

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 Галич Анастасія Олексіївна

(П.І.Б.)

академічної групи 151-18-1

(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 магнітної сепарації

(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	ст. викл. Проценко С.М.			
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. Славінський Д.В.			
----------------	----------------------	--	--	--

Дніпро  
2022

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

\_\_\_\_\_ Бубліков А.В.  
(підпис) (прізвище, ініціали)  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 року

**ЗАВДАННЯ**  
**на кваліфікаційну роботу**  
**ступеня бакалавр**

студенту Галич А.О. \_\_\_\_\_ **академічної групи 151-18-1** \_\_\_\_\_  
(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 магнітної сепарації**  
затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 217-с від №26.04.2022 р.

<b>Розділ</b>	<b>Зміст</b>	<b>Термін виконання</b>
Стан питання та постановка завдання	Вступ. Опис технологічного процесу для об'єкта автоматизації. Огляд існуючих систем автоматизації. Стан питання. Вибір напрямку створення автоматизованої системи.	11.05.2022
Розробка апаратного забезпечення системи керування	Обрання датчиків, виконавчих пристроїв та пристрою керування, розробка структурних схем, функціональної схеми автоматизації та принципової схеми електричної.	18.05.2022
Визначення моделі об'єкта керування	Виконання експерименту. Обробка результатів експерименту. Створення моделі об'єкта керування. Перевірка отриманої моделі на адекватність.	25.05.2022
Економічна частина	Економічне обґрунтування доцільності витрат на створення системи керування.	01.06.2022
Охорона праці	Розробка організаційно-технічних заходів, щодо реалізації правил безпеки при експлуатації системи.	05.06.2022

**Завдання видано** \_\_\_\_\_  
(підпис керівника)

**Дата видачі**  
**Дата подання до екзаменаційної комісії**  
**Прийнято до виконання**

\_\_\_\_\_ (підпис студента)

доц. Трипутень М.М.  
(прізвище, ініціали)  
04.05.2022  
10.06.2022  
Галич А.О.  
(прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

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

Мета бакалаврської роботи: визначення структури і параметрів статичної моделі процесу магнітної сепарації на гірничо-збагачувальному комбінаті; створення структурної схеми САУ процесом магнітної сепарації.

Магнітна сепарація є процесом безперервної дії, що реалізується сукупністю технологічних апаратів і напрямлена на розділення гірничої маси в магнітному полі. Найбільша ефективність даного процесу досягається при виборі оптимальної густини пульпи на вході магнітного сепаратора шляхом зміни подачі води у його ванну або керуванням процесом класифікації у попередньо розташованому технологічному апараті.

В бакалаврській роботі запропоновано структурну схему керування процесом магнітної сепарації. Для реалізації запропонованої автоматичної системи визначена структура і параметри системи керування поділом пульпи в ванні магнітного сепаратора, обґрунтовані датчики і виконавчі засоби технологічними параметрами для їх контролю і зміни, а також запропоновані функціональна і мікропроцесорна системи керування.

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

РУДА, ПУЛЬПА, МАГНІТНИЙ СЕПАРАТОР, КОНТРОЛЕР,  
ТЕХНОЛОГІЯ, МАГНІТНА СЕПАРАЦІЯ, ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ,  
ШКІДЛИВИ ФАКТОРИ

## ЗМІСТ

Зміст	4
Перелік скорочень	6
Вступ	7
1 Стан питання та постановка завдання	9
1.1 Характеристика галузі	9
1.2 Технологічний процес магнітної сепарації	10
1.2.1 Загальні відомості	10
1.2.2 Характеристика технологічного процесу магнітної сепарації	11
1.3 Процес магнітної сепарації як об'єкт автоматизації	12
1.3.1 Конструкція і принцип дії магнітного сепаратора	12
1.3.2 Процес магнітної сепарації як об'єкт керування	16
1.4 Відомі рішення в даній галузі	20
1.5 Постановка завдання	22
2 Розробка апаратного забезпечення системи управління	24
2.1 Розробка структурної схеми підсистеми керування	24
2.2 Вибір апаратного забезпечення підсистеми керування	26
2.2.1 Вибір датчиків	26
2.3.2 Вибір виконавчих пристроїв	30
2.3.3 Вибір пристроїв керування	32
2.3.4 Вибір джерел живлення	39
2.4 Розробка функціональної схеми автоматизації	41
2.5 Розробка схеми електричної принципової	42
2.6 Висновки за розділом	43
3 Визначення моделі об'єкта керування	45
3.1 Обґрунтування методу ідентифікації процесу магнітної сепарації	45
3.2 Методика дослідження статичних характеристик об'єкта автоматичного керування	47
3.3 Визначення структури і параметрів об'єкта керування	51

3.4 Висновки	52
4 Економічна частина	54
4.1 Техніко-економічне обґрунтування впровадження системи керування	54
4.2 Розрахунок капітальних витрат пов'язаних з впровадженням системи керування	54
4.3 Розрахунок капітальних витрат на програмне забезпечення	56
4.3.1 Розрахунок часу на розробку програмного забезпечення	56
4.3.2 Розрахунок витрат на розробку програмного забезпечення	58
4.4 Розрахунок експлуатаційних витрат	59
4.4.1 Амортизація основних фондів	60
4.4.2 Розрахунок фонду заробітної плати	61
4.4.3 Відрахування на соціальні заходи	62
4.4.4 Розрахунок витрат на технічне обслуговування та ремонт	62
4.4.5 Витрати на електроенергію	62
4.4.6 Інші витрати	63
4.5 Висновки за розділом	63
5 Охорона праці	64
5.1 Аналіз небезпечних факторів	64
5.2 Інженерно-технічні заходи з охорони праці	65
5.3 Розрахункова частина	68
5.4 Заходи протипожежної безпеки	70
5.5 Висновки по розділу	71
Висновки	72
Перелік посилань	73
Додаток А	75
Додаток Б	76
Відгуки консультантів кваліфікаційної роботи	77
Відгук	79
Рецензія	81

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

- АСК ТП - автоматизована систему керування технологічним процесом
- ЕОМ - електронна обчислювальна машина;
- ОК - об'єкт керування;
- САК - система автоматичного керування;
- ПЛК - програмований логічний контролер;

## ВСТУП

Гірнича (гірничодобувна) промисловість – комплекс галузей важкої промисловості з розвідування родовищ корисних копалин, видобування їх з надр землі та збагачення корисних копалин.

Україна має найбільші запаси залізних руд, які становлять основу розвитку сировинної бази чорної металургії. Видобуток та переробка залізних руд проводиться на сучасних гірничо-збагачувальних комбінатах (ГЗК), таких як: НКГЗК, ПівнГЗК, ПівдГЗК, ІнГЗК, ЦГЗК, КГЗКор, Полтавський ГЗК та інші. Кожен ГЗК має у своєму складі збагачувальну фабрику. Збагачувальна фабрика є великим споживачами електроенергії і на даний момент є актуальною проблема енергозбереження в технологічних комплексах магнітного збагачення руд.

У зв'язку з підвищенням вимог у галузі чорної металургії – збільшення видобутку та покращення якості рудної сировини, з'явилася необхідність видобування бідних залізних руд, які потребують глибокого збагачення. Основною залізорудною базою чорної металургії України є Криворізький басейн, де особливо гостро постала ця проблема.

Якісне та ефективне збагачення неможливе без автоматизації. Ефективність автоматизації збагачувального виробництва пов'язані з найширшим використанням нових систем автоматичного і автоматизованого управління. Такі системи повинні забезпечити необхідні технологічні режими збагачувальних апаратів, злагоджену роботу транспортних ліній, контроль технологічних параметрів та властивостей.

Автоматизація процесів збагачення підвищує ефективність використання технологічного обладнання, технологічну дисципліну та культуру виробництва, дозволить забезпечити енергозбереження, ресурсозбереження та збільшить ефективність гірничо-збагачувальної промисловості.

На підприємствах гірничо-рудної промисловості набули поширення системи децентралізованого автоматизованого управління. При такому підході до побудови систем управління на кожному технологічному об'єкті

встановлюється один контролер, який відповідає за функції локального управління, і за зв'язок з операторною станцією. При цьому всі контролери пов'язані з керуючими системами вищого рівня інформаційними каналами, якими на контролери можуть надходити керуючі команди та технологічні уставки, а від контролерів – інформація про перебіг технологічного процесу.

На збагачувальних фабриках одним із технологічних процесів є процес магнітної сепарації.

При забезпеченні постійного складу матеріалу, що надходить на збагачення, не потрібно складних методів регулювання процесом магнітної сепарації. Автоматизація в такому випадку обмежується застосуванням пристроїв, які забезпечують підтримку заданого рівня пульпи.

Проте в даний час склад пульпи, що надходить на магнітну сепарацію, не залишається постійним. Автоматизація цього процесу дозволить підвищити продуктивність сепараторів, збільшити вилучення металу з руди та забезпечити сталість вмісту заліза в концентраті.

В бакалаврській роботі розглянуто визначення закономірностей поділу матеріалу в магнітному сепараторі, які в подальшому дозволять підвищити продуктивність сепараторів, збільшити вилучення металу з руди та забезпечити сталість утримання заліза в концентраті.



# 1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

## 1.1 Характеристика галузі

Гірничорудна підгалузь України — забезпечує чорну металургію вихідною сировиною і насамперед залізною рудою. Чорна металургія є базовою галуззю господарства України: на підприємствах, на яких використовуються чорні метали, утворюється до 50 % національного доходу. Балансові запаси залізних руд України оцінюються в 32,9 млрд т, у тому числі розвіданих за категоріями А+В+С1 – в 28,3 млрд т (86,0 %) і заздалегідь оцінених (категорії С2) – в 4,6 млрд т (14,0 %) [1].

Згідно каталогу провідних підприємств України, у гірничодобувній промисловості на території нашої країни знаходиться 354 підприємства. З них 14 – гірничо-збагачувальні комбінати (видобуток залізних руд – Полтавський, Єриствівський, Біланівський (Полтавська обл.), Південний, Інгулецький, Північний, Центральний, Новокриворізький (Дніпропетровська обл.) Комиш-Бурунський (АР Крим); уранових руд – Східний (Дніпропетровська обл.); ільменітових пісків – Верхньодніпровський (Дніпропетровська обл.); марганцеві руди – Орджонікідзевський, Марганецький (Дніпропетровська обл.); Криворізький ГЗК окиснених руд (Кіровоградська обл.).

Основним залізорудними басейнами України є Криворізький залізорудний басейн (67,2 %), Кременчуцька магнітна аномалія (14,6 %), Керченський залізорудний басейн та Білозерський залізорудний район (разом на їх частку припадає 18,2 %).

Запаси Кременчуцької магнітної аномалії оцінюються в 11 млрд т. у північній частині, та в 4,4 млрд т. у південній. Тут працює Полтавський гірничозбагачувальний комбінат, найбільший український експортер залізорудних окатків до Європи. За даними Укрпромзовнішекспертизи у січні-травні 2017 р. Полтавський ГЗК експортував 2,927 млн т. окатків. Експорт проводився передусім до країн Європи і Близького Сходу, а також Японію,

Корею та Китай. За цей же період Полтавський ГЗК справив 3,375 млн. т. залізорудних окатків.

Промислові запаси залізних руд Криворізького залізорудного басейну близько 18 млрд т. В межах басейну виявлено близько 300 рудних тіл, глибина залягання їх понад 2 700 м, подекуди вони виходять на поверхню. Поряд з багатими мартитовими й гематито-мартитовими рудами (із вмістом заліза 51...66 %) є значні запаси бідних (22...38 % заліза) руд – залізистих кварцитів, що потребують збагачення. Басейн являє собою смугу залізистих порід шириною від 2 до 7 км, що простягаються з півдня на північ більше ніж на 100 км у басейні рік Саксагань та Інгулець від Жовтих Вод до широти Каховського водосховища, займаючи площу понад 300 км<sup>2</sup>. За січень-квітень 2017 року Центральний ГЗК відправив на експорт 649,4 тис. т. залізорудних окатків. За цей же період виробництво залізорудних окатків на Північному ГЗК склало 2,089 млн. т.

## **1.2 Технологічний процес магнітної сепарації**

### **1.2.1 Загальні відомості**

Магнітна сепарація – технологія поділу матеріалів на основі відмінності їх магнітних властивостей (магнітної сприйнятливості) та різної поведінки матеріалів у зоні дії магнітного поля, що змінює гравітаційну траєкторію матеріалів.

По сферах застосування розрізняють підготовчі, основні (власне магнітний поділ) та допоміжні процеси магнітного збагачення.

Підготовчі процеси:

- уловлювання металобрухту,
- намагнічування та розмагнічування,
- магнітна агрегація.

Допоміжні процеси:

- згущення та зневоднення;
- подрібнення у магнітному полі.

Залежно від величини магнітної сприйнятливості матеріалу магнітна сепарація поділяється на слабомагнітну та сильномагнітну, залежно від середовища, в якому проводиться поділ, — на мокру та суху.

За принципом використання магнітного поля процеси магнітного збагачення поділяють на прямі та комбіновані (непрямі). До прямих належать процеси поділу в слабких і сильних полях, регенерації суспензій, вилучення металобрухту, магнітного пиловловлення, термомагнітної та динамічної агрегації.

Непрямі процеси:

- магнітогідростатична (МГС);
- магнітогідродинамічна (МГД) сепарація;
- згущення матеріалів, які попередньо пройшли магнітну флокуляцію, сепарацію корисних компонентів, локалізованих на магнітних носіях.

### **1.2.2 Характеристика технологічного процесу магнітної сепарації**

Магнітна сепарація є одним із основних методів збагачення корисних копалин (КК). Цей метод часто є основною операцією збагачення у складних схемах переробки руд при доведенні мінеральної сировини до необхідної концентрації. Крім того, вона використовується у допоміжних операціях для запобігання попаданню металевих предметів у дробарки та інше збагачувальне обладнання [2].

Широкому поширенню магнітної сепарації сприяє відносно низька вартість її в порівнянні з іншими методами збагачення, можливість створення гнучких схем збагачення, високий рівень механізації процесу.

Процес магнітної сепарації заснований на відмінності в магнітних властивостях компонентів руд чорних, що розділяються, та інших металів.

Якісні показники процесу магнітної сепарації залежать від співвідношення сильномагнітних, слабомагнітних та немагнітних фракцій у пульпі, що надходить на сепарацію.

Співвідношення фракцій у вихідній пульпі залежить від її гранулометричного складу та вмісту заліза у руді. У той же час гранулометричний склад пульпи можна змінювати, змінюючи густину зливу апарату, що класифікує, живить магнітну сепарацію.

