,005785
4	0	12	0,003953	20	0,005404	28	0,004997	36	0,005759
5	0	13	0,004222	21	0,006178	29	0,006294	37	0,005739
6	2,73E-05	14	0,004565	22	0,006014	30	0,006138	38	0,005724
7	0,00262	15	0,004926	23	0,00628	31	0,006021	39	0,005714

Відносна похибка апроксимації, розрахованої за формулою (3.8) склала 0,43 %.

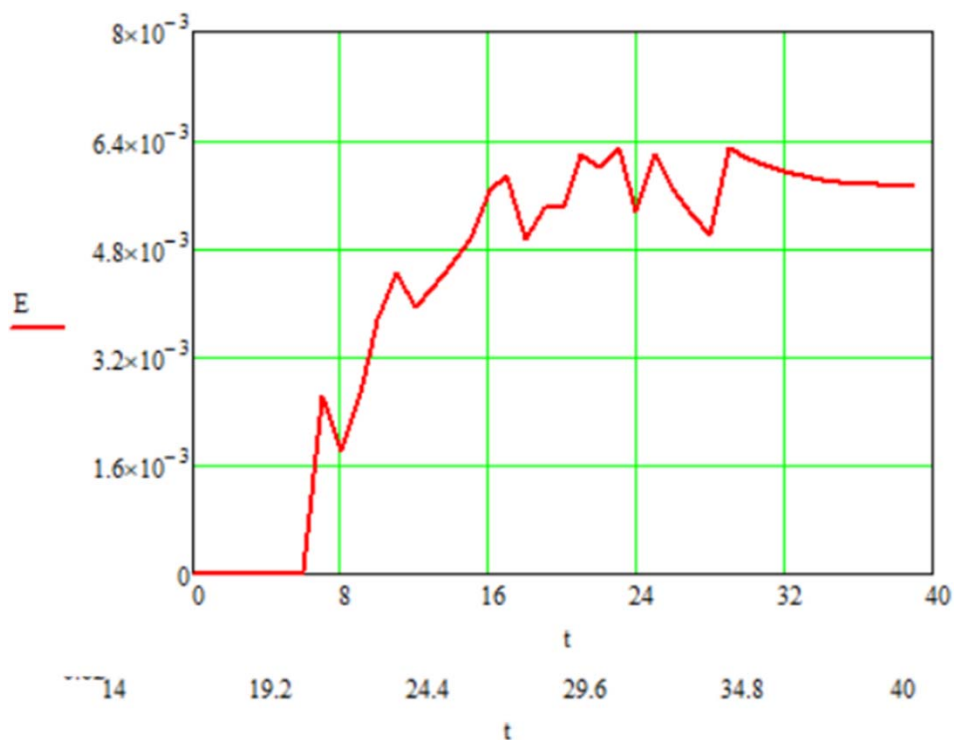


Рисунок 3.7 – Залежність похибки моделювання від кількості обчислень

Відносна похибка апроксимації свідчить про хороший підбір тренду до вихідних даних.

3.3 Висновки за розділом

При використанні мікропроцесорної системи керування процесом подрібнення динамічну модель в каналі обурення доцільно визначати у вигляді кінцева-різницевого рівняння.

Динамічна модель по каналу обурення «вміст класу +100 мм у вхідній руді – ступень внутрішньо-млинового заповнення» процесу подрібнення може бути представлена дискретною аперіодичною ланкою першого порядку з запізненням.

Аналітичні розрахунки за рекурентною формулою, що виконуються при моделюванні дискретного динамічного об'єкту, необхідно виконувати з підвищеною точністю для запобігання суттєвого накопичення обчислювальних похибок.

При використанні дискретної динамічної моделі в дослідженні системи автоматичного керування процесом подрібнення за допомогою обчислювальних експериментів на ЕОМ слід звертати увагу на точність аналітичних розрахунків.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування впровадження системи керування

З прогресом науки і техніки розвиваються і технології автоматизації керування, що охоплюють практично всі сфери виробничої діяльності людини. Застосування технології автоматизації в процесі збагачення руди дозволяє ефективно знизити експлуатаційні витрати і використовувати існуюче технологічне обладнання для підвищення експлуатаційної безпеки і ефективності виробництва. Майбутній розвиток ГЗК все більше буде залежати від механізації та автоматизації процесу збагачення.

Технологія автоматизації на ГЗК відноситься до застосування технологій дроблення та просіювання, подрібнення, флотація, фільтрація тощо.

При побудові систем автоматизації дотримуються наступних принципів:

- налаштування централізованого керування і функцією ручного керування;
- все обладнання технологічного ланцюга запускається послідовно відповідно до зворотного порядку матеріального напрямку;
- моніторинг та облік збагачувального обладнання в режимі реального часу;
- простий і зрозумілий людино-машинний інтерфейс, який дозволяє персоналу легко перевіряти роботу обладнання та історичні дані в будь-який час;
- керування дистанційним запуском і зупинкою;
- статистичні звіти, які можуть виводитися через рівні проміжки часу.

В кваліфікаційні роботі розглядається автоматичне керування млином для мокрого самоподрібнення ММС-7 000 x 2 300, який призначений для подрібнення мінеральної сировини. На млині ММС-7 000 x 2 300 встановлюються чутливі пристрої для вимірювання навантаження на млин. Автоматична система керування складається з центру моніторингу та автоматичної шафи керування, яка збирає дані про роботу ММС-7 000 x 2 300 в

режимі реального часу та дистанційно вмикає або вимикає ММС-7 000 х 2 300 в режимі реального часу. Система головного диспетчерського пункту передає сигнали на ММС-7 000 х 2 300, які поділяються на вхідні та вихідні сигнали для відображення робочого стану машин та контролю пуску та зупинки. Графічний дисплей показує роботу ММС-7 000 х 2 300 у динаміці, з реальними значеннями продуктивності, розміру дроблення та іншими технологічними параметрами. У разі відхилень диспетчерський пульт видає раннє попередження або підказує технічне обслуговування за допомогою графічних змін або звукової сигналізації.

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 ($C_{\text{ОБ}}$)

№	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 232-1BD40	од.	1	26 155,50	26 155,50
4	Система керування, виконана на базі ПК	од.	1	48 735,90	48 735,90
5	Щільномір DENCELL® МАД-53000	од.	1	68 000,00	68 000,00
6	Витратомір SE12 High Accuracy	од.	2	130 600,00	261 200,00
7	Частотний перетворювач Lenze 8200 E82EV223K4B201	од.	1	73 842,00	73 842,00
8	Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301	од.	2	2 276,00	4 552,00
9	Шафа монтажна	од.	1	16 000,00	16 000,00
10	Монтажні дроти	м	400	28,55	11 420,00
11	Мережний кабель	м	600	32,65	19 590,00
12	Програмне забезпечення	разом	1	80 000,00	80 000,00
	Разом				671 538,90

Вартість основного та допоміжного обладнання складає
 $C_{OB} = 671\,538,90$ 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:

$$D_{TP} = 671\,538,90 \cdot 0,08 = 53\,723,12 \text{ грн.}$$

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

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

Витрати на монтажна-налагоджувальні роботи складають:

$$M_{MH} = 671\,538,90 \cdot 0,07 = 47\,007,73 \text{ грн.}$$

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_n – 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:

$$Q = q \cdot c \cdot (1 + p), \text{ операторів} \quad (4.5)$$

де Q – умовна кількість операторів в програмному забезпеченні;
 q – кількість операторів у програмному забезпеченні (виходячи з програмного забезпечення розробленого на мові Structured Text типове значення має діапазон 550... 900, приймаємо $q = 800$);

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:

$$Q = 800 * 1,5 * (1 + 0,35) \approx 1\,620 \text{ операторів}$$

Витрати праці на підготовку і опис завдання в кваліфікаційній роботі складають $t_o = 100$ люд. – год.

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

$$t_u = \frac{Q \cdot B}{(75 \dots 85) \cdot k} \text{ люд. – год} \quad (4.6)$$

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

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_u = 1\,620 * 1,6 / (80 * 1,3) \approx 25 \text{ люд. – год.}$$

Витрати на розробку алгоритму керування визначаються як:

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

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_a = 1\,620 / (20 * 1,35) \approx 60 \text{ люд. – год.}$$

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

$$t_n = \frac{Q}{(20 \dots 25) \cdot k} \cdot \text{люд. – год} \quad (4.8)$$

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_n = 1\,620 / (20 * 1,35) \approx 60 \text{ люд. – год.}$$

Витрати праці на налаштування програми розраховуються як:

$$t_n = \frac{Q}{(4 \dots 5) \cdot k} \cdot \text{люд.} - \text{год} \quad (4.9)$$

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_n = 1\,620 / (4 * 1,35) \approx 300 \text{ люд.} - \text{год.}$$

Витрати праці на підготовку документації по завданню визначаються як:

$$t_g = t_{др} + t_{до}, \text{ люд.} - \text{год} \quad (4.10)$$

де $t_{др}$ – трудомісткість підготовки матеріалів до написання;

$t_{до}$ - трудомісткість редагування, друку та оформлення документації.

Трудомісткість підготовки матеріалів до написання визначається як:

$$t_{др} = \frac{Q}{(15 \dots 20) \cdot k} \cdot \text{люд.} - \text{год} \quad (4.11)$$

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_{др} = 1\,620 / (15 * 1,35) \approx 80 \text{ люд.} - \text{год.}$$

Трудомісткість редагування, друку та оформлення документації визначається як:

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

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_{до} = 0,75 * 80 = 60 \text{ люд.} - \text{год.}$$

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

$$t_g = 80 + 60 = 140 \text{ люд.} - \text{год.}$$

Таким чином трудомісткість розробки програмного забезпечення становить:

$$t = 100 + 25 + 60 + 60 + 300 + 140 = 559 \text{ люд.} - \text{год}$$

4.3.2 Розрахунок витрат на розробку програмного забезпечення

Витрати на розробку ПЗ визначається як:

$$K_{пз} = Z_{зп} + Z_{мі}, \text{ грн.} \quad (4.13)$$

де $Z_{зп}$ – витрати на заробітну плату розробника ПЗ, грн.; $Z_{мі}$ – вартість машинного часу, необхідного для налаштування ПЗ, грн.

Заробітна плата розробника програмного забезпечення визначається як:

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

де t – час розробки ПЗ, год; $C_{пр}$ – середня годинна тарифна ставка розробника програмного забезпечення (приймаємо $C_{пр} = 180,00$ грн./год.).

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$Z_{зп} = 559 \cdot 180,00 = 100\,620,00 \text{ (грн.)}$$

Вартість машинного часу, необхідного для налаштування програми визначається як:

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

де t_n – час налаштування ПЗ, год; $C_{мч}$ – вартість машинного часу (приймаємо $C_{мч} = 20,65$ грн./год.).

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$Z_{мі} = 60 \cdot 20,65 = 1\,239,00 \text{ грн.}$$

Витрати на розробку програмного забезпечення системи керування становлять:

$$K_{пз} = 100\,620,00 + 1\,239,00 = 101\,859,00 \text{ грн.}$$

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.

$$T = 559 / (1 \cdot 176) \approx 3,2 \text{ (міс.)}$$

Таким чином проектні капітальні витрати:

$$K_{пкв} = 671\,538,90 + 53\,723,12 + 47\,007,73 + 101\,859,00 \approx \\ \approx 874\,128,75 \text{ грн.}$$

4.4 Розрахунок експлуатаційних витрат

Річні експлуатаційні витрати розраховуються як:

$$C_e = C_a + C_3 + C_c + C_{PO} + C_{ee} + C_{\text{ІНШ}}, \quad (4.17)$$

де C_e – річні поточні витрати, пов'язані із застосуванням системи керування, грн.; C_a – амортизація основних фондів, грн.; C_3 – заробітна плата обслуговуючого персоналу, грн.; C_c – відрахування на соціальні заходи, грн.; C_{PO} – 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 = $K_{\text{ПКВ}}$), 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:

$$C_a = 874\,128,75 \cdot 40 / 100 = 349\,651,50 \text{ грн.}$$

4.4.2 Розрахунок фонду заробітної плати

Номінальний річний фонд робочого часу одного працівника:

$$T_{\text{НР}} = (T_{\text{К}} - T_{\text{ВС}} - T_{\text{В}}) \cdot T_{\text{З}}, \quad (4.20)$$

де $T_{\text{НР}}$ – номінальний річний фонд робочого часу одного працівника, год.;
 $T_{\text{К}}$ – календарний фонд робочого часу, днів ($T_{\text{К}} = 365$); $T_{\text{ВС}}$ – вихідні дні та свята, днів ($T_{\text{ВС}} = 114$); $T_{\text{В}}$ – відпустка, днів ($T_{\text{В}} = 21$); $T_{\text{З}}$ – тривалість зміни, год ($T_{\text{З}} = 8$).

Таким чином, річний фонд робочого часу працівника складе:

$$T_{\text{НР}} = (365 - 114 - 21) \cdot 8 = 1\,840 \text{ год.}$$

У процесі керування задіяний 1 оператор людино-машинного інтерфейсу на зміну, 1 інженер-технолог 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	180,00	1 824	984 960,00	78 796,80	68 947,20	1 132 704,00
2	Інженер-технолог	3	200,00	1 824	1 094 400,00	87 552,00	76 608,00	1 258 560,00
3	Наладчик	1	160,00	1 824	291 840,00	23 347,20	20 428,80	335 616,00
Разом								2 726 880,00

Заробітна плата персоналу проектної системи керування

$$C_3 = 2\,726\,880,00 \text{ грн.}$$

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:

$$C_C = 0,22 * 2\,726\,880,00 = 599\,913,60 \text{ грн.}$$

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:

$$C_{PO} = 0,05 * 874\,128,75 = 43\,706,44 \text{ грн.}$$

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 $K_e = 4,0$ 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 4,3025 грн.-кВт без ПДВ, з урахуванням ПДВ тариф $T_e = 4,3025 * 1,2 = 5,163$ грн.