Наприклад, фабрика Інгулецького гірничо-збагачувального комбінату (ІнГЗК) переробляє руди Інгулецького родовища Криворізького залізорудного басейну. Розглянемо технологічну схему другої черги (секції 11...18) ІнГЗК (рисунок 1.1), вона включає дві стадії подрібнення в млинах самоподрібнення і рудно-галькових і три стадії мокрої магнітної сепарації. Кінцева крупність помелу 98 % класу  $-0,074$  мм.

### **1.3 Процес магнітної сепарації як об'єкт автоматизації**

#### **1.3.1 Конструкція і принцип дії магнітного сепаратора**

Поділ мінеральних частинок за магнітними властивостями може здійснюватися у трьох режимах:

- режим відхилення магнітних частинок характеризується підвищеною продуктивністю, але зниженою ефективністю процесу;
- режим утримання магнітних частинок характеризується високим вилученням магнітного компонента;
- режим вилучення магнітних частинок характеризується високою якістю магнітного продукту, але зниженням його вилучення.

Розглянемо конструктивні властивості магнітного сепаратора ПБМ-ПП-120/250 [3]. Сепаратор ПБМ-120/250 являє собою однобарабанний магнітний сепаратор з нижнім живленням, магнітною системою з полюсами полярності по колу барабана. Він призначений для мокрого збагачення матеріалу крупністю  $6...0$  мм із поділом на два продукти: магнітний та немагнітний.

Продуктивність магнітних сепараторів секції 11...18 (другої черги) наведено у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 Продуктивність магнітних сепараторів секції 11...18 (другої черги).

Сепаратор магнітний для мокрої сепарації	Продуктивність, т/(м·год)
ПБМ-ПП-90/250 (I стадія сепарації)	17.5
ПБМ-ПП-120/250 (II стадія сепарації)	10.0
ПБМ-ПП-120/250 (III стадія сепарації)	9.1

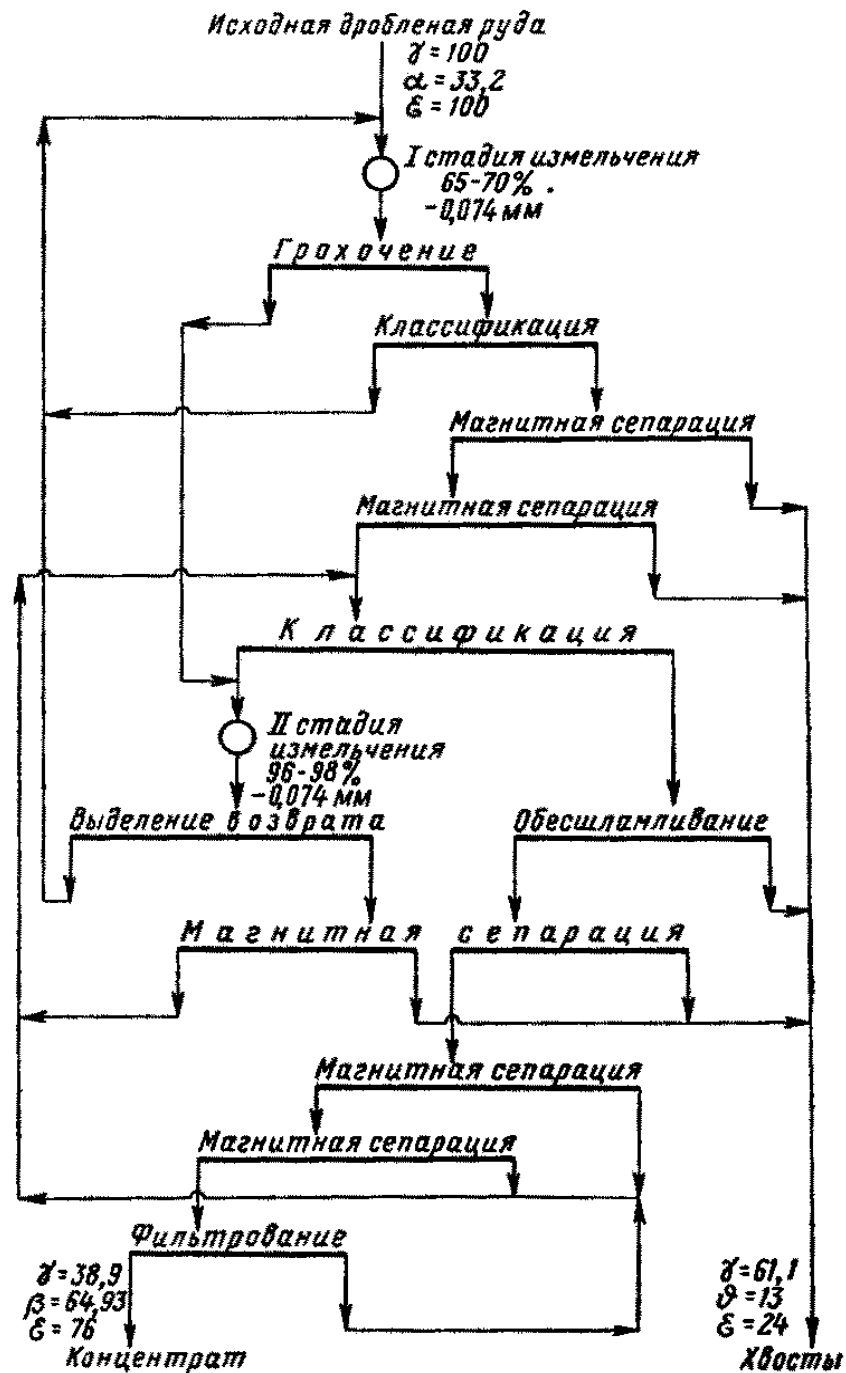


Рисунок 1.1 – Технологічна схема другої черги секції 11...18) Інгулецького ГЗК

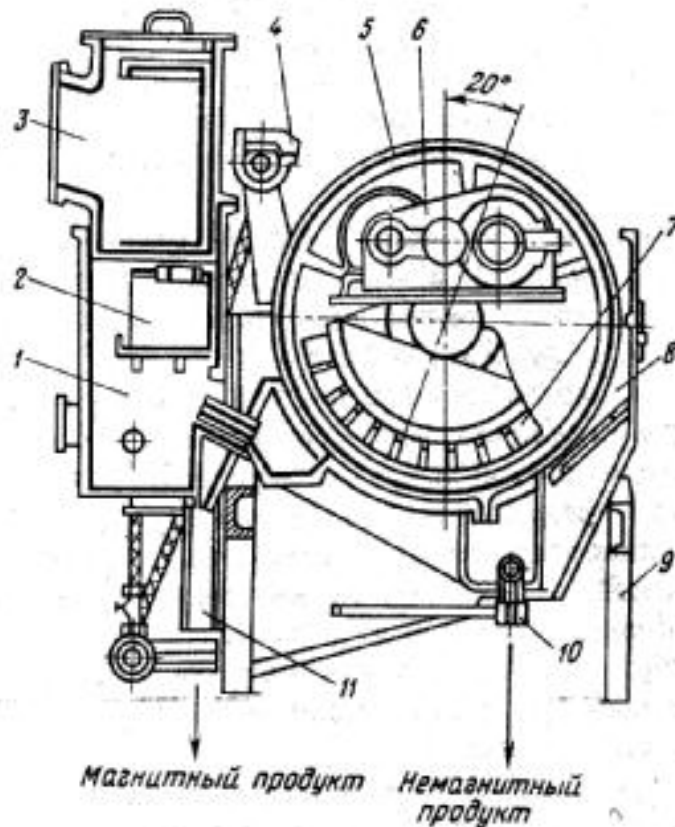


Рисунок 1.2 – Барабанный магнітний сепаратор ПБМ120/250

Сепаратор ПБМ-120/250 (рисунок 1.2) складається з наступних основних частин: магнітного барабана 5, магнітної системи 7, ванни 8 із завантажувальним коробом 3, рами 9, розвантажувального жолоба для концентрату 11 і 6 приводу, вбудованого всередину барабана, приймального короба 1, заспокоювача 2, брызкали 4, насадки 10.

Основний робочий орган сепаратора – магнітний барабан. Він є тонкостінним циліндром з двома кришками, що обертається на роликотідшипниках, встановлених на нерухомій осі. Вісь магнітного барабана встановлена у роз'ємних підшипниках на П-подібних стійках рами. Барабан виготовлений з немагнітного матеріалу та зовні покритий гумою. Усередині барабана закріплена десятирядна магнітна система 7 з ярмом, якого кріпляться полюси постійних магнітів.

Магнітна система всередині барабана розгорнута на  $20^\circ$  від вертикальної площини у бік розвантаження магнітного продукту. Однак за допомогою поворотного пристрою, що складається з важеля, укріпленого на кінці осі

барабана, тяги з різьбленням, гайки можна змінювати кут відхилення магнітної системи. Для огляду мастила зубчастого зачеплення і періодичної зміни олії в редукторі (1 раз на 6 міс.) у кришці барабана передбачений люк, що герметично закривається. Нижня частина барабана занурена у ванну, встановлену на поздовжніх балках рами. Внизу ванна має шість отворів для розвантаження хвостів зі спеціальним розвантажувальним механізмом важеля типу 10. Розвантажувальний жолоб кріпиться на поздовжній балці рами.

Барабан приводиться у обертання за допомогою приводу, що складається з електродвигуна, редуктора проміжної опори, шестірні та зубчастого колеса, насадженого на одну з кришок барабана. Електродвигун із редуктором з'єднаний за допомогою муфти.

Привід барабана встановлений на майданчику зверху ярма магнітної системи. Центрування зубчастої пари проводиться за допомогою прокладок під лапи редуктора та проміжної опори. Живлення електроенергією здійснюється по кабелю, що проходить через порожню цапфу нерухомої осі барабана. Барабани, ванни та живильники футеруються композитною сумішшю холодного затвердіння або гумуються зносостійкою гумою.

Розглянемо принцип роботи сепаратора ПБМ-ПП-120/250. Матеріал, що підлягає збагаченню у вигляді пульпи подається в завантажувальний короб з багатоступінчастим розподільником, завдяки чому рівномірно розтікається по ширині короба, потім по патрубках живлення і по лотку під магнітний барабан. Під дією магнітного поля сильномагнітні частинки матеріалу притягуються до поверхні обертового барабана. При виході із зони дії магнітного поля магнітні частинки відвалюються на лоток, що відводить їх у розвантажувальний жолоб. Для кращого відділення магнітних частинок від поверхні барабана та просування їх по лотку над барабаном встановлені бризки переливного типу. Вода в бризкалах і на розведення пульпи живлення в короб подається за допомогою водорозподільника.

Немагнітний матеріал (хвости) провалюється в щілину, розташовану всередині ванни під барабаном, осідає на дно і розвантажується через насадки, що мають змінні гумові вкладки різного перерізу.

У разі забивання отвору однієї або кількох насадок випадковими великими включеннями всі насадки за допомогою рукоятки розвантажувального механізму можуть бути відведені вбік, пронизані вниз потоком пульпи або прочищені металевим гаком.

Усередині ванни розташований зливний відсік із патрубком для розвантаження зливу.

### 1.3.2 Процес магнітної сепарації як об'єкт керування

Як керований об'єкт, процес магнітної сепарації характеризується наступними параметрами (рисунок 1.3).

Обурювальні впливи:  $\alpha$  – вміст заліза на вході;  $d$  – крупність матеріалу;  $\delta$  – густина пульпи;  $q$  – продуктивність.

Керуючі впливи:  $q_v$  – витрати додаткової води;  $H$  – напруженість магнітного поля;  $n$  – частота обертання барабана.

Вихідні показники:  $\beta$ ,  $\nu$  – вміст заліза відповідно в концентраті та хвостах;  $\gamma_\beta$  і  $\gamma_\nu$  – вихід відповідно концентрату та хвостів.

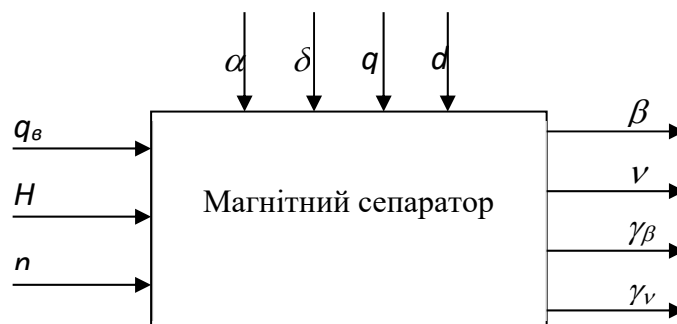


Рисунок 1.3 – Структура процесу магнітної сепарації.

Мета управління процесом магнітної сепарації - забезпечення максимальної продуктивності технологічної лінії при постійній якості концентрату та обмеження на втрати заліза у хвостах:



$$\begin{aligned}
Q &\rightarrow \max; \\
\beta_1 &< \beta < \beta_2; \\
v &\leq v_{\text{доп}},
\end{aligned}
\tag{1.1}$$

де  $Q$  – продуктивність технологічної лінії магнітного збагачення,  $\beta_1$  і  $\beta_2$  – нижня і верхня межі вмісту заліза в концентраті,  $v_{\text{доп}}$  – допустимий вміст заліза у хвостах.

Магнітний сепаратор (МС) як двопродуктовий апарат має два канали управління – якості концентрату та якості хвостів. Тому при виборі впливу, що управляє, необхідно враховувати його вплив на обидві вихідні змінні  $\beta$  і  $v$ .

Оскільки інерційність магнітного сепаратора невелика, вибір впливу, що управляє, можна виробляти за статичними характеристиками, враховуючи тільки чутливість керованих параметрів до керуючого впливу.

Можливі регулюючі дії процесу магнітної сепарації  $\delta$ ,  $q_v$ ,  $n_b$ ,  $H$  за чутливістю до них регульованих величин  $\beta$  і  $v$  можна розташувати у такому порядку: по каналах – «керівні дії – вміст заліза в концентраті»  $\delta$  – 0,02 %/(г/л);  $q_v$  ( $p_{\text{тв}}$  у ванні сепаратора) – 0,0167 %/(г/л);  $n_b$  – 2% (м/с);  $H$  – 0,025%/(кА/м); по каналах «керівні дії – вміст заліза у хвостах»  $H$  – 0,5%(кА/м);  $n$  (екстремальна залежність);  $q_v$  ( $p_{\text{тв}}$ ) – 0,00667 % (г/л);  $\delta$  – 0,00286 % (г/л).