Таким чином вартість електроенергії становить:

$$C_{ee} = 4,0 * 365 * 24 * 5,163 = 180\,911,52 \text{ грн.}$$

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:

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

Таким чином інші витрати становлять:

$$C_{ІНШ} = 0,04 * 2\,726\,880,00 = 109\,075,20 \text{ грн.}$$

Річні експлуатаційні витрати становлять (табл. 4.4):

$$C = 349\,651,50 + 2\,726\,880,00 + 599\,913,60 + 43\,706,44 + 180\,911,52 + 109\,075,20 = 4\,010\,138,26 \text{ грн.}$$

Таблиця 4.4 – Експлуатаційні витрати

№ п/п	Назва показника	Проектний варіант, грн.
1	Амортизація	349 651,50
2	Фонд заробітної плати	2 726 880,00
3	Відрахування на соціальні виплати	599 913,60
4	Ремонт та технічне обслуговування	43 706,44
5	Електроенергія	180 911,52
6	Інше	109 075,20
7	Загалом	4 010 138,26

4.5 Висновки за розділом

При впровадженні проектованої системи капітальні витрати складають майже 880 тис. грн., час розробки ПЗ становитиме приблизно 3,2 місяці.

Річні експлуатаційні витрати, пов'язані з впровадженням системи становитимуть близька 4 млн. грн.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Характеристика об'єкта автоматизації

Проектом передбачено удосконалення системи очищення стічних вод на виробничому підприємстві та обґрунтування прийнятого біологічного методу очищення стічних на аеротенках. яке впливає на екологічний стан навколишнього середовища. Підприємство відноситься до I класу по шкідливості викидів в атмосферу з санітарно-захисною зоною 1 000 метрів.

В даній місцевості переважно західний напрям вітру. Завод розташований на пагористій місцевості зі східної сторони по відношенню до житлової забудови. Грунтові води не шкодять підземним спорудам (колодязям, траншеям та ін.).

Санітарні розриви між будівлями та спорудженнями передбачені не менше 10 метрів. Тип доріг змішаний, з елементами різних схем (тупикові, кільцеві). Ширина основних автомобільних доріг 6 метрів, кількість полос руху – 2, що відповідає нормам.

Територія умовно поділена на функціональні зони: адміністративна, підсобна, складська, виробнича. Відділення з очистки стічних вод розташоване у виробничій зоні підприємства.

5.2 Характеристика небезпечних та шкідливих виробничих факторів

У процесі роботи виробничий персонал піддається впливу небезпечних і шкідливих факторів:

До хімічних факторів відносяться речовини, продукти, напівпродукти, що використовуються в процесі очистки стічних вод.

На станції для обеззараження стічних вод застосовується гіпохлорид натрію NaClO, призначений для одержання відбілюючих і дезінфікуючих засобів і інших цілей. Також у процесі очистки стічних вод використовуються коагулянт.

Гіпохлорид натрію (NaClO) не відноситься до отруйних речовин і має IV клас безпеки. Основна його перевага - екологічна безпека для обслуговуючого

персоналу та населення. Гіпохлорид натрію є найменш токсичним реагентом,, що вміщує активний хлор.

Гіпохлорид натрію марки «Б» містить 190 г/л активного хлору. Гранична допустима концентрація хлору в повітрі робочої зони приміщень складає 1 мг/м³.

Коагулянт – безбарвні кристали сульфату алюмінію, розчинні в воді. При розпиленні, попавши в очі, може викликати роздратування слизової оболонки. Клас небезпечності – 2, ГДК = 0,3 мг/м².

До біологічних факторів відносяться біологічні об'єкти. В основі технології біологічного очищення лежить використання активного мула, що є скупченням живих і мертвих мікроорганізмів. Будучи гетерогенною суспензією, активний мул адсорбує на своїй поверхні органічні речовини, які в присутності кисню окислюються. Активний мул по зовнішньому вигляді представляє собою дрібні пластівці від світло- до темно-коричневого кольору, які складаються з великого числа багаточарових і флокульованих клітин. Основна роль у процесі очищення належить бактеріям, число яких розраховуючи на 1 г сухої речовини мулу коливається від 10⁸ до 10¹⁴ клітин. Мул має дуже розвинену поверхню - до 100 м² на 1 г сухої маси, що сприяє інтенсивному вилученню домішок з води. Частки мулу й біоплівки мають негативний заряд при рН = 4...9. Мул може викликати захворювання верхніх дихальних шляхів.

При роботі можливі такі фізичні небезпечні і шкідливі виробничі фізичні фактори:

- рухомі частини машин і апаратів – можуть призвести до механічних травм;
- промисловий внутрішньозаводський транспорт (автокари, автомобілі) – приводить до механічних травм;
- застосування напруги до 380 В, що приводить до небезпечності обслуговуючого персоналу. Дія струму на організм людини: можлива фібриляція серця або параліч дихання;

– підвищений рівень вібрації (вузли насосів з електродвигунами швидко обертаються, внаслідок чого виникає вібрація) – призводить до віброхвороби;

– підвищений рівень шуму (вузли насосів з електродвигунами швидко обертаються, внаслідок чого виникає шум), що приводить до шкідливої дії на слуховий апарат людини, туговухості,

– підвищений рівень ультрафіолетової радіації (при роботі установки ультрафіолетового обеззараження). Випромінювання дає тепловий ефект, який проявляється у вигляді опіку. При менш інтенсивному випромінюванні на шкірі можуть спостерігатися видимі зміни (порушення пігментації, почервоніння) з досить чіткими межами ураженої ділянки. Найсерйознішу небезпеку становить випромінювання УФ діапазону, яке може призвести до коагуляції білка, рогівки та опіку слизової оболонки, що викликає повну сліпоту. Випромінювання видимого діапазону впливає на клітини сітківки, внаслідок чого настає тимчасова сліпота або втрата зору від опіку з наступною появою рубцевих ран.

– підвищена вологість повітря – при підвищеній температурі +25°C порушується віддача тепла з поверхні шкіри та призводить до перегріву організму. Перші ознаки надмірного тепла: задуха важкість, погіршення самопочуття, зниження працездатності. Постійне перебування працюючих у приміщеннях з підвищеною вологістю призводить до зниження спротиву організму до інфекційних хвороб та простудних захворювань, а також до захворювань нирок, туберкульозу, ревматизму;

– недостатнє освітлення виробничих площ, може призвести до втоми очей, перевтомленню, що призводить до зниження працездатності; також можливе виникнення головного болю, погіршення зору працюючих.