Крім того, при виборі регулюючого впливу необхідно враховувати, що в конструкцію магнітного сепаратора важко вбудувати (з міркувань надійності роботи) будь-які периферійні пристрої для регулювання процесу. У зв'язку з цим утруднено застосування таких регулюючих впливів, як зміна частоти обертання сепаратора барабана і напруженості магнітного поля сепаратора. Зміна витрати води на кожен сепаратор  $q_v$  може вплинути на роботу інших сепараторів та викликати небажані явища.

МС працюють разом з подрібнювальними агрегатами, а останні змінюють продуктивність по жорсткому в широких межах. Отже, процес сепарації перебуває у нестабільних умовах. Нестабільність густини пульпи, що надходить на сепарацію, призводить до нестабільного режиму роботи сепаратора, внаслідок коливань навантаження на магнітний сепаратор через зміну продуктивності циклу подрібнення при мінливості гранулометричного складу та фізико-механічних властивостей вихідної руди. Тому для управління (стабілізації)

якістю концентрату необхідно регулювати густину пульпи, що надходить у процес сепарації, причому при збагаченні крупнокраплених руд підвищення якості концентрату необхідно підвищувати густину пульпи, а при збагаченні тонкокраплених руд – зменшувати її.

Густину пульпи, що надходить на сепарацію, найбільш раціонально регулювати зміною густини зливу апарату, що класифікує, попереднього магнітної сепарації.

Стабілізація якості концентрату у заданих межах  $\beta_1 \leq \beta \leq \beta_2$  не гарантує стабілізацію втрат заліза у хвостах магнітної сепарації, які можуть вийти за встановлені межі:  $v \leq v_{\text{доп}}$ . Для їх стабілізації необхідно мати ще один регулюючий вплив, чутливість до якого каналу  $v$  значно більше чутливості каналу  $\beta$ . З наведених вище даних очевидно, що найбільше підходить як регулюючий вплив по каналу  $v$  напруженість магнітного поля сепаратора  $H$  [чутливість по каналу  $v$  0,5 % (кА/м); каналом  $\beta$  0,025 % (кА/м)].

На рисунку 1.4, а...г представлені статичні характеристики магнітного сепаратора - графіки залежностей  $\beta$  і  $v$  від  $H$ ,  $n$ ,  $\delta$ ,  $r_{\text{тв}}$ .

Зі збільшенням створюваної магнітної системою МС напруженості магнітного поля  $H$  збільшується магнітна сила вилучення частинок і флокуляція у ванні починається раніше. У цьому випадку на барабан магнітного сепаратора витягуються бідніші зростки, і концентрат  $\beta$  виходить найгіршої якості. Звичайно, втрати магнетиту в хвостах  $v$  знижуються (рис. 1.4 а). Із зменшенням напруженості поля  $H$  відносно номінального значення  $H_0$  спостерігається зворотне явище. Флокуляція починається пізніше, тому у флокули захоплюється менша кількість немагнітних частинок, якість концентрату зростає, а втрати магнітного заліза в хвостах зростають, оскільки частина магнітних частинок із зони вилучення піде в хвости. Такі явища притаманні всім типів магнітних сепараторів.

Зі зменшенням частоти обертання барабана МС на його поверхні почне збільшуватися шар концентрату  $\beta$ , що призводить до зменшення вхідного отвору до зони хвостів. Разом з тим об'ємна витрата пульпи через сепаратор залишається незмінною, і вся вона практично проходить через магнітний сепаратор. Швидкість закінчення пульпи на вході зони отримання магнетиту частинок



пульпи захоплюється разом з ним і рухається назустріч потоку в зону вилучення. Швидкість пульпи в цій зоні різко збільшиться, і хвості піде частина магнітного матеріалу. Якість концентрату збільшиться, так як довжина флокул на барабані зменшиться зі збільшенням  $n$ , отже, зменшиться ймовірність їх засмічення немагнітними та слабомагнітними частинками.

Застосування керуючих впливів  $H$  і  $n$  нині обмежено переважно щодо малої продуктивності магнітних сепараторів. З виробництвом сильних сепараторів широке використання керуючих впливів  $H$  і  $n$  стане більш можливим.

При зміні об'ємної витрати пульпи, як правило, змінюється і відсоток твердого  $r_{тв}$  в ванні сепаратора. Змінну  $r_{тв}$  можна регулювати подачею додаткової води у ванну сепаратора або зміною витрати твердої фази зі зливу попереднього класифікуючого апарату, встановленого перед МС. Збільшення вмісту твердого в пульпі зміною кількості твердої фази призводить до зменшення відстані між частинками у ванні сепаратора, що спричиняє збільшення захоплення немагнітного матеріалу в концентрат і, як наслідок, погіршення якості концентрату  $\beta$  (рис. 1.4, в). Також поводитиметься змінна  $\beta$  при зменшенні витрати води у ванну сепаратора (збільшення  $r_{тв}$  на рис. 1.4, г). Втрати магнетиту у хвостах  $v$  у першому випадку збільшиться (рис. 1.4, в), а в другому – зменшиться (рис. 1.4, г), що пов'язано зі зміною швидкості закінчення пульпи у ванні магнітного сепаратора.

Зменшення витрати твердого у ванну сепаратора призводить до збільшення якості концентрату та зменшення втрат у хвостах (рис. 1.4, в), збільшення витрати додаткової води у ванну – до збільшення  $\beta$  і  $v$  (рис. 1.4, г).

#### **1.4 Відомі рішення в даній галузі**

Як було показано раніше, керувати якістю промпродукту найбільш доцільно шляхом зміни зливу апарату, що класифікує, попереднього магнітного сепаратору.

На рис. 1.5 наведено функціональну схему системи автоматичного управління (САУ) вмістом магнітного заліза в промпродукті  $\beta$  магнітного сепаратора МС першою стадією збагачення.

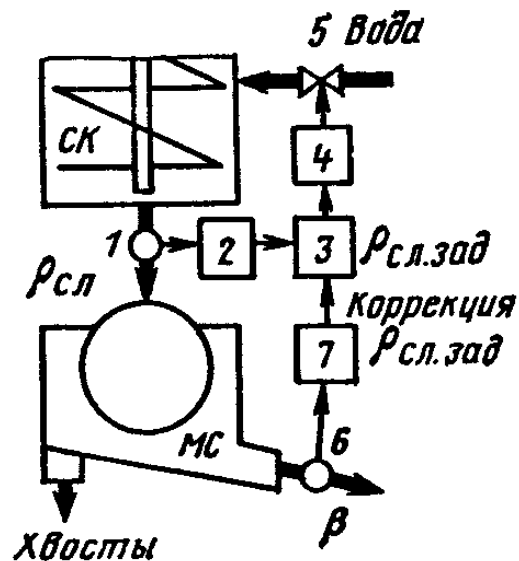


Рисунок 1.5 – Функціональна схема САУ вмісту магнітного заліза у промпродукті магнітного сепаратора першої стадії

Ця САУ призначена для підтримання заданого значення  $\beta_{\text{зад}}$  шляхом коригування завдання системі автоматичної стабілізації густини пульпи  $\rho_{\text{сл.зад}}$  зливу класифікатора. Система автоматичної стабілізації густини зливу класифікатора  $\rho_{\text{сл}}$  містить датчик щільності 1, вторинний прилад 2, регулятор 3, виконавчий механізм 4, регулюючий орган 5.

Задане значення щільності  $\rho_{\text{сл.зад}}$  сл.зад у зливі класифікатора СК коригується виконавчим двигуном вторинного приладу 7, який вимірює поточне значення  $\beta$  датчиком 6. При зміні фізико-механічних та хіміко-мінералогічних властивостей вихідної руди, що визначаються так само її текстурно-структурними ознаками, змінюється ступінь розкриття рудних мінералів у зливі класифікатора СК, що призводить також і до зміни якості промпродукту  $\beta$  щодо заданого значення  $\beta_{\text{зад}}$ .

На рисунку 1.6, а наведено функціональну схему САУ магнітними сепараторами перших стадій Як додатковий регулюючий вплив на втрати магнетиту в хвостах використовується зміна струму в котушках магнітної

системи сепаратора, встановлених у концентричній зоні сепаратора і створюють там підвищену напруженість магнітного поля.

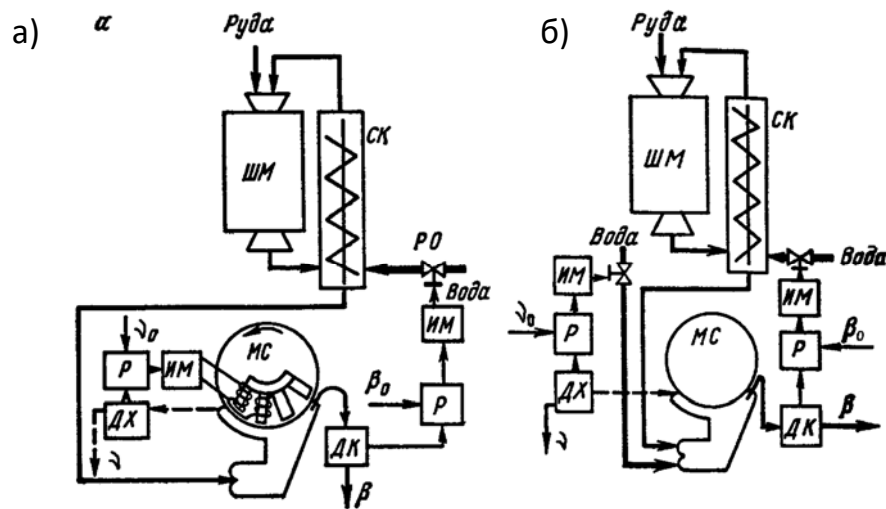


Рисунок 1.6 – Функціональна схеми САУ магнітними сепараторами першої стадії з додатковим впливом на  $v$  шляхом зміни напруженості магнітного поля (а) та витрати додаткової води у ванну сепаратора (б)

На рисунку 1.6 МЗ – магнітний сепаратор; ШМ - кульовий млин; СК – спіральний класифікатор; ДК – датчик вмісту магнітного заліза у промпродукті; ДХ – датчик втрат магнетиту у хвостах; Р – регулюючий орган

Додатковим регулюючим впливом на втрати магнетиту в хвостах можливо зміна витрати додаткової води у ванну сепаратора, що впливає з аналізу статичних показників на рисунку 1.4 г. Функціональна схема такої системи автоматичного управління МС наведена на рисунку 1.6, б. Недоліком такої САУ є те, що цю систему управління доцільно застосовувати при сепарації дуже розбавлених пульп, коли  $\rho_v < 25\%$ .

## 1.5 Постановка завдання

Для підвищення ефективності управління процесом магнітної сепарації на гірничозбагачувальному комбінаті в бакалаврській роботі поставлені такі завдання:

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

- на основі даних пасивних експериментів виконати структурну та параметричну ідентифікацію статичних режимів роботи магнітного сепаратора:
  - 1) густина пульпи в живлені магнітного сепаратора – вміст магнітного заліза в концентраті;
  - 2) густина пульпи в живлені магнітного сепаратора – вміст магнітного заліза в хвостах;
- - оцінити адекватність статичних моделей за критерієм Фішера;
- - запропонувати структурну схему мікропроцесорної системи для реалізації системи автоматичного регулювання процесом магнітної сепарації.

## **2 РОЗРОБКА АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ**

### **2.1 Розробка структурної схеми підсистеми керування**

У кваліфікаційній роботі, в якості об'єкту керування, обрано технологічне обладнання – магнітний сепаратора ПБМ-ПП-120/250 технологічного процесу збагачення залізної руди.

Магнітна сепарація є одним із основних методів збагачення корисних копалин - доведенні мінеральної сировини до необхідної концентрації.

Матеріал, що підлягає збагаченню у вигляді пульпи подається в завантажувальний короб з багатоступінчастим розподільником, завдяки чому рівномірно розтікається по ширині короба, потім по патрубках живлення і по лотку під магнітний барабан. Під дією магнітного поля сильномагнітні частинки матеріалу притягуються до поверхні обертового барабана. При виході із зони дії магнітного поля магнітні частинки відвалюються на лоток, що відводить їх у розвантажувальний жолоб. Немагнітний матеріал (хвости) провалюється в щілину, розташовану всередині ванни під барабаном, осідає на дно і розвантажувється через насадки, що мають змінні гумові вкладки різного перерізу.

Як керований об'єкт, процес магнітної сепарації характеризується наступними параметрами.

Керуючі впливи:

- витрати додаткової води;
- напруженість магнітного поля;
- частота обертання барабана.

Вихідні показники:

- вміст заліза в концентраті;
- вміст заліза в хвостах;
- продуктивність виходу концентрату та хвостів.
- продуктивність виходу та хвостів.



Керуючі впливи такі як, напруженість магнітного поля та частота обертання барабана мають, незначний кореляційний ефект на процес магнітної сепарації, тому на першому етапі автоматизації вони не будуть використовуватися в якості керуючих впливів. Регулювання процесу сепарації буде відбуватися завдяки продуктивності насосу подачі додаткової води.

Таким чином до мінімального складу структури керування магнітним сепаратором ПБМ-ПП-120/250 продуктивністю 120 т/г, за вхідними і вихідними сигналами, мають входити наступні сигнали.

Вхідні сигнали:

- |  |            |
|--|------------|
| – вміст заліза в концентраті, %                | 50...90;   |
| – вміст заліза в хвостах, %                    | 0...20;    |
| – щільність пульпи на вході, кг/м <sup>3</sup> | 0...3 000; |
| – витрати пульпи на вході, т/г                 | 100...120; |

Вихідні сигнали керування:

- |   |            |
|---|------------|
| – насос подачі додаткової води, кВт / В     | 2,8 /~380; |
| – магнітна система, кВт / В                 | 12 /~380;  |
| – електропривід обертання барабана, кВт / В | 2,8 /~380. |

Слід окремо відзначити, що треба забезпечити можливість регулювання витрат додаткової води, тобто забезпечити «лінійний» режим роботи електроприводу насоса подачі додаткової води.

Мета управління процесом магнітної сепарації - забезпечення максимальної продуктивності технологічної лінії при постійній якості концентрату та обмеження на втрати заліза у хвостах.

Роботою магнітного сепаратора ПБМ-ПП-120/250 керує програмований логічний контролер (рис. 2.1).

Датчики вмісту заліза в концентраті, вмісту заліза в хвостах, щільності пульпи на вході, витрати пульпи на вході забезпечують необхідною інформацією систему керування з метою організації заданої за технологічними параметрами режимами роботи магнітного сепаратора ПБМ-ПП-120/250.