5.3 Оцінка пожежо та вибухонебезпеки робочого місця

За проектом використані речовини – гіпохлорид натрію, коагулянт (сульфат амонію).

Гіпохлорид натрію – негорюча речовина, є сильним окислювачем, пожежонебезпечний при контакті з горючими речовинами.

Коагулянт – сульфат амонію – негорюча речовина.

Тоді приміщення віднесемо до категорії В, клас приміщення – П–Па.

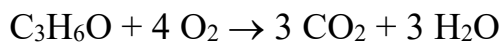
Розрахуємо надлишковий тиск вибуху у виробничому приміщенні, в якому внаслідок руйнування апарата відбулося витікання 300 л рідини ацетону. Для визначення критеріїв вибухо та пожежної небезпеки слід розрахувати надлишковий тиск вибуху ацетону:

$$\Delta P = (P_{\max} - P_0) \cdot \frac{m \cdot Z}{V_v \cdot \rho_n} \cdot \frac{100}{C_{ст}} \cdot \frac{1}{K_n}, \quad (5.1)$$

де P_{\max} – максимальний тиск вибуху стехіометричної пароповітряної суміші, кПа:

$$P_{\max} = \frac{y \cdot P_0 \cdot T_v}{x \cdot T_0}, \quad (.2)$$

де P_0 – початковий тиск, 101 кПа; T_v – температура вибуху, для більшості речовин близько 1500 К; T_0 – початкова температура, 293 К; x – кількість молей речовин до вибуху, 5; y – кількість молей речовин після вибуху, 6.



$$P_{\max} = \frac{6 \cdot 101 \cdot 1500}{5 \cdot 293} = 431 \text{ кПа}$$

m – розрахункова маса пари ацетону, яка може потрапити у повітря приміщення за рахунок випаровування, кг:

$$m = W \cdot \tau \cdot S \quad (5.3)$$

де W – інтенсивність випаровування ацетону, $0,589 \cdot 10^{-3}$ кг/с м²; τ – тривалість випаровування ацетону, прийняти 3600 с; S – розрахункова площа випаровування ацетону, яка потрапила у приміщення внаслідок аварії, м²:

$$S = K \cdot V_p \quad (5.4)$$

де K – коефіцієнт розтікання, для чистої рідини 1 м²/л; V_p – об'єм ацетону, що витік з апарату, л; $S = 1 \cdot 300 = 300$ м².

Якщо величина розрахункової площі випаровування S не перевищує площу підлоги $S_{\text{п}}$. Для приміщення розмірами $12 \times 12 \times 3,6$:

$$S_{\text{п}} = 12 \cdot 12 = 144 \text{ м}^2;$$

$$\text{прийmemo } S = S_{\text{п}} = 144 \text{ м}^2$$

$$m = 0,589 \cdot 10^{-3} \cdot 3600 \cdot 144 = 305,34 \text{ кг}$$

Якщо розрахункова маса пари ацетону m перевищує масу рідини ацетону m_p , то слід прийняти, що

$$m = m_p = \rho \cdot V_p \quad (5.5)$$

де ρ – густина ацетону $789,9 \text{ кг/м}^3$;

$$m = m_p = 789,9 \cdot 0,3 = 236,97 \text{ кг}$$

Z – коефіцієнт, що характеризує ступінь участі ацетону в утворенні вибухонебезпечної суміші, для пари горючих рідин, $0,3$; V_v – вільний об'єм приміщення, м^3 ; його можна прийняти як 80% від геометричного об'єму приміщення;

$$V_v = 12 \cdot 12 \cdot 3,6 \cdot 0,8 = 414,72 \text{ м}^3$$

$\rho_{\text{п}}$ – густина пари, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$;

$$\rho_n = \frac{M}{M_{\text{пов}}} \cdot \rho_{\text{пов}} \quad (5.6)$$

де M – молярна маса ацетону 78 кг/кмоль ; $M_{\text{пов}}$ – молярна маса повітря, $28,966 \text{ кг/кмоль}$; $\rho_{\text{пов}}$ – густина повітря, $1,2 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$;

$$\rho_n = \frac{78}{28,966} \cdot 1,2 = 3,23$$

$C_{\text{ст}}$ – стехіометрична концентрація пари ацетону, об.%;

$$C_{\text{ст}} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot \beta} \quad (3.7)$$

де β – стехіометричний коефіцієнт кисню в реакції горіння:

$$\beta = n_C + \frac{n_H - n_{\Gamma}}{4} - \frac{n_O}{2} \quad (3.8)$$

де n_C , n_H , n_O , n_{Γ} – кількість атомів вуглецю, водню, кисню та галогенів у молекулі ацетону, відповідно $n_C = 3$, $n_H = 6$, $n_O = 1$;

$$\beta = 3 + \frac{6}{4} - \frac{1}{2} = 4$$

тоді

$$C_{cm} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot 4} = 4,91$$

K_H – коефіцієнт, який враховує негерметичність приміщення і неадіабатичність процесу горіння, 3.

Розрахуємо надлишковий тиск вибуху у виробничому приміщенні:

$$\Delta P = (431 - 101) \cdot \frac{236,97 \cdot 0,3}{414,72 \cdot 3,23} \cdot \frac{100}{4,91} \cdot \frac{1}{3} = 35,7 \text{ кПа}$$

При такому надлишковому тиску вибуху його дія на людину може спричинити легке ураження (забиття, вивихи, тимчасова втрата слуху, загальна контузія).

Будівля залізобетонна, крупна-панельна, малоповерхова, ступінь руйнування при розрахованому вибуху буде середньою.

Причинами виникнення пожежі у процесі очищення стічних вод на аеротенках можуть бути:

- несправне електрообладнання;
- відсутність каліброваних запобіжників;
- несправність технологічного обладнання;
- відсутність необхідного змазування машин та механізмів при терті;
- вихід зі строю вузлів автоматичного захисту від коротких замикань в електрообладнанні;
- порушення безпеки при виконанні вогненебезпечних робіт;
- неправильне рішення розташування витяжної вентиляції, що може призвести до утворення в повітроводах пожежо-, вибухонебезпечних сумішей;
- відсутність блискавкозахисту, внаслідок чого може виникнути пожежа;
- порушення пожежної безпеки робітниками.

5.4 Заходи зі створення безпечних та здорових умов праці

Згідно з вимогами передбачена практично повна автоматизація процесів з дистанційним контролем з пульта керування. За допомогою датчиків керується кількість рідини на очистку, дозування коагулянту, підтримується температурний режим.

Механізовано подачу води до ставків трубопроводами за допомогою насосів.

Дистанційне керування відбувається з операторної.

Механізми, які обертаються, відгороджені захисними кожухами та огороженнями.

Передбачено розміщення устаткування, що є джерелом шуму, в окремих приміщеннях (насосна та інше). Передбачена звукоізоляція, амортизаційні пристрої та інше.

Технологічне обладнання встановлено з урахуванням розривів, необхідних згідно з нормами проектування, що забезпечує зручне та безпечне його обслуговування.

Всі обслуговуючі площадки, сходи відгороджені перилами висотою не менш 1 м.

Виконання прийнятих технічних рішень дозволяє уникнути впливу небезпечних факторів на здоров'я та безпеку персоналу.

Безпека виробничих процесів забезпечується:

- безпекою технологічного й транспортно-складського обладнання, його розміщенням і організацією робочих місць;
- безпекою застосованих технологічних процесів;
- безпекою прийомів, режимів роботи та порядку обслуговування виробничого обладнання;
- застосуванням засобів індивідуального захисту працюючих;
- організацією системи охорони праці на підприємстві;
- безпекою обраного обладнання;
- технологічними та будівельними рішеннями.

Аеротенки повинні забезпечувати необхідний ефект окислювання і мінералізації органічних речовин, що містяться в стічних водах. Робота аеротенків заснована на використанні процесу біологічного окислювання органічних речовин стічних вод.

При експлуатації аеротенків необхідно:

- строго стежити за рівномірністю розподілу по секціях стічної води й повітря; віком мулові;
- вчасно забирати плаваючі предмети, не допускати утворення мертвих зон;
- підтримувати задану концентрацію стічної рідини, активного мулові, вміст розчиненого кисню й відсоток повернення активного мулові;
- не допускати перерв у подачі повітря; контролювати безперебійну роботу механізмів і вимірювальних пристроїв;
- при зупинках і запусках вчасно видаляти воду з аераторів, для чого відкривають вентиля на повітряних стояках;
- усувати всі несправності; спостерігати за станом мулові.

Згідно «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» роботи по важкості та напруженості на технологічному обладнанні відносяться до II класу.

Розвантаження виконується постачальником за допомогою насосу для перекачування реагенту та шлангу зі сталевим армуванням безпосередньо в ємності для зберігання гіпохлориду натрію.

При прийманні нової партії гіпохлориду натрію здійснюється вхідний контроль концентрації активного хлору, результати перевірки записуються в журнал. Також здійснюється контроль концентрації активного хлору в ємностях з гіпохлоридом натрію та аналіз води після введення реагенту в установлені місця відбору проб.

Для змивання підлоги водою в приміщеннях зберігання та дозування гіпохлориду натрію передбачено зливні крани зі шлангами. Підлоги в

приміщеннях виконані з похилом в бік трапів. Відведення промивних вод проводиться в систему діючої каналізації.

Приміщення хлораторної обладнане діючою системою припливно-витяжної вентиляції, яка відповідає технологічним вимогам для хлораторних з використанням розчину гіпохлориду натрію та забезпечує належний 6-й кратний повітрообмін в приміщенні.

Все дозуюче обладнання виробництва фірми ALLDOS / Grundfos (Німеччина) сертифіковане в Україні. Високотехнологічне обладнання і технологія знезараження гіпохлориду натрію підвищує надійність роботи очисних споруд. Сучасні методи знезараження поліпшують санітарно-гігієнічний та епідеміологічний стан в зоні дії хлораторної.

Застосування гіпохлориду натрію РГН рекомендовано до застосування Міністерством з питань житлово-комунального господарства України та схвалено Міністерством охорони здоров'я України.

Для захисту людей від ураження електричним струмом, передбачені: мала напруга для роботи інструменту, плановий контроль ізоляції, неприступність до струмоведучих частин, захисне заземлення.

Для штучного заземлення, передбачені вертикальні сталеві стержні. Для з'єднання вертикальних електродів застосована стрічкова сталь прямокутного перерізу, розмір перерізу – не менш 4×12 мм.

Заземлення контурне, заземлювачі розташовані у ґрунті (рис. 5.1).

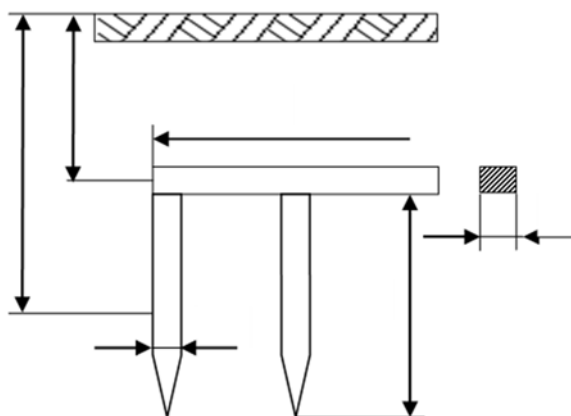


Рисунок 5.1 – Схема розміщення заземлювачів та з'єднувальної штиби у ґрунті

Розрахунок пристрою, що заземлює, проводиться у такій послідовності.

Визначаємо опір опору розтіканню струму з одного вертикального електроду:

$$R_{ст} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot \ell} \left(\ln \frac{2 \cdot \ell}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot t + \ell}{4 \cdot t - \ell} \right) \quad (5.9)$$

де ρ – питомий опір ґрунту у місці розташування заземлювачів, для пісочного ґрунту $\rho = 400$ Ом·м; ℓ – довжина стержневого електрода, 10 м; d – діаметр стержневого електрода, 0,012 м; t – глибина розташування середини електрода від поверхні землі, м

$$t = t_0 + \ell / 2 \quad (5.10)$$

де t_0 – відстань від верхньої точки стержневого заземлювача до поверхні землі, м; прийmemo $t_0 = 0,5$ м;

$$t = 0,5 + 10 / 2 = 5,5 \text{ м}$$

$$R_{ст} = \frac{400}{2 \cdot 3,14 \cdot 10} \left(\ln \frac{2 \cdot 10}{0,012} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot 5,5 + 10}{4 \cdot 5,5 - 10} \right) = 50,4 \text{ Ом}$$

Знайдену величину $R_{ст}$ порівнюємо із допустимим опором пристрою, що заземлює, $R_{доп}$. $R_{ст} > R_{доп}$ (50,4 Ом > 4 Ом), тому спочатку необхідно знайти попередню кількість заземлювачів:

$$n' = \frac{R_e}{R_{доп}}, \quad (5.11)$$

де $R_{доп}$ – допустимий опір пристрою, що заземлює, для установок, працюючих під напругою до 1 000 В, згідно $R_{доп} = 4$ Ом.

$$n' = \frac{50,4}{4} = 12,6 \approx 13 \text{ шт}$$

Приймаємо 13 заземлювачів. Далі необхідно встановити необхідну кількість електродів.

$$n = \frac{n'}{\eta_e}, \quad (5.12)$$

де η_e – коефіцієнт використання вертикальних електродів, який ураховує обопільне екранування, при $a = 2$ $\eta_e = 0,62$.

$$n = \frac{13}{0,62} = 20,96 \approx 21 \text{ шт}$$

Приймаємо 21 заземлювач.