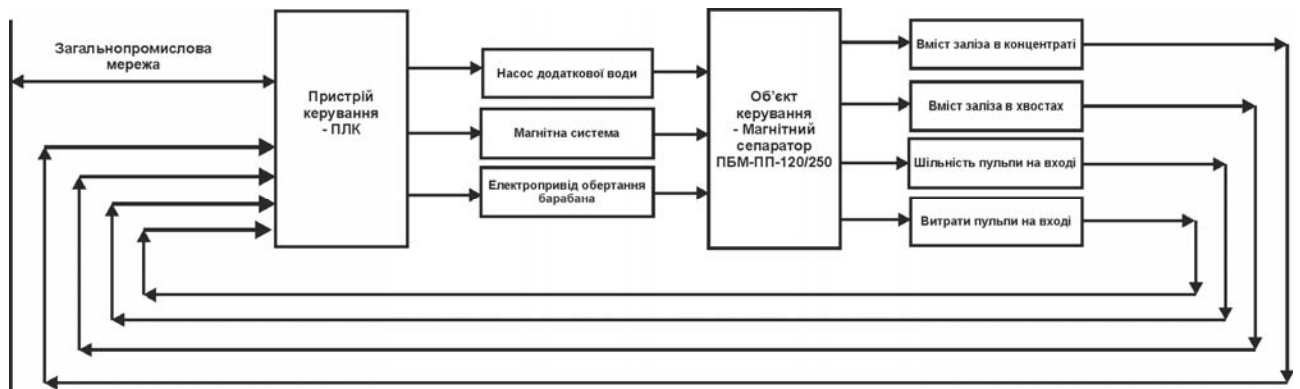


Рисунок 2.1 – Структурна схема підсистеми керування

Підсистема керування має забезпечити максимальну продуктивність технологічної лінії при постійній якості концентрату та обмеження на втрати заліза у хвостах.

Роботою магнітного сепаратора ПБМ-ПП-120/250 керує автоматичний регулюючий прилад, який має вихідні сигнали керування:

- насос додаткової води (лінійне керування);
- магнітна система (дискретне керування);
- електропривід обертання барабана (дискретне керування).

## 2.2 Вибір апаратного забезпечення підсистеми керування

### 2.2.1 Вибір датчиків

Відповідно до технічних характеристик необхідно вимірювати вміст заліза в концентраті у діапазоні 50...90 %, та вміст заліза в хвостах, у діапазоні 0...20.

Для вимірювати вмісту заліза в концентраті та вмісту заліза в хвостах застосуємо концентратомір кондуктометричний (кондуктометр) КВЧ 5М (ТУ У 14082639.001-2000), який призначений для вимірювання:

- електропровідності водних розчинів і пульп;
- концентрації кислот, солей і лугів у водних розчинах;

КВЧ 5М має основні параметри:

- безелектродний чутливий елемент штирьового або тороїдального типу;

- має можливість підключення двох датчиків до одного блоку (один прилад замінює два);
- кислото-лужне захисне покриття датчика;
- вбудовану термокомпенсацію;
- аналоговий (0...5, 4...20 або 0...20 мА) вихідні сигнали;
- можливість установки стандартного цифрового виходу RS-485;
- до 8 порогів сигналізації по температурі, концентрації або провідності;
- установку порогів сигналізації і вибір режимів індикації здійснюється користувачем за допомогою клавіатури на вимірювальному перетворювачі (блоці);
- має дворядний рідкокристалічний індикатор з підсвічуванням;
- має можливість застосування в різних середовищах, в т. ч. для контролю в'язких середовищ, скидів промислових виробництв, розчинів з абразивними включеннями, і плівкоутворюючих середовищ;
- має можливість розміщення вимірювального перетворювача безпосередньо в трубопроводі або ємності з аналізованої середовищем (глибина занурення чутливого елемента – до 2 500 мм);
- можливість роботи в складі АСУ ТП;

Концентратомір кондуктометричний (кондуктометри) КВЧ 5М використовується у хімічній промисловості застосовуються при виробництві кислот, лугів і сольових розчинів, а також у технологічних процесах їх використання (рис. 2.2).



Рисунок 2.2 – Концентратомір кондуктометричний КВЧ 5М

Таблиця 2.1 - Концентратомір кондуктометричний КВЧ 5М

№	Найменування параметра	Значення
1	Діапазон виміру, %	0...99,9
2	Розмір частки, мм	0...2
3	Фланцеве кріплення	Є
4	Тип аналогового виходу	4...20 мА
5	Тип дискретного виходу	NPN
6	Послідовний інтерфейс	RS-485
6	Напруга живлення, В	24
7	Потужність споживання, Вт	5

Відповідно до технічних характеристик, витрата пульпи на вході магнітного сепаратору у діапазоні 100...120 т/г (800...1000 л/хв). Отже, датчик витрати повинен забезпечувати вимір в діапазоні від 800 до 1 000 л/хв, працювати з рідиною в'язкістю 500 мм<sup>2</sup>/с і мати стандартний аналоговий вихід. Цим вимогам задовольняє витратомір компанії Kobold DZR-3006F018 з діапазоном виміру від 2 до 1 500 л/хв і аналоговим виходом 4...20 мА (рис. 2.3).



Рисунок 2.3 - Датчик витрати пульпи Kobold DZR - 3006F018

Технічні характеристики датчика витрати пульпи приведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Технічні характеристики датчика витрати пульпи

№	Найменування параметра	Значення
1	Діапазон виміру, л/мін	2...1 500
2	Максимальний розмір частки, мм	2
3	Фланцеве кріплення	Є
4	Тип аналогового виходу	4...20 мА
5	Послідовний інтерфейс	RS-485
6	Напруга живлення, В	24
7	Потужність споживання, Вт	3

Для виміру щільності пульпи витрата пульпи на вході магнітного сепаратору стандартним рішенням є використання радіоізотопного щільноміру.

Його основні переваги - безконтактність, точність і надійність. У зв'язку з обмеженнями на переміщення радіоактивних компонентів датчик повинен робитися на території України. Крім того датчик повинен мати один із стандартних аналогових виходів. Цим вимогам задовольняє датчик, що виробляється в м. Харкові компанією ТОВ «НПП ТЕТРА» ПРИЗ-Т (рис. 2.4).



Рисунок 2.4 - Радіоізотопний щільномір ПРИЗ-Т

Технічні характеристики щільноміру ПРИЗ-Т приведені в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 - Технічні характеристики щільноміру ПРИЗ-Т

№	Найменування параметра	Значення
1	Щільність рідин, кг/м <sup>3</sup>	0...3 000
2	Абсолютна погрішність, кг/м <sup>3</sup>	±0,02
3	Частота вимірів, Гц	1000
4	Час виходу на робочий режим, мін	30
5	Аналоговий вихід, мА	4...20
6	Послідовний інтерфейс	RS - 485
7	Напруга живлення, В	24 В
8	Потужність споживання, Вт	7

На підставі обраних датчиків та їх технічних характеристик складена таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Датчики

№	Назва параметру	Принцип дії	Тип	Діапазон змінення	Точність	Значення виходу	Період оновлення	Напруга живлення	Потужність споживанн
1	Вміст заліза в концентрації	Електрорівність.	Аналоговий	0...99,9%	±0,5 %	4...20 мА	0,1 с	24 В	5 Вт
2	Вміст заліза в хвостах								
3	Витрати пульпи	-	Аналоговий	2...1 500 л/мін	±0,5 %	4...20 мА	0,1 с	12...24 В	3 Вт
4	Щільність пульпи	-	Аналоговий	0...3 000 кг/м <sup>3</sup>	±0,5 %	4...20 мА	0,1 с	12...24 В	7 Вт

### 2.3.2 Вибір виконавчих пристроїв

В системі керування мають бути вихідні ланцюг узгодження з наступним технологічним електрообладнанням:

- насос додаткової води, кВт / В 2,8 /~380;
- магнітна система, кВт / В 12 /~380;
- електропривід обертання барабана, кВт / В 2,8 /~380.

Для приводу насос додаткової води використовуються асинхронні трьох фазні електроприводи потужністю 2,8 кВт. Згідно з завданням система керування повинна реалізовувати плавне регулювання продуктивності її роботи. Таким чином керування електроприводом повинно бути лінійним (безперервним), тобто треба забезпечувати пропорційне керування. Таким чином для керування електроприводом обрано трьох фазний частотний перетворювач Altivar Process ATV930U55N4 на потужність 5,5 кВт з аналоговим входом 4...20 мА, та RS-485 (рис. 2.5).

Технічні характеристики частотного перетворювача наведені в таблиці 2.5.



Рисунок 2.5 – Частотний перетворювач Altivar Process ATV930U55N4

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики частотного перетворювача Altivar Process ATV930U55N4

Найменування параметра	Значення
Тип	Скалярний
Напруга живлення, В	~320...~550
Потужність, кВт	5,5
Діапазон частот, Гц	0...240
Діапазон аналогового сигналу управління, мА	4...20
Інформаційний канал	RS-485
Ступінь захисту	IP20

Для дискретного керування магнітною системою (~380 В/ 12 кВт), та електроприводом обертання барабана (~380 В, 2,8 кВт) з метою уніфікації компонентів використовуємо трифазне твердотільне реле змінного струму Jotta SSR 60DA, 480 В, з керуванням 0...24 В постійною напругою, яке будемо використовувати у дискретному режимі керування - 0 або 24 В.



Рисунок 2.6 – Трифазне твердотільне реле Jotta SSR 25DA (3x~380 В, 0...24 В)

Таблиця 2.6 – Технічні характеристики трифазного твердотільне реле Jotta SSR 60DA

Найменування параметра	Значення
Тип	NBR
Напруга навантаження, В	~600 В
Струм навантаження, А	0...25
Напруга керування, В	0...24

На підставі наведеного вище для виконавчих пристроїв, та їх технічних характеристик складена таблиця 2.7.

Таблиця 2.7 – Виконавчих пристроїв

№	Назва параметру	Принцип дії	Тип	Діапазон змін	Лінійність	Значення входу	Період оновлення	Напруга живлення	Потужність споживання
1	Насос додаткової води	4...20 мА	Пропорційний	0...100 %	Лінійний	-	115 кбод/с	24 В	0,5 Вт
2	Магнітна система	0; 24 В	Дискретний	0, 100 %	Не лінійний	вкл. / викл.	100 мс	24 В	0,5 Вт
3	Електропривід обертання барабана	0; 24 В	Дискретний	0, 100 %	Не лінійний	вкл. / викл.	100 мс	24 В	0,5 Вт

### 2.3.3 Вибір пристроїв керування

Відповідно вимогам до підсистеми керування, що розробляється, в якості пристрою керування, треба використовуватися програмований логічний контролер компанії VIPA. Цикл роботи контролера повинен бути не більше 100 мс, для забезпечення необхідної реакції на змінення стану технологічних датчиків. Крім того контролер повинен мати не менш 1 кбайт вільної робочої пам'яті для реалізації програми керування.

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

До контролеру повинні бути підключені чотири датчика, які мають уніфікований стандартний тип виходу 4...20 мА – це датчики вмісту заліза в



концентраті, вмісту заліза в хвостах, щільності пульпи на вході, витрати пульпи на вході.

Трьох фазний частотний перетворювач Altivar Process ATV930D55N4 за допомогою аналогового входу 4...20 мА керує продуктивністю насосу додаткової води.

Для дискретного керування магнітною системою, та електроприводом обертання барабана використано трифазне твердотільне реле змінного струму, з керуванням 0...24 В постійної напруги.

Так як підсистема керування технологічним обладнанням – магнітним сепаратором ПБМ-ПП-120/250 повинена інтегруватися у загально-заводську автоматизовану систему керування технологічним обладнанням (АСК ТП), то вона повинна 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. 2.7). Технічні характеристики контролеру наведені в таблиці 2.8.



Рисунок 2.7 – Програмований логічний контролер VIPA 214-2BS33

Таблиця 2.8 – 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 усіх чотирьох датчиків, які мають стандартний струмовий сигнал 4...20 мА, обрано модуль аналогового вводу VIPA 231-1BD40, який має по чотири аналогові входи (рис. 2.8). Технічні характеристики модуля наведені в таблиці 2.9.



Рисунок 2.8 – Модуль аналогового вводу VIPA 231-1BD40

Таблиця 2.9 – 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 схема підключення датчика з типом вихідного сигналу 4...20 мА до модуля аналогового вводу наведена на рисунку 2.9.

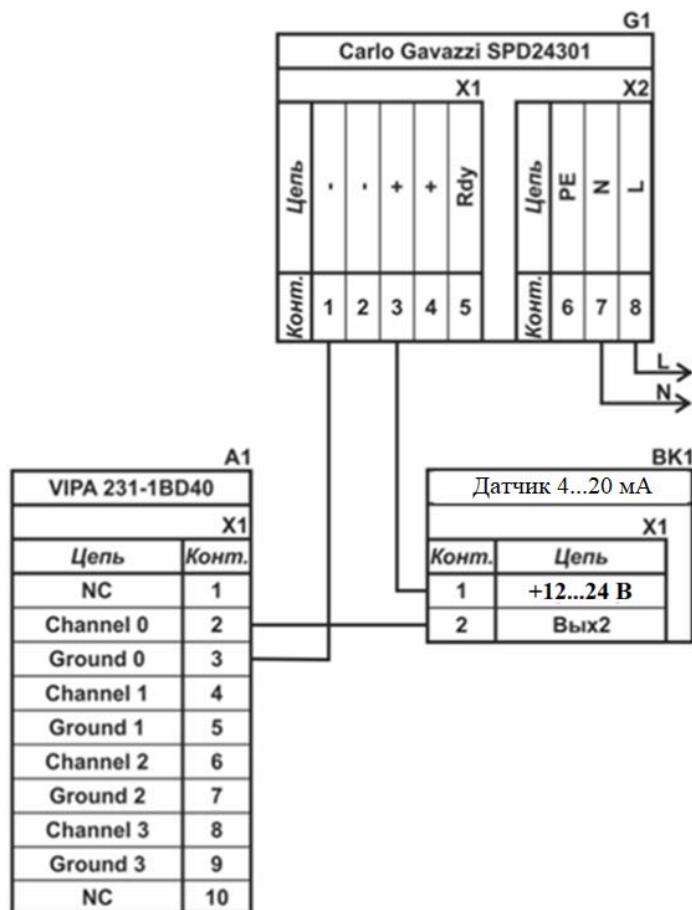


Рисунок 2.9 – Схема підключення датчика з типом вихідного сигналу 4...20 мА

До контролеру також має бути підключено частотний перетворювач для управління насосом додаткової води, який має вхідний струмовий канал керування 4...20 мА, тому потрібен один канал аналогового виводу з діапазоном аналогового сигналу 4...20 мА. Оберемо модуль VIPA 232-1BD40 у якому є чотирьох аналогових виходу 4...20 мА (рис. 2.10).