Знаючи кількість заземлювачів, можна знайти довжину з'єднувальної штиби:

$$L = a \cdot n \cdot \ell, \quad (5.13)$$

де a – відношення відстані від заземлювачами до їх довжини, $a = 2$.

$$L = 2 \cdot 21 \cdot 10 = 420 \text{ м}$$

Визначення опору розтіканню струму з'єднувальної штиби без урахування екранування:

$$R_{ш} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L} \cdot \ln \frac{2 \cdot L^2}{b \cdot t_0}, \quad (5.14)$$

де b – ширина з'єднувальної штиби, м; дорівнює діаметру електрода, $b = 12 \text{ мм}$.

$$R_{ш} = \frac{400}{2 \cdot 3,14 \cdot 420} \cdot \ln \frac{2 \cdot 420^2}{0,012 \cdot 0,5} = 9,23 \text{ Ом}$$

Визначення загального опору пристрою, що заземлює

$$R_3 = \frac{R_e \cdot R_{ш}}{R_e \cdot \eta_{ш} + R_{ш} \cdot \eta_e \cdot n} \quad (5.15)$$

де $\eta_{ш}$ – коефіцієнт використання з'єднувальної штиби, $\eta_{ш} = 0,32$.

$$R_3 = \frac{50,4 \cdot 9,23}{50,41 \cdot 0,32 + 9,23 \cdot 0,62 \cdot 21} = 3,4 \text{ Ом}$$

$R_3 < R_{доп}$ ($3,4 \text{ Ом} < 4 \text{ Ом}$), що відповідає.

Так як на технологічному обладнанні може з'явитися статична електрика, передбачені наступні заходи:

- усі металеві та електропровідні частини технологічного обладнання заземленні незалежно від того, чи застосовуються інші заходи захисту від статичної електрики;
- усі трубопроводи для накопичення легкозаймистих рідин мають спуски до низу апаратів.

Для забезпечення безпечних умов праці персоналу необхідно передбачити освітлення території, на якій розташована установка.

Розрахунок штучного освітлення ведемо в залежності від характеру виробничого процесу.

В проектуваному відділенні передбачається сумісне освітлення: бокове (через вікна в зовнішніх стінах) та штучне. Освітлення передбачаємо відповідно вимогам. Природне освітлення в приміщенні – через бокові зовнішні вікна – 5 штук площею 3 м² кожне.

Розрахунок штучного освітлення проводимо за допомогою методу використання коефіцієнта питомої потужності. Спочатку у відповідності з розрядом зорової роботи вибирають норму освітленості.

Відповідно визначеному розряду зорових робіт IV з передбачаємо норму при штучному освітленні – 150 лк. Вибираємо світильник типу ЛСП 02 В 1×36 для люмінесцентних ламп, зі світловим потоком F = 3 050 лм.

Розрахунок проводимо виходячи із кількості світильників, необхідних для освітлення приміщення:

$$N = \frac{E_{\min} \cdot k \cdot S \cdot Z}{F \cdot n \cdot u}, \quad (5.16)$$

де E_{\min} – мінімальна нормативна освітленість для даного розряду робіт, 150 лк; k – коефіцієнт запасу для ламп розжарювання, 1,5; S – площа приміщення, 72 м²; Z – поправочний коефіцієнт світильника, 1,3; F – світловий потік однієї лампи, 3 050 лм; n – кількість ламп у світильнику, 1 од; u – коефіцієнт використання освітлювальної установки.

Визначаємо коефіцієнт використання, виходячи з розрахунку показника приміщення:

$$\varphi = \frac{a \cdot b}{H \cdot (a + b)}, \quad (5.17)$$

де a , b – довжина і ширина приміщення, м; $a = 9$ м, $b = 8$ м; H – висота підвісок світильника над робочою поверхнею, 4,8 м.

$$\varphi = \frac{12 \cdot 6}{(4,8 - 1,2) \cdot (12 + 6)} = 1,05$$

Стеля і стіни пофарбовані у середній колір, коефіцієнти відбиття стелі і стін , $\rho_{\text{п}} = 50 \%$, $\rho_{\text{с}} = 30 \%$, отже $u = 43 \%$.

$$N = \frac{150 \cdot 1,5 \cdot 72 \cdot 1,3}{3050 \cdot 1 \cdot 0,43} = 16,06$$

Приймаємо по 18 світильників для кожного із двох поверхів.

Аварійне освітлення передбачаємо на випадок відключення робочого освітлення (аварії). Аварійне й евакуаційне освітлення підключаємо від незалежного джерела живлення.

Проектовані спорудження для очистки води розташовані в приміщенні очисного відділення, тому проектом передбачена система вентиляції. В приміщенні визначається незначна кількість пилу коагулянту.

Для видалення пилу, який має часточки діаметром більше 5 мкм, необхідно застосування місцевої вентиляційної системи. Необхідно використання місцевого відсмоктувача напіввідкритого типу (витяжний зонт), який буде розташовуватися над місцем загрузки азбестоцементної суміші. Кількість відсмоктуємого запиленого повітря, яку необхідно вивести, визначаємо із формули:

$$L_M = F \cdot V \cdot 3600 \quad (5.18)$$

де F – площа відкритого перерізу, через яке засмоктується повітря, 15 м^2 ;
 V – швидкість повітря у відкритому перерізі витяжного зонта, при відсмоктування пилу 4-го класу небезпеки приймаємо $0,5 \text{ м/с}$.

$$L_M = 15 \cdot 0,5 \cdot 3600 = 27000 \text{ м}^3/\text{год}$$

Передбачено встановлення відцентрових пилових вентиляторів типу ВЦП 7–40 продуктивністю $15000 \text{ м}^3/\text{год}$, номер вентилятору 8, напір 240 мм вод. ст., частота обертів 1440 об/хв, електродвигун типу 4А180S4 потужністю 22,00 кВт. Необхідно 2 вентиляторів для витяжки повітря.

Обладнання розташовано згідно вимог на відстані від стін не менше 1,2 м.

Для задоволення потреб у воді дане підприємство обладнане системою водопостачання. Ця система є об'єднаною, тому що протипожежні функції

водопостачання віднесені до системи господарсько-питного водопроводу, який характеризується великою розгалуженістю по площі підприємства.

Система каналізації представляє із себе сукупність взаємопов'язаних інженерних споруд, що забезпечують збір та видалення за межі підприємства забруднених стічних вод, яке відбувається шляхом скидання в міську каналізаційну мережу.