Технічні характеристики модуля наведені в таблиці 2.10.



Рисунок 2.10 – Модуль аналогового виводу VIPA 232-1BD40

Таблиця 2.10 – Технічні характеристики модуля дискретного виводу VIPA 232-1BD40

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	SM 231, ESO
2	Кількість каналів	4
3	Тип каналу	Аналоговий
4	Діапазон вхідного сигналу	комбінований
5	Довжина екранованого провідника, м	200
6	Споживана потужність, Вт	0.6

Схема підключення до модуля аналогового виводу наведена на рисунку 2.11.

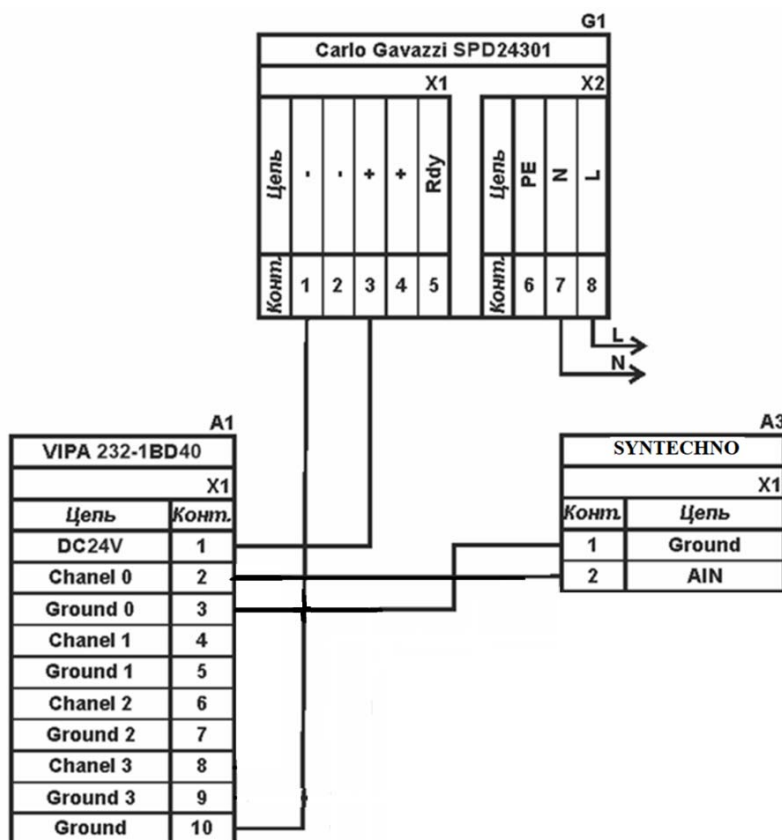


Рисунок 2.11 – Схема підключення до модуля аналогового виводу

До контролеру повинні бути підключені два дискретних каналів керування (тип виходу 0, +24 В) – керування магнітною системою та електроприводом обертання барабана, тому для підключення цих пристроїв обрано модуль дискретного вводу VIPA 222-1BF00 який має вісім каналів (рис. 2.12). Технічні характеристики модуля наведені в таблиці 2.11.



Рисунок 2.12 – Модуль дискретного виводу VIPA 222-1BF00

Таблиця 2.11 – Технічні характеристики модуля дискретного виводу VIPA 222-1BF00

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	SM 222
2	Кількість каналів	8
3	Тип каналу	Дискретний
4	Діапазон вихідного сигналу, В	0...24
5	Максимальний струм вихідного сигналу, А	1
6	Довжина екранованого провідника, м	600
7	Споживана потужність, Вт	0,5

Схема підключення до модуля дискретного виводу наведена на рисунку 2.13.

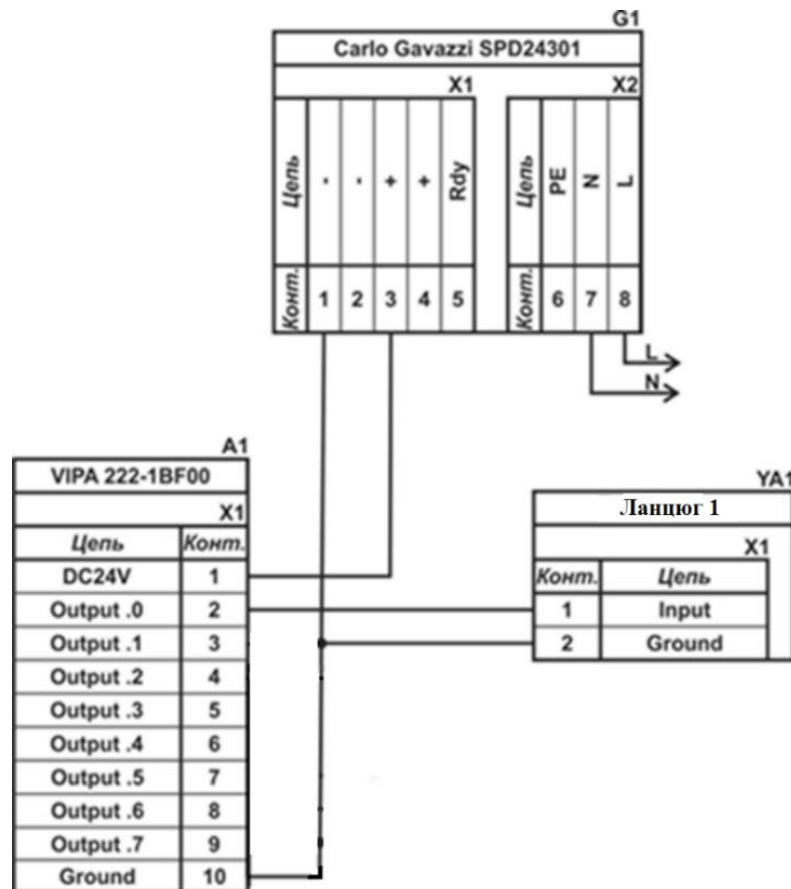


Рисунок 2.13 – Схема підключення дискретних пристроїв узгодження

Відповідно до схеми підключення модуль має вісім незалежних каналів, кожний з яких може бути використаний для керування дискретним виконавчим пристроєм з напругою +24 В. Блок живлення підключено до 1 та 10 входів модуля. Для прикладу показана схема підключення умовного ланцюга 1 (одного з двох). Відповідний вихід модуля 2 підключено до входу пристрою узгодження (Ланцюг 1). Земляний вихід пристрою узгодження підключено до земляного входу блока живлення. Аналогічно підключено інші ланцюги пристроїв узгодження навантаження, але до відповідних до виходів цього модуля.

Так як підсистема керування технологічним обладнанням – магнітним сепаратором ПБМ-ПП-120/250 повинна інтегруватися у загально-заводську автоматизовану систему керування технологічним обладнанням (АСК ТП) з пультом оператора, в якості якого виступає персональний комп'ютер, необхідно організувати мережу за допомогою інтерфейсу RS-485. Обраний програмований логічний контролер VIPA 214-2BS33 має інтерфейс RS-485. Схема підключення персонального комп'ютеру до програмованого логічного контролеру наведена на рисунку 2.14.

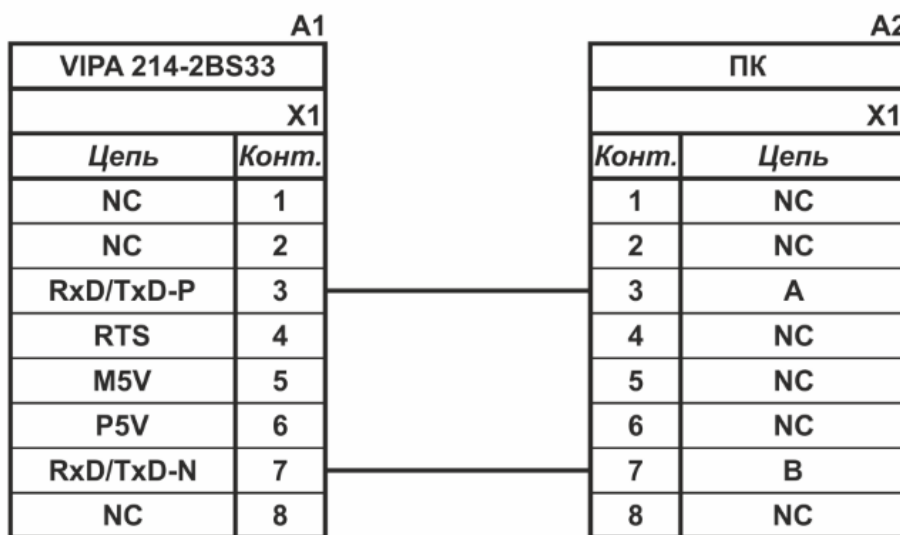


Рисунок 2.14 – Схема підключення по інтерфейсу RS-485

На підставі обраного програмованого логічного контролера та його модулів складена таблиця 2.12.

Таблиця 2.12 – Пристрій керування та його модулі

№	Назва модуля	Пристрій	Напруга живлення	Потужність споживання
1	VIPA 214-2BS33	Центральний процесорний модуль	24 В	5.00 Вт
		Зв'язок - АСК ТП		
2	VIPA 231-1BD40	Модуль аналогового вводу	24 В	0.6 Вт
		Вміст заліза в концентраті	24 В	1.0 Вт
		Вміст заліза в хвостах	24 В	1.0 Вт
		Витрати пульпи	24 В	1.0 Вт
		Щільність пульпи		
3	VIPA 222-1BD00	Модуль дискретного вводу	24 В	2.0 Вт
		Магнітна система	24 В	0.5 Вт
		Електропривід обертання барабана	24 В	0.5 Вт
4	VIPA 232-1BD40	Модуль аналогового вводу	24 В	2.0 Вт
		Насос додаткової води	24 В	0.5 Вт

### 2.3.4 Вибір джерел живлення

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

$$P = 5,0 + 1 * 0,6 + 1 * 2,0 = 7,6 \text{ Вт.} \quad (2.1)$$

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. 2.15). Технічні характеристики блока живлення наведені в таблиця 2.13.



Рисунок 2.16 – Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301

Таблиця 2.13 – 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 наведено на рисунку 2.17.

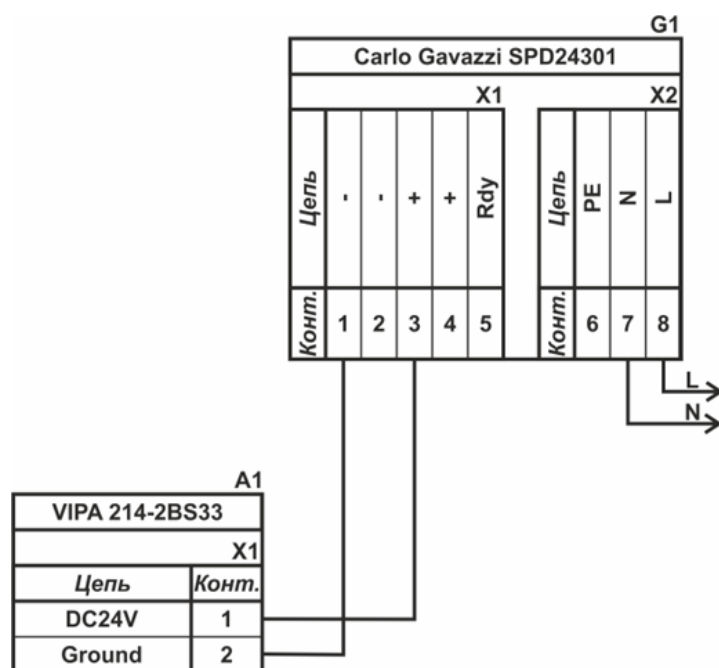


Рисунок 2.17 – Схема підключення програмованого логічного до блока живлення

Виконавши аналіз обраного обладнання можливо зробити вивід, що зовнішній блок живлення потрібен для живлення чотирьох датчиків - вміст заліза в концентраті, вміст заліза в хвостах, щільність пульпи на вході, витрати пульпи на вході. Таким чином потужність споживання за напругу живлення +24 В становитиме:

$$P = 1 * 5,0 + 1 * 3,0 + 1 * 7,0 = 15,0 \text{ Вт.} \quad (2.2)$$

Виходячи з потужності споживання датчиків та виконавчого пристрою 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 технологічним обладнанням процесу збагачення залізної руди - магнітним сепаратором ПБМ-ПП-120/250 розроблена функціональна схема автоматизації, яка наведена на рисунку 2.18.

У якості пристрою керування магнітним сепаратором ПБМ-ПП-120/250 використовується програмований логічний контролер (UY 7) – VIPA 214-2BS33. Програмований логічний контролер підключено до технологічного обладнання АСУ ТП, за що відповідає система автоматизації більш високого рівня (UY 8), зв'язок між ними реалізовано за допомогою інтерфейсу RS-485.

Для вимірювання витрати пульпи матеріалу на вході магнітного сепаратору використовується датчик (FE 1-1 - Kobold DZR - 3006F018) та перетворювачів 4...20 мА (FT 1-2 - Kobold DZR - 3006F018).

Для вимірювання щільності пульпи матеріалу на вході магнітного сепаратору використаємо радіоізотопний щільномір ПРИЗ-Т (DE 2.1 – ПРИЗ-Т) та перетворювачів 4...20 мА (DT 2.2 – ПРИЗ-Т).

Для виміру концентрації заліза у пульпи концентрату та хвостів на вході магнітного сепаратору стандартним рішенням є використання концентратоміру кондуктометра (FE 3.1 – KBЧ 5M), (FE 3.2 – KBЧ 5M) та перетворювачі 4...20 мА (FT 3.2).

На підставі отриманих первинних значень з відповідних датчиків програмований логічний контролер (UY 7 – VIPA 214-2BS33) формує керуючі впливи по підтримці максимальної продуктивності технологічної лінії при постійній якості концентрату та обмеження на втрати заліза у хвостах.

Для керування продуктивністю насосу подачі додаткової води використовуються трьох-фазні частотний перетворювачі (NS-4 Altivar Process ATV930D55N4).

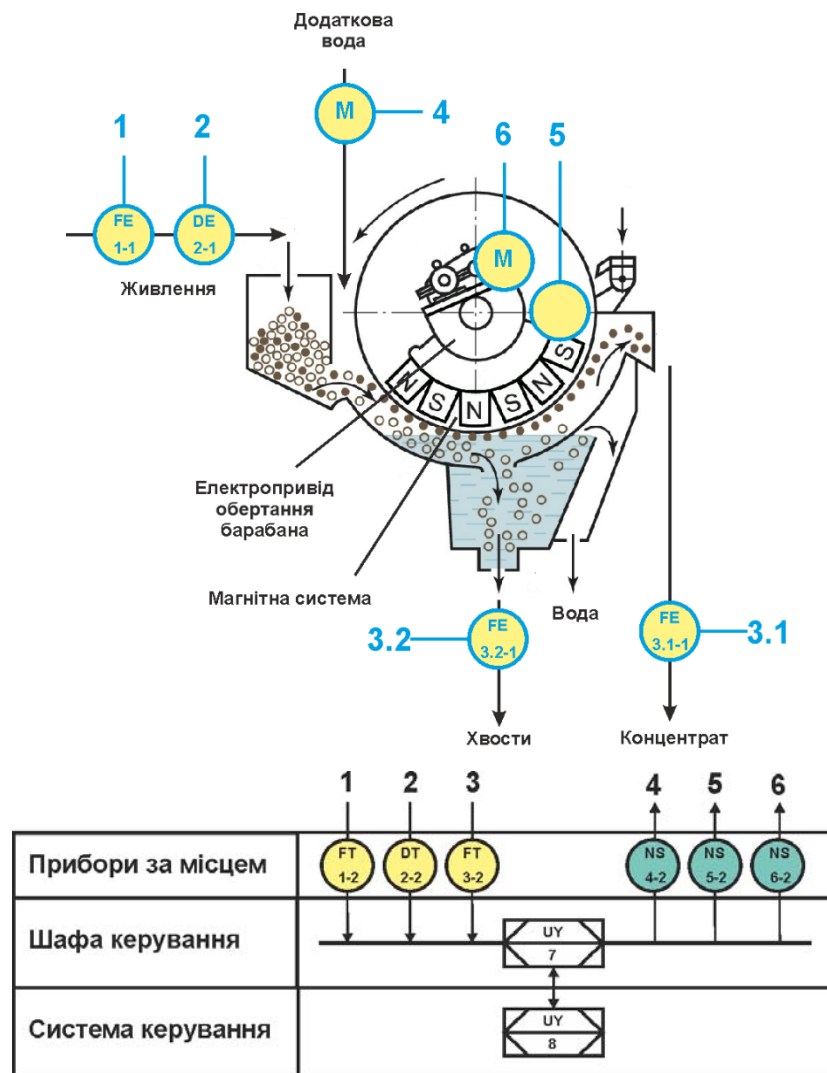


Рисунок 2.18 – Функціональна схема автоматизації сепаратору СУ-200

Для дискретного керування магнітною системою використовуються трьох-фазне твердотільне реле (NS-5 Jotta SSR 25DA) з керування 0; 24 В.

Для дискретного керування електроприводом обертання барабану використовуються трьох-фазне твердотільне реле (NS-6 Jotta SSR 25DA) з керування 0; 24 В.

## 2.5 Розробка схеми електричної принципової

На основі функціональної схеми автоматизації та обраного апаратного забезпечення розроблена схема електрична принципова системи керування технологічним обладнанням процесу збагачення залізної руди - магнітним сепаратором ПБМ-ПП-120/250 (рис. 2.19).

В підсистемі 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 виводу VIPA 232-1BF00 (A1 – X5), к датчикам витрати пульпи матеріалу (ВК1), щільність пульпи матеріалу (ВК2), концентрація заліза у концентраті (ВК3) та концентрація заліза у хвостах (ВК4).

Усі чотири аналогових датчика підключені до модулю аналогового вводу VIPA 231-1BD53 (A1 – X3) до каналів 0...3 за допомогою стандартного сигналу 4...20 мА.

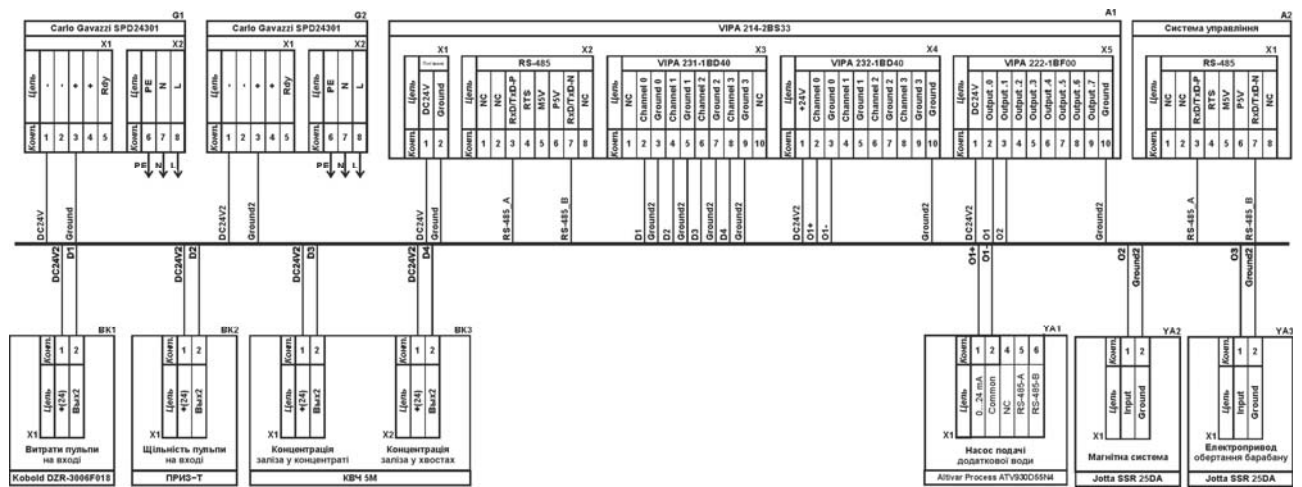


Рисунок 2.18 – Схема електрична принципова підсистеми керування

Для керування продуктивністю насосу подачі додаткової води використовуються трьох-фазний частотний перетворювачі YA1.

Для керування магнітною системою і електроприводом обертання барабану використовуються трьох-фазні твердотільні реле YA2 та YA3.

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

## 2.6 Висновки за розділом

У якості об'єкта керування виступає технологічне обладнання - магнітний сепаратор ПБМ-ПП-120/250.

У цьому розділі вибрано апаратно-програмні засоби для створення підсистеми, розроблена функціональна схема автоматизації, розроблена схема принципова підсистеми керування, складено перелік елементів до схеми електричної принципової.

### 3 ВИЗНАЧЕННЯ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

#### 3.1 Обґрунтування методу ідентифікації процесу магнітної сепарації

Раніше було зазначено, що магнітний сепаратор як об'єкт керування з точки зору динаміки має малу постійну часу. Тому керування даним об'єктом відбувається по статичним характеристикам. Причому найбільш прийнятним з точки зору фізичної реалізації є керування по каналам «густина пульпи в живленні магнітного сепаратора – вміст магнітного заліза в концентраті» і «густина пульпи в живленні магнітного сепаратора – втрати магнітного заліза в хвостах». Керуючий вплив треба вибирати таким чином, щоб досягти мінімуму втрат заліза у хвостах при забезпеченні вмісту заліза в концентраті не менше заданого.

Визначення структури і параметрів математичної моделі будь якого технологічного об'єкту можна виконати на основі аналітичного, експериментального і експериментально-аналітичного методів. У кожного із вказаних методів є свої переваги і недоліки.

Аналітичні методи ідентифікації спираються на фізичні закони, які мають місце у технологічних процесах, що вивчаються, а їхньою основою є рівняння матеріального і енергетичного балансів. Для процесу магнітної сепарації рівняння матеріального балансу має вигляд:

$$M_1 + M_2 + M_3 = M_4 + M_5 + M_6 \quad (3.1)$$

де  $M_1, M_2$  – кількість твердої фази і води у пульпі, що поступає на вхід магнітного сепаратора відповідно,  $M_3$  – кількість води, що додатково поступає у ванну магнітного сепаратора,  $M_4, M_5, M_6$  – кількість концентрату, хвостів і води на виході магнітного сепаратора відповідно.

Враховуючі надалі фізичні закони, за якими відбуваються зміни компонент в (3.1) можна встановити шукані залежності.

Перевагою такого підходу в тому, що отримані залежності між змінними величинами, будуть справедливими в будь-якій точці земної кулі. Коефіцієнти в таких моделях матимуть фізичні розмірності.

Суттєвим недоліком аналітичної ідентифікації є принципова неможливість описати взаємодію різних за природою фізичних процесів в технологічних апаратах, якщо вони мають стохастичний характер.

Очевидно, що даний підхід складно застосувати для вивчення статичних закономірностей процесу магнітного сепаратора, оскільки взаємодія електромагнітних і механічних процесів в ньому відбуваються у заздалегідь непередбачуваний спосіб і має стохастичний характер.

Експериментальні методи ґрунтуються на обробці, як правило статистичної, даних про хід технологічного процесу, отриманих в ході проведення досліджень безпосередньо в промислових умовах [4,5]. Причому дослідження можуть проводитися як заздалегідь складеним планом щодо змін деяких вхідних впливів (активний експеримент), так і шляхом спостереження за змінами вхідних і вихідних величин в нормальних умовах роботи технологічного об'єкту (пасивний експеримент).

Перевагою активного експерименту є відносно швидке отримання шуканої залежності між змінними величинами в усьому діапазоні їхніх змін. Недоліком же є тимчасове вилучення досліджуваного об'єкту з технологічної лінії, що неминуче призводить до економічних втрат.

Перевагою пасивного експерименту є не втручання в хід технологічного процесу, що унеможливує економічні втрати. Але, щоб отримати необхідну залежність між вхідними і вихідними величинами в усьому діапазоні їхніх змін, необхідно багато часу. Останнє пояснюється тим, що зміна якісних і кількісних показників вхідних матеріалів відбувається дуже повільно.

Незважаючи на вказаний недолік пасивного експерименту він є найбільш поширеним і тому є прості пояснення. Отримана математична модель з обмеженим діапазоном змін вхідних величин може доволі довгий час використовуватися для розв'язання технологічних, конструкторських задач і задач керування. А потім відбувається уточнення коефіцієнтів моделі, які в даному випадку не мають розмірності.

Слід також зазначити, що отримані в результаті обробки експериментальних даних математичні моделі, не мають універсального характеру і можуть застосовуватись лише в тих умовах за яких були отримані.

Експериментально-аналітичний метод застосовується в тих випадках коли структура моделі відома і містить коефіцієнти, які треба уточнити для конкретних умов ведення технологічного процесу. Для процесу магнітної сепарації відсутні узагальнюючі дані про структуру його математичної моделі.

Таким чином на основі проведеного аналізу найбільш придатним для виявлення шуканих статичних залежностей є пасивний експеримент.

### **3.2 Методика дослідження статичних характеристик об'єкта автоматичного керування**

Визначимо шукані математичні моделі процесу магнітної сепарації на основі регресійного аналізу, який набув широкого застосування для обробки даних пасивного експерименту. Сутність даного методу полягає в наступному [6, 7].

Нехай на вхід об'єкта, що досліджується, надходять фактори  $x_1, x_2, \dots, x_k$ . Дані фактори впливають на вихідну величину  $y$ .

Величина  $y$  складатиметься з детермінованої складової  $f(x_1, x_2, \dots, x_k)$ , обумовленої впливом та зміною факторів  $x_1, x_2, \dots, x_k$ , та складової  $\xi$ , обумовленої дією випадкових факторів:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_k) + \xi \quad (3.2)$$

Якщо кількість випадкових факторів, які впливають на технологічний процес більше восьми (ця умова виконується для технологічних процесів), то складову  $\xi$  можна вважати розподіленою за нормальним законом з нульовим математичним очікуванням. Тоді детермінована складова  $f(x_1, x_2, \dots, x_k)$  буде представляти умовне математичне очікування значення  $y$  при даних значеннях  $x_1, x_2, \dots, x_k$ :

$$f(x_1, x_2, \dots, x_k) = M(y/x_1, x_2, \dots, x_k) = \bar{y}(x_1, x_2, \dots, x_k) \quad (3.3)$$

Функцію  $f(x_1, x_2, \dots, x_k)$  розкладають в ряд Тейлора в околі робочої точки:

$$\bar{y}(x_1, x_2, \dots, x_k) = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} x_i^2 + \sum_{\substack{j=1 \\ i>j}}^k \beta_{ij} x_i x_j + \dots \quad (3.4)$$

Вираз (3.4) можна представити в компактному вигляді, якщо виконати заміну змінних за правилом:  $x_0 = 1$ ;  $x_1^2 = x_{k+1}$ ;  $x_2^2 = x_{k+2}$ ; ...  $x_k^2 = x_{2k}$ ;  $x_1 x_2 = x_{2k+1}$ ;  $x_1 x_3 = x_{2k+2}$ ; ... Загальне число змінних тоді дорівнюватиме  $k' = C_{k+d}^k$ . Тут  $k$  – початкове число змінних,  $d$  – ступінь полінома, що визначає функцію  $\bar{y}(x_1, x_2, \dots, x_k)$ .

З урахуванням введених позначень вираз (3.4) можна представити в вигляді:

$$\bar{y}(x_1, x_2, \dots, x_k) = \sum_{i=0}^{k'} \beta_i x_i \quad (3.5)$$

Оскільки при обмеженій кількості експериментів неможливо точно розрахувати коефіцієнти  $\beta_i$ , то доводиться обмежитися визначенням оцінок  $\hat{\beta}_i = b_i$ . Тоді вираз (3.5) набуде вигляду:

$$\hat{y}(x_1, x_2, \dots, x_k) = \sum_{i=0}^{k'} b_i x_i \quad (3.6)$$

де  $\hat{y}(x_1, x_2, \dots, x_k)$  – оцінка математичного очікування  $\bar{y}(x_1, x_2, \dots, x_k)$ .

Рівняння (3.6) має  $k' + 1$  невідомий коефіцієнт. Для їх визначення кількість експериментів має бути не менше кількості невідомих коефіцієнтів.

Розглянемо експеримент з номером  $l$ . Позначимо через  $x_{il}$  ( $i = \overline{0, k'}$ ) і  $y_l$  значення  $x_i$  і  $y$  в цьому експерименті. Тоді вимірне значення  $y_l$  буде відрізнятися від розрахованого за формулою (3.6) на деяку величину  $\varepsilon$ , яку називають похибкою експерименту:

$$\varepsilon_l = y_l - \sum_{i=0}^{k'} b_i x_{il} \quad (3.7)$$

де  $l = \overline{1, N}$ ,  $N$  – кількість експериментів.