Робітники усіх виробничих операцій забезпечуються спецодягом та миючими засобами відповідно з вимогами: рукавиці, робоча спецівка (бавовняна), робоче взуття (на гумовій підшві), берети, косинки тощо. Для захисту працюючих від дії промислового пилу використовують респіратори «Астра–М».

Відповідно до вимог на підприємстві передбачені санітарно-побутові приміщення з роздягальнями, душовими, кімнатами прийому їжі, гардеробними; приміщення для прийому брудного санітарного одягу, вбиральні, раковини для миття рук, кімната медогляду.

Раціональна організація праці передбачає 8–годинний робочий день, в дві зміни, перерва на обід – 30 хвилин. Підприємство забезпечує робітників санаторним і профілакторним відпочинком, відпустка один раз на рік протягом 28 робочих днів.

5.5 Протипожежні заходи

Будівлі та споруди розташовані один від одного на відстані більш 20 метрів, що відповідає вимогам пожежної безпеки.

Передбачені евакуаційні шляхи, ширина яких складає: проходи не менше 1,5 м, коридори не менше 1,5 м.

Ступінь вогнестійкості будівлі цеха II, площа поверху між протипожежними стінами не обмежується, кількість поверхів – 2.

У вибухонебезпечних зонах передбачене вибухозахисне електрообладнання, виготовлене відповідно.

Блискавкозахист корпусу здійснюється відповідно шляхом установаження на даху блискавковідводів.

Устаткування цеху повинно бути заземлене від прямих ударів блискавки за допомогою тросового блискавковідводу, згідно.

Очікувана кількість уражень блискавкою за рік споруд, які не обладнані захистом від блискавок:

$$N = (S + 6h_k) \cdot (Z + 6h_k) \cdot n \cdot 10^{-6} \quad (5.19)$$

де S , Z – відповідно довжина і ширина захисної споруди прямокутної форми у плані, приймаємо $S = 38$ м, $Z = 22$ м; h_k – максимальна висота споруди, м, $h_k = 9,8$ м; n – середньорічна кількість ударів блискавки визначається за формулою:

$$N = (38+6 \cdot 9,08) \cdot (22+6 \cdot 9,08) \cdot 20 \cdot 10^{-6} = 7,3 \cdot 10^{-3}$$

$$h = \frac{r_x + 1,85h_x}{1,7} \quad (5.20)$$

де h_x – висота будівлі, 9,8 м; r_x – радіус зони захисту на цій висоті, м.

$$r_x = \frac{1}{2} Z \quad (5.21)$$

$$h = \frac{11+1,85 \cdot 9,8}{1,7} = 20,62.$$

З метою своєчасного оповіщення про виникнення пожежі на території установки передбачене повідомлення сиреною та вмикання систем пожежогасіння, є система телефонного зв'язку.

В будівлі запроектована система протипожежного водопроводу. Пожежні крани розміщені біля входів та в інших доступних місцях і спорядженні рукавами та стволами. Пожежні крани встановлюються на висоті 1,35 м над підлогою приміщення та розташовуються в спеціальних шафах.

У приміщенні відділення з підготовки суміші для виготовлення азбестоцементних труб передбачені первинні засоби. Потрібна кількість первинних засобів гасіння пожежі може бути визначена із співвідношення:

$$n = \frac{S_{\text{заг}}}{S_n} \quad (5.22)$$

де $S_{\text{заг}}$ – сумарна площа приміщень усіх поверхів будівлі, м^2 ; S_n – нормативна площа, м^2 . Для приміщення з наявністю твердих негорючих речовин (відділення очистки стічних вод) нормативна площа – 300 м^2 .

$$n = \frac{280 \cdot 30}{300} = 28 \text{ комплектів.}$$

В цеху будуть встановлені такі первинні засоби пожежогасіння, як вогнегасники: вугле-кисневі ВУ–2 (або ВУ–5) – 28 од. на щит з протипожежним інвентарем.

Цех обладнаний внутрішнім протипожежним водопостачанням: пожежні крани, які встановлені на висоті 1,35 м над підлогою приміщень у виході.

Протипожежне водопостачання підприємства здійснюється системою протипожежного водопроводу. Необхідна кількість води, м^3 :

$$Q = 3600 \cdot \tau \cdot q \quad (5.23)$$

де τ – середній час гасіння пожежі, 3 години; q – загальна витрата води, л/с;

$$q = q_{\text{зовн}} + q_{\text{вн}} + q_{\text{авт}} \quad (5.24)$$

де $q_{\text{зовн}}$ – витрата води на зовнішнє пожежогасіння, 30 л/с (при об'ємі будівлі більше 100 тис. м^3); $q_{\text{вн}}$ – витрата води на внутрішнє пожежогасіння, $2 \times 2,5$ л/с;

$q_{\text{авт}}$ – витрата води на автоматичні установки пожежогасіння (спринклерні або дренчерні), 30 л/с.

$$q = 30 + 2 \cdot 2,5 + 30 = 65 \text{ л/с}$$

$$Q = 3600 \cdot 3 \cdot 65 = 702 \text{ м}^3$$

Для гасіння пожеж із зовнішньої сторони будівлі передбачені зовнішні протипожежні водопроводи з гідрантом. Використовуємо протипожежний водопровід низького тиску, напір у мережі не менше 10 м вод. ст.

Зберігання пального, мастильних матеріалів здійснюється в щільно закритих ємностях відповідно до вимог інструкцій, розроблених на підприємстві. До заходів з охорони праці відносяться всі заходи, пов'язані з

недопущенням і заборорою зливу відпрацьованих масел, нафтопродуктів та інших забруднюючих поверхню рідин. Поточний ремонт техніки виконується відповідно до розроблених вимог і на спеціально відведених майданчиках.

Протипожежні заходи на об'єкті полягають в укомплектуванні всіх механізмів, побутових приміщень необхідною кількістю вогнегасників, протипожежним інвентарем, пристрій мереж оповіщення про пожежу.

При виникненні пожежі, його ліквідація здійснюється по обов'язковому плану, розробленому на комбінаті. Трубопровід оборотного водопостачання забезпечує необхідний резерв для пожежогасіння.

Для безпеки проектованого об'єкту необхідно передбачити шляхи евакуації при можливій пожежі.

5.6 Висновки за розділом

В розділі охорона праці проведена характеристика об'єкта автоматизації та місця його розташування, приведена характеристика небезпечних та шкідливих виробничих факторів, проведена оцінка пожежо та вибухонебезпеки, розроблені заходи зі створення безпечних та здорових умов праці, розглянуто протипожежні заходи.

ВИСНОВКИ

Кваліфікаційна робота є закінченою навчально-дослідницькою роботою, в якій розв'язана задача ідентифікації технологічного процесу подрібнення по каналу обурення.