Оскільки окремі помилки носять випадковий характер, то коефіцієнти  $b_i$  знаходять із умови, щоб сума квадратів по всій сукупності експериментів була мінімальною:

$$S = \sum_{l=1}^N \left( y_l - \sum_{i=0}^{k'} b_i x_{il} \right)^2 = \min \quad (3.8)$$

Умовою мінімуму величини  $S$  є рівність нулю частинних похідних (3.8) по кожному із коефіцієнтів  $b_i$ :

$$\frac{\partial S}{\partial b_i} = -2 \sum_{l=1}^N \left( y_l - \sum_{i=0}^{k'} b_i x_{il} \right) x_{jl} = 0, \quad j = 0, k' \quad (3.9)$$

або після тотожних перетворень

$$\sum_{i=0}^{k'} b_i \sum_{l=1}^N x_{il} x_{jl} = \sum_{l=1}^N x_{jl} y_l, \quad j = 0, k' \quad (3.10)$$

Розв'язання системи рівнянь (3.10) виконують у матричній спосіб. Для цього множину невідомих коефіцієнтів представляють у вигляді вектору-стовпця  $B = (b_0, b_1, \dots, b_k)$ , результати вимірів вихідної величини – у вигляді вектору-стовпця  $Y = (y_1, y_2, \dots, y_l)$ , а зміни вхідної величини – у вигляді матриці результатів експериментів  $X$ :

$$X = \begin{pmatrix} x_{01} & \dots & x_{k1} \\ \dots & \dots & \dots \\ x_{0N} & \dots & x_{kN} \end{pmatrix} \quad (3.11)$$

Тоді вираз (3.10) можна записати у матричній формі:

$$X^T X B = X^T Y \quad (3.12)$$

де  $T$  – операція транспонування.

Розв'язанням рівняння (3.12) є:

$$B = (X^T X)^{-1} X^T Y \quad (3.13)$$

Вираз (3.13) легко реалізується в ППП MathCAD.

Слід зазначити, що визначення оцінок коефіцієнтів  $b_i$  провадиться за спотвореними перешкодами експериментальними даними. Тому для отримання точних оцінок число експериментів  $N$  має суттєво перевершувати число  $k' + 1$

коефіцієнтів. Різниця між числом спостережень і числом невідомих параметрів, які оцінюються шляхом спостережень, називається числом ступенів свободи експерименту  $n' = N - (k' + 1)$ .

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

Про правильність вибору ступеня полінома можна судити на підставі  $F$ -критерію. Для цього необхідно визначити суму  $S_R^2$  квадратів відхилень експериментальних значень  $y_i$  від отриманих по виразу (3.6)  $\hat{y}_i$ :

$$S_R^2 = \sum_{i=1}^N (\hat{y}_i - y_i)^2 \quad (3.14)$$

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

$$s_R^2 = \frac{S_R^2}{N} \quad (3.15)$$

Необхідно також визначити дисперсію  $s_y^2$ , яка характеризує помилку експерименту:

$$s_y^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2 \quad (3.16)$$

де  $\bar{y}$  – вибіркове середнє по всім результатам експерименту.

Після цього слід визначити  $F$ - відношення:

$$F = \frac{s_y^2}{s_R^2} \quad (3.17)$$

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

### 3.3 Визначення структури і параметрів об'єкта керування

Застосуємо розглянуту в п. 3.2 методику для визначення залежностей  $\beta = f_1(\delta)$  і  $\vartheta = f_2(\delta)$  за даними пасивного експерименту, представлених в таблиці 3.1 і таблиці 3.2.

Таблиця 3.1 - Результати пасивного експерименту для визначення  $\beta = f_1(\delta)$

№	$\delta$ , кг/л	$\beta$ , %	№	$\delta$ , кг/л	$\beta$ , %
1	1,25	52,5	11	1,48	50,7
2	1,43	51,8	12	1,56	46,3
3	1,67	43,1	13	1,34	52,3
4	1,62	46,0	14	1,50	50,0
5	1,54	48,1	15	1,52	48,8
6	1,31	52,6	16	1,65	45,7
7	1,46	51,7	17	1,41	51,8
8	1,42	51,3	18	1,55	47,9
9	1,59	47,5	19	1,45	51,4
10	1,32	52,6	20	1,40	51,4

Таблиця 3.2 - Результати пасивного експерименту для визначення  $\vartheta = f_2(\delta)$

№	$\delta$ , кг/л	$\vartheta$ , %	№	$\delta$ , кг/л	$\vartheta$ , %
1	1,25	12,1	11	1,48	10,3
2	1,43	10,7	12	1,56	9,8
3	1,67	10,0	13	1,34	10,8
4	1,62	10,3	14	1,50	10,0
5	1,54	10,1	15	1,52	9,9
6	1,31	11,7	16	1,65	9,8
7	1,46	10,6	17	1,41	10,6
8	1,42	10,3	18	1,55	9,9
9	1,59	9,8	19	1,45	10,2
10	1,32	11,6	20	1,40	10,3

У відповідності до рівняння (3.13) і таблиць 3.1, 3.2 розрахуємо оцінки коефіцієнтів  $b_i$  математичних моделей  $\beta = f_1(\delta)$  і  $\vartheta = f_2(\delta)$ . Результати розрахунків наведені в таблиці 3.3.

Перевіримо на адекватність отримані моделі по  $F$ -критерію. Для цього скористуємося формулами (3.14...3.17), враховуючи, що  $N - 1 = 19$ . Результати розрахунків наведені в таблиці 3.4. В даній таблиці для  $F_q$  наведені два значення – для рівня значущості  $\alpha = 0,05$  і  $\alpha = 0,01$ . Для  $\alpha = 0,05$  адекватними є моделі:

$$\beta = 83,14 - 22,74\delta \quad (3.18)$$

$$\vartheta = 17,67 - 4,89 \quad (3.19)$$

Таблиця 3.3 - Результати розрахунків коефіцієнтів моделей

Коефіцієнти моделі $\beta = f_1(\delta)$			Математична модель $\beta = f_1(\delta)$
$b_0$	$b_1$	$b_2$	
49,63	-	-	$\beta = 49,63$
83,14	-22,74	-	$\beta = 83,14 - 22,74\delta$
-45,25	153,29	-59,98	$\beta = -45,25 + 153,29\delta - 59,98\delta^2$
Коефіцієнти моделі $\vartheta = f_2(\delta)$			Математична модель $\vartheta = f_2(\delta)$
$b_0$	$b_1$	$b_2$	
10,46	-	-	$\vartheta = 10,46$
17,67	-4,89	-	$\vartheta = 17,67 - 4,89\delta$
55,54	-56,82	17,69	$\vartheta = 55,54 - 56,82\delta + 17,69\delta^2$

Таблиця 3.4 - Перевірка моделей на адекватність по  $F$ -критерію

Математична модель $\beta = f_1(\delta)$	$n'$	$\bar{\beta}$	$s_R^2$	$s_{\beta}^2$	$F$	$F_q$
$\beta = 49,63$	19	49,68	7,50	7,89	1,05	4,38
$\beta = 83,14 - 22,74\delta$	18		1,08		7,14	3,52
$\beta = -45,25 + 153,29\delta - 59,98\delta^2$	17		0,38		20	3,12
					5,01	
Математична модель $\vartheta = f_2(\delta)$	$n'$	$\bar{\vartheta}$	$s_R^2$	$s_{\vartheta}^2$	$F$	$F_q$
$\vartheta = 10,46$	19	10,44	0,42	0,44	1,05	4,38
$\vartheta = 17,67 - 4,89\delta$	18		0,12		3,70	3,52
$\vartheta = 55,54 - 56,82\delta + 17,69\delta^2$	17		0,04		11,11	3,12
					5,01	

А для  $\alpha = 0,01$  адекватними є моделі:

$$\beta = -45,25 + 153,29\delta - 59,98\delta^2 \quad (3.20)$$

$$\vartheta = 55,54 - 56,82\delta + 17,69\delta^2 \quad (3.21)$$

Для вирішення технічних задачах можна обмежитися моделями (3.18), (3.19). Але остаточне рішення приймається на етапі використання отриманих моделей при вирішенні задачі керування технологічним процесом магнітної сепарації.

### 3.4 Висновки

Ідентифікацію процесу магнітної сепарації доцільно виконувати на основі пасивного експерименту. Розглянуто методику отримання статичних моделей з використанням регресійного аналізу.

В результаті статистичної обробки даних визначено структуру і параметри статичних моделей процесу магнітної сепарації для різних рівней значущості. Отримані моделі перевірені на адекватність опису експериментальних даних по  $F$ -критерію.

Для рівня значущості  $\alpha = 0,05$  моделі лінійні, а для рівня значущості  $\alpha = 0,01$  – нелінійні другого порядку.

## 4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 4.1 Техніко-економічне обґрунтування впровадження системи керування

У кваліфікаційній роботі бакалавра розглядається економічна доцільність розробки системи керування технологічним обладнанням процесу збагачення залізної руди.

У зв'язку з підвищенням вимог у галузі чорної металургії – збільшення видобутку та покращення якості рудної сировини, з'явилася необхідність видобування бідних залізних руд, які потребують глибокого збагачення. Основною залізорудною базою чорної металургії України є Криворізький басейн, де особливо гостро постала ця проблема.

Якісне та ефективне збагачення неможливе без автоматизації. Ефективність автоматизації збагачувального виробництва пов'язані з найширшим використанням нових систем автоматичного і автоматизованого управління. Такі системи повинні забезпечити необхідні технологічні режими збагачувальних апаратів, злагоджену роботу транспортних ліній, контроль технологічних параметрів та властивостей.

### 4.2 Розрахунок капітальних витрат пов'язаних з впровадженням системи керування

Розрахуємо капітальні витрати, що пов'язані з виготовленням та впровадженням автоматизованої системи керування. Визначення проектних капітальних витрат виконується відповідно до:

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

де  $K_{\text{ПКВ}}$  – проектні капітальні витрати (грв.);

$C_{\text{ОБ}}$  – 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 таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Зведення капітальних витрат  $C_{OB}$

№	Найменування	Одиниці виміру	Кількість	Вартість (грн.)	Сума (грн.)
1	ПЛЛ VIPA 214DPM (214-1BM02)	од.	1	13 774,40	13 774,40
2	Модуль аналогового вводу VIPA 231-1BD40	од.	1	4 740,30	4 740,30
3	Модуль аналогового виводу VIPA 232-1BD40	од.	1	5 137,70	5 137,70
4	Модуль дискретного виводу VIPA 222-1BD00	од.	1	7 167,40	7 167,40
5	Датчик витрати пульпи Kobold DZR - 3006F018	од.	1	9 328,21	9 328,21
6	Радіоізотопний щільномір ПРИЗ-Т	од.	1	8 727,88	8 727,88
7	Концентратомір кондуктометричний (кондуктометр) КВЧ 5М	од.	1	14 323,40	14 323,40
8	Частотний перетворювач Altivar Process ATV930D55N4	од.	1	42 696,30	42 696,30
9	Реле Jotta SSR 25DA (3x~380В, 0...24 В)	од	2	410,00	820,00
10	Мережний кабель	м	200	23,20	4 640,00
11	Система керування, виконана на базі ПК	од.	1	36 230,30	36 230,30
12	Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301	од	2	1 450,00	2 900,00
	Разом				150 485,89

Вартість основного та допоміжного обладнання  $C_{OB} = 150\,485,89$  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:

$$D_{TP} = 150\,485,89 \cdot 0,08 = 12\,038,88 \text{ (грн.)}.$$

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:

$$M_{MH} = 150\,485,89 \cdot 0,07 = 10\,534,02 \text{ (грн.)}.$$

### 4.3 Розрахунок капітальних витрат на програмне забезпечення

#### 4.3.1 Розрахунок часу на розробку програмного забезпечення

Трудомісткість розробки програмного забезпечення 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:

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

- де  $Q$  – умовна кількість операторів в програмному забезпеченні;
- $q$  – кількість операторів у програмному забезпеченні;
- $c$  – коефіцієнт складності програми (приймаємо  $c = 1,45$ );
- $p$  – коефіцієнт корекції програми в процесі її обробки (приймаємо  $p = 0,15$ ).

Виходячи з програмного забезпечення, як правило розробленого на мові Structured Text типове значення для подібних систем керування має діапазон 400... 500, приймаємо  $q = 425$ );

Таким чином для програмного забезпечення, що розробляється, кількість операторів складає:



$$Q = 425 * 1,45 * (1 + 0,15) \approx 709$$

Витрат праці на підготовку і опис завдання в кваліфікаційній роботі складають  $t_o = 72$  (люд. – год.).

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

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

де  $B$  – коефіцієнт збільшення витрат праці (приймаємо  $B = 1,5$ );

$k$  – коефіцієнт кваліфікації програміста (приймаємо  $k = 1,2$ ).

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_u = 709 * 1,5 / (80 * 1,2) \approx 12 \text{ (люд. – год.)}.$$

Витрати на розробку алгоритму керування визначаються як:

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

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_a = 709 / (20 * 1,2) \approx 30 \text{ (люд. – год.)}.$$

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

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

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_n = 709 / (20 * 1,2) \approx 30 \text{ (люд. – год.)}.$$

Витрати праці на налаштування програми розраховуються як:

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

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_h = 709 / (4 * 1,2) \approx 148 \text{ (люд. – год.)}.$$

Витрати праці на підготовку документації по завданню визначаються як:

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

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

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

Трудомісткість підготовки матеріалів до написання визначається як:

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

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_{др} = 709 / (15 * 1,2) \approx 40 \text{ (люд. – год. )}.$$

Трудомісткість редагування, друку та оформлення документації визначається як:

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

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_{до} = 0,75 * 40 = 30 \text{ (люд. – год. )}.$$

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

$$t_g = 40 + 30 = 70 \text{ (люд. – год. )}.$$

Таким чином трудомісткість розробки програмного забезпечення становить:

$$t = 72 + 12 + 30 + 30 + 148 + 70 = 362 \text{ (люд. – год. )}$$

#### 4.3.2 Розрахунок витрат на розробку програмного забезпечення

Витрати на розробку програмного забезпечення (ПЗ) визначається як:

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

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:

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

де  $t$  – час розробки ПЗ, год;

$C_{ПР}$  – середня годинна тарифна ставка розробника програмного забезпечення (приймаємо  $C_{ПР} = 127,50$  (грн./год.)).