Основними висновками і результатами роботи є наступне:

1. Запропонована структурна схема керування процесом подрібнення.
2. Визначені технічні засоби контролю технологічних параметрів і виконавчі механізми для впливу на технологічний процес подрібнення.
3. За даними активного експерименту визначені структура і параметри каналу обурення процесом подрібнення.
4. Запропонована структурна схема мікропроцесорної системи керування процесом подрібнення.
5. Розраховані капітальні і річні витрати на розробку і впровадження системи автоматичного керування процесом подрібнення.
6. 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://iep.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. Методичні рекомендації для студентів бакалаврів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» Ткачов В.В., Бубликов А.В., Цвіркун Л.І., Проценко С.М., Бойко О.О., Славинський Д.В., .– Д.: «НГУ», 2016. – 27 с.
6. 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.
7. 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.

8. 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.

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

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

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

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

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

14. Трифазне твердотільне реле змінного струму Jotta SSR 10DA/25DA/40DA/60DA, 480 В змінного струму, 3-32 В постійного струмуЕлектронний ресурс: <https://aliradar.com/item/33024886141-Trehfaznoe-tverdotelnoe-rele-peremennogo-toka-Jotta-SSR-10DA25DA40DA60DA-480-V-peremennogo-toka-3-32-V-postoyannogo-toka>

15. Коваль А.В. Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів: навч. посібник / А.В. Коваль. – Житомир : ЖДТУ, 2018. – 133 с.

16. Літнарівч Р.М. Побудова і дослідження математичної моделі за джерелами експериментальних даних методами регресійного аналізу. Навчальний посібник, МEGУ, Рівне, 2011.-140 с

17. Электромагнитный витратомер. Режим доступу: <https://ru.silverinstruments.com/product/flow-measurement/electromagnetic-flowmeter.html>

18. DENCELL® МАД-5xxx. Режим доступу: <http://plotnomeri.ru/?mid=33&pid=41>
19. Міждержавний стандарт ГОСТ 12.0.003-74 (1999) ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».
20. ДСН 3.3.6.042-99 „Державні санітарні норми параметрів мікроклімату” - К.: МОЗ України, 2000.
21. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування.
22. ДСТУ Б.А.3.2-12:2009. Система стандартів безпеки праці. Системи вентиляційні. Загальні вимоги ДНАОП 0.03-33.14-85. Санітарні норми допустимих рівнів шуму на робочих місцях.
23. Правила улаштування електроустановок Мінпаливвугілля України. – 2017 – 617с.
24. «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості на небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». № 528 - 2001.
25. Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями, затверджені наказом Мінсоцполітики від 14.02.2018 № 207.
26. Методичні рекомендації з виконання заходів стосовно охорони праці при роботі з ПЕОМ та розрахунку освітлення у дипломних проектах студентів усіх спеціальностей/ Уклад. В.І. Голінько, В.Ю. Фрундін, Ю.І. Чеберячко, М.Ю. Іконніков. - Дніпропетровськ: ДВНЗ «Національний гірничий університет», 2013.- 12 с.
27. ДСанПіН 3.3.2-007-98 Державні санітарні правила і норми. Гігієнічні вимоги до організації роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин
28. ДСТУ 7234:2011 Дизайн і ергономіка. Обладнання виробниче. Загальні вимоги дизайну та ергономіки
29. ДСТУ 7950:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце під час виконання робіт стоячи. Загальні ергономічні вимоги.

30. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги
31. ДСТУ 3191-95 (ГОСТ 12 2.137-96) Обладнання для кондиціонування повітря та вентиляції
32. ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».
33. ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення».
34. ДСН 3.3.6.037–99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку».
35. ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації».
36. ДСТУ ІЕС 61140: 2015 «Захист проти ураження електричним струмом. Загальні аспекти щодо установок та обладнання».
37. ДБН В.1.1-7-2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва».
38. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухо-пожежною та пожежною небезпекою».
39. ДСТУ 3675-98 «Пожежна техніка. Вогнегасники переносні. Загальні технічні вимоги та методи випробувань».
40. ДБН В.2.5-56-2014 «Системи протипожежного захисту».
41. ДСТУ Б В.2.5-38:2008 «Улаштування блискавкозахисту будівель та споруд».

ДОДАТОК А

Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Шифр документу	Примітка	
1			<u>Документація</u>				
2							
3	A4	KIBС.KBP.151.19.20.ПЗ	Пояснювальна записка		ПЗ		
4							
5			<u>Графічна частина</u>				
6							
7	A2	KIBС.KBP.151.19.20.E2	Функціональна схема				
8			автоматизації	1	E2		
9							
10	A2	KIBС.KBP.151.19.20.E3	Схема електрична				
11			принципова	1	E3		
12							
13	A4	KIBС.KBP.151.19.20.ПЕЗ	Перелік елементів	1	ПЕ		
14							
15	A4	KIBС.KBP.151.19.20.Д	Презентація		Д		
16							
17		KIBС.KBP.151.19.20.ВДЕ	Носій інформації	1	ВДЕ		
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
			Підп.	Дата	KIBС.KBP.151.19.20.ТП		
Зм.	Арк.	№ докум.			Літ.	Аркуш	Аркушів
Розробив		Прудкий К.Р.		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 подрібнення в лінії збагачення ГЗК»
здобувач вищої освіти академічної групи
151-19-1 Прудкий Кирило 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 подрібнення матеріалу.

У першому розділі виконаний аналіз технологічного процесу подрібнення, розглянуто конструкції і принцип дії млина самоподрібнення, 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 обурення процесом подрібнення. Виконана оцінка відносної точності дискретної моделі каналу збурення.

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 Прудкий К.Р. присвоєння кваліфікації “Бакалавр з автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій” за спеціальністю “151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології”.

Керівник кваліфікаційної роботи, _____ Трипутень М.М.
посада, доц. каф. КФІВС (підпис)

ступінь, к.т.н.

_____ (дата)

РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну роботу ступеню бакалавра
на тему: «Автоматизація процесу подрібнення в лінії збагачення ГЗК»

здобувач вищої освіти академічної групи

151-19-1 Прудкий Кирило 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 самоподрібнення матеріалу за рахунок урахування змін вмісту характерного класу у вхідній руді.

В рамках кваліфікаційної роботи виконано аналіз процесу подрібнення 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 подрібнення за літературними джерелами, методів ідентифікації і регресійного аналізу.

Основними результатами кваліфікаційної роботи є визначення структури і параметрів моделі каналу обурення процесу подрібнення.

Повнота та глибина вирішення поставлених завдань в кваліфікаційній роботі достатня.

В цілому кваліфікаційна робота ступеню бакалавра заслуговує оцінки _____ балів при відповідному захисті, а здобувач Прудкий К.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 подрібнення в лінії збагачення ГЗК», здобувача вищої освіти, групи 151-19-1, Прудкий К.Р.

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)