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$З_{зп} = 362 * 127,50 = 46\ 155,00 \text{ (грн.)}$$

Вартість машинного часу, необхідного для налаштування програми визначається як:

$$З_{мі} = t_n \cdot C_{мч}, \quad (4.15)$$

де  $t_n$  – час налаштування ПЗ, год;

$C_{мч}$  – вартість машинного часу (приймаємо  $C_{мч} = 13,20$  (грн./год.)).

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$З_{мі} = 30 * 13,20 = 396,00 \text{ (грн.)}$$

Витрати на розробку програмного забезпечення системи керування становлять:

$$K_{пз} = 46\ 155,00 + 396,00 = 46\ 551,00 \text{ (грн.)}$$

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.)).

$$T = 362 / (1 * 176) \approx 2,0 \text{ (міс.)}$$

Таким чином проектні капітальні витрати:

$$K_{пкв} = 150\ 485,89 + 12\ 038,88 + 10\ 534,02 + 46\ 551,00 \approx \\ \approx 219\ 609,79 \text{ (грн.)}$$

#### 4.4 Розрахунок експлуатаційних витрат

Річні експлуатаційні витрати розраховуються як:

$$C_e = C_a + C_з + C_c + C_{ро} + C_{еe} + C_{інш}, \quad (4.17)$$

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:

$$C_a = 219\,609,79 \cdot 40/100 = 87\,843,92 \text{ (грн.)},$$

#### 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 ( $T_{\text{К}} = 365$  (днів));

$T_{\text{ВС}}$  – вихідні дні та свята ( $T_{\text{ВС}} = 114$  (днів));

$T_{\text{В}}$  – відпустка ( $T_{\text{В}} = 21$  (день));

$T_{\text{З}}$  – тривалість зміни ( $T_{\text{З}} = 8$  (год.)).

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 та - кожна зміну та 1 інженер-технолог і 1 наладчик електроустаткування - одна зміна на добу. Графік роботи у три зміни, так як процес безперервний.

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

Таблиця 4.2 – Розрахунок заробітної плати персоналу

№ п/п	Найменування професії робітників	Число працюючих, чол.	Годинна тарифна ставка, грн./год.	Річний фонд робочого часу (год.)	Пряма заробітна плага, грн.	Додаткова заробітна плага (8%), грн.	Доплати (7%), грн.	Всього заробітна плага, грн.
1	Оператор	3	120,45	1 840	664 884,00	53 190,72	46 541,88	764 616,60
2	Інженер-технолог	1	140,55		258 612,00	20 688,96	18 102,84	297 403,80
3	Наладчик	1	126,50		232 760,00	18 620,80	16 293,20	267 674,00
Разом								1 329 694,40

Заробітна плата персоналу проектної системи керування

$$C_3 = 1\,329\,694,40 \text{ (грн.)}$$

#### 4.4.3 Відрахування на соціальні заходи

Відрахування на соціальні заходи визначаються як:

$$C_c = 0,22 \cdot C_3. \quad (4.21)$$

Відповідно до цього відрахування становлять:

$$C_c = 0,22 * 1\,329\,694,40 = 292\,532,77 \text{ (грн.)}$$

#### 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:

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

Відповідно до цього витрати становлять:

$$C_{PO} = 0,05 * 219\,609,79 = 10\,980,49 \text{ (грн.)}$$

#### 4.4.5 Витрати на електроенергію

Вартість електроенергії, споживаної системою керування, розробленої у проекті:

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

де  $K_e$  – кількість електроенергії, спожите проектною системою керування (приймаємо  $K_e = 0,58$  (кВт · год.));

$T_3$  – кількість часу роботи за сутки ( $T_3 = 24$  (год.));

$K_{RD}$  – кількість робочих днів у році ( $K_{RD} = 365$  (день));

$T_e$  – тариф на електроенергію для підприємств (для користувачів електроенергії 2 класу тариф складає 2,26 грн.·кВт без ПДВ, з урахуванням ПДВ тариф  $T_e = 2,712$  (грн.)).

Таким чином вартість електроенергії становить:

$$C_{ee} = 0,58 * 365 * 24 * 2,712 = 13\,779,13 \text{ (грн.)}$$

#### 4.4.6 Інші витрати

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

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

Таким чином інші витрати становлять:

$$C_{\text{ІНШ}} = 0,04 * 1\,329\,694,40 = 53\,187,78 \text{ (грн.)}.$$

Річні експлуатаційні витрати становлять (4.17), (табл. 4.3):

$$C = 292\,532,77 + 1\,329\,694,40 + 13\,779,13 + 10\,980,49 + 13\,779,13 + 53\,187,78 = 1\,713\,953,7 \text{ (грн.)}.$$

Таблиця 4.4 – Експлуатаційні витрати

№ п/п	Назва показчика	Сума, грн.
1	Амортизація	292 532,77
2	Фонд заробітної плати	1 329 694,40
3	Відрахування на соціальні виплати	13 779,13
4	Ремонт та технічне обслуговування	24 658,98
5	Електроенергія	13 779,13
6	Інше	53 187,78
7	Загалом	1 713 953,7

#### 4.5 Висновки за розділом

При впровадженні проектованої системи капітальні витрати складають 210 тис. грн., час розробки ПЗ становитиме 2 місяці.

Річні експлуатаційні витрати, пов'язані з впровадженням системи становитимуть трохи більше 1,8 млн. грн.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 5.1 Аналіз небезпечних факторів

Багаторічний аналіз причин захворюваності на збагачувальних установках показує, що серед різних професійних груп найвищий показник захворюваності припадає на слюсарну групу робітників, операторів стрічкових конвеєрів, породних колекторів, збагачувальних апаратників. Рівень респіраторних захворювань найвищий серед водіїв конвеєрних стрічок, породних колекторів і операторів сушильних установок; нервові захворювання - серед операторів насосних установок, операторів стрічкових конвеєрів, навантажувачів. Частота захворюваності очей водіїв конвеєрних стрічок, збагачення апаратників в кілька разів вище, ніж у працівників інших професій. Найвища частота захворювань опорно-рухового апарату була відзначена серед конвеєрних операторів, збагачувальних апаратників, породних колекторів і навантажувачів.

Основними причинами респіраторних захворювань є забруднення промислової атмосфери пилом і парами реагентів, що обумовлено недостатньо ефективною роботою припливно-витяжної вентиляції, неякісним укриттям осередків викидів пилу, недостатньою герметизацією вікон і отворів.

Істотне значення в розвитку нервових захворювань, вушних захворювань і виразкової хвороби, як показано в спеціальних дослідженнях, мають підвищений рівень шуму і вібрації, що впливають на обслуговуючий персонал заводів. Сервісні зони для насосів, екранів, конвеєрів, дробарок, сепараторів та іншого обладнання характеризуються рівнем шуму і вібрації, що перевищують допустимі значення.

Основними причинами невідповідності рівня освітленості робочих місць вимогам санітарних норм є забруднення ламп через великий викид пилу, їх нераціональне розміщення по відношенню до обладнання, відсутність або відключення ламп, нерегулярний догляд за ними. Основною причиною незадовільного природного світла є висока вологість і підвищена емісія пилу. Недостатня механізація ручної праці і високий рівень вібрації викликають захворювання опорно-рухового апарату.



Через пошкодження ізоляції електроустановок на їх металевих конструкціях може з'явитися напруга, яка створить небезпеку ураження електричним струмом людей. Ризик ураження електричним струмом від електроустановок і електромереж також викликаний рядом факторів, найбільш значущими з яких є: навколишнє середовище (виробництво), експлуатаційна напруга установки і кваліфікація осіб, які підтримують електроустановки або контактують з ними.

Збагачувальні заводи - це підприємства, на яких можуть відбуватися аварії різного характеру: пожежі, повені, які становлять певну небезпеку для життя і здоров'я працівників, а також завдають значної шкоди економіці країни.

Причинами пожеж на збагачувальних заводах є:

- необережне поводження з вогнем, недотримання правил пожежної безпеки під час електро- та газозварювальних робіт;
- несправність електрообладнання, електричних мереж та електрообладнання;
- порушення посадових інструкцій та інструкцій з охорони праці;
- порушення правил безпеки при експлуатації електроустановок: використання електрообладнання, що не відповідає вимогам Електроустановок для прийнятих класів приміщень.

## **5.2 Інженерно-технічні заходи з охорони праці**

На гірничо-збагачувальному комбінаті виробництво зазвичай супроводжується дуже сильним викидом пилу. Під час роботи дробарок, екрнів, магнітних сепараторів спостерігається значний викид пилу через щільність укриттів і місць завантаження і розвантаження матеріалів. Наявність пилу в повітрі виробничого приміщення, незалежно від його хімічних і фізичних властивостей, знижує видимість, закупорює очі і шкіру, дратує слизову оболонку носоглотки, верхніх дихальних шляхів і легень.

В умовах збагачувальних установок найпоширенішим способом боротьби з запиленістю повітря є ізоляція і герметизація джерел пилоутворення [12]. Зазвичай герметизація використовується в поєднанні з аерацією - всмоктуванням

запиленого повітря або зволоженням обробленого або транспортного продукту. Також проводиться очищення від відстояного пилу.

Пилові респіратори передбачені для індивідуального захисту працівників, які виконують роботи з особливо запилених операцій.

Робота на заводі дробарок, екранів, конвеєрів супроводжується сильним шумом. Крім того, шум створюється при падінні руди під час перевантажень, при коливаннях повітря в повітроводах та інших причинах. Надмірний шум негативно впливає, в першу чергу, на органи слуху. Також шкідливий вплив шуму впливає на центральну нервову систему [19].

Для зниження рівня виробничого шуму використовуються шумопоглинаючі матеріали, з яких виготовляються прокладки, щоб знизити шум дробарки, необхідно закрити її кожухом, а прокладки з гуми або фетру укласти між корпусом дробарки і корпусом. Шумозахисний захист виконується шляхом огороження місць підвищених джерел шуму звукопоглинаючими перегородками або стінами.

Залізорудні переробні заводи, завдяки високій насиченості машин і механізмів, також мають досить значну кількість джерел вібрації. До них відносяться екрани, дробарки, млини та інше обладнання, що має деякий динамічний дисбаланс. Вплив вібрацій на організм людини призводить до професійного захворювання [20].

Для запобігання поширенню вібрацій на місця дислокації обслуговуючого персоналу та усунення їх шкідливого впливу проводиться ряд заходів:

1. монтаж обладнання, що є джерелом вібрації на спеціальних фундаментах і віброізоляторах;
2. зміна жорсткості кріплення обладнання до фундаменту для зменшення амплітуди коливань;
3. усунення динамічного дисбалансу швидко обернутих деталей машин шляхом балансування (статичного і динамічного).

Основними заходами, спрямованими на запобігання випадків ураження електричним струмом, є:

1. усунення можливості випадкового дотику струмоносних частин електроустановок, які в нормі знаходяться під напругою;

2. застосування безпечного струму напруги;
3. надійна ізоляція струмопровідних частин електрообладнання та його своєчасний ремонт;
4. захисне заземлення, занулення;
5. захисне відключення і використання запобіжників;
6. застосування подвійної ізоляції;
7. використання засобів індивідуального захисту від ураження електричним струмом [18].

Захисне заземлення - це навмисне електричне з'єднання металевих непоточних деталей електроустановки, які можуть бути під напругою, за допомогою заземлювального пристрою.

Управління заземленням здійснюється при введенні в експлуатацію і періодично вчасно відповідно до «Правил монтажу електроустановок» (ПУЕ) і після ремонту. Під час зовнішнього огляду його вибірково перевіряють з попередніми розкопками елементів в ґрунті. Решта елементів перевіряються в межах, доступних для перевірки.

Занулення - це навмисне електричне з'єднання з нульовим захисним провідником електричної мережі металевих неструмових деталей електроустановки, які можуть бути знеструмлені в разі пошкодження ізоляції. У мережах, де використовується занулення, неможливо заземлити корпуси електроустановок без їх занулення, так як в разі фазового закриття на корпусі заземленої, але не нульової установки знеструмлюються всі корпуси інших нульових електроустановок.

На переробних заводах заземлення підлягають ліжка і корпуси електромашин, трансформаторів, вимикачів та інших електричних апаратів, кріплення електродвигунів, приводів електрообладнання, рам і рам панелей управління, металевих конструкцій підстанцій, металевої оболонки і армування кабелів, кожухів, прожекторних корпусів, світильників ламп.

Згідно з правилами безпеки, забороняється обслуговування електроустановок без використання захисних засобів (діелектричних рукавичок, ботів, стрижнів). Ці засоби мають велике значення для запобігання нещасним

випадкам під час експлуатації, ремонту та обслуговування електрообладнання [18].

Правильне освітлення цехів, робочих місць і території заводу має велике гігієнічне та економічне значення, так як відсутність освітленості впливає на зір працівників, призводить до захворювань очей, знижує продуктивність праці і є причиною нещасних випадків.

Освітлення виробничих потужностей збагачувальних установок може бути природним і штучним, а при проектуванні і облаштуванні освітлення слід враховувати максимальне використання природного світла.

### 5.3 Розрахункова частина

Розрахуємо нуль для наступних умов: розташування вертикальних заземлювачів в прямокутнику  $AB = 3015$  (м); заземлювальні пристрої – сталеві труби довжиною  $l = 2,0$  м і зовнішнім діаметром  $d = 0,08$  м, сполучна шина шириною  $b = 0,05$  м; ґрунт – чорнозем при середній вологості; глибина заземлення  $h = 0,7$  м; внутрішня електрична мережа приміщення чотирипровідна з лінійною напругою 380 В і нульовим захисним дротом, площа поперечного перерізу фази  $S$  і нульових провідників однакова, матеріал мідний, трансформатор з активним опором  $R_{\times \times TR} = 0,2$  Ом. Номінальний струм шляхом розплавлення вставки запобіжника  $I_{NOM} = 50$  А, Довжина петлі нульової фази – 120 м.

1. Розрахуємо початкову стійкість ґрунту за формулою:

$$\rho_p = \rho \cdot \varphi, \text{ Ом} \cdot \text{м} \quad (34)$$

де  $\rho$  - початкова стійкість ґрунту за вимірами або приблизно за табл. 5.1 [20],  $\varphi$  – кліматичний коефіцієнт, який залежить від характеру ґрунту та його вологості під час вимірювань (табл. 5.2. [20]).

Приймаємо кормовий опір чорнозему згідно з таблицею. 5.1. [21] = 200 Ом/м. Кліматичний коефіцієнт при середній вологості згідно таблиці. 5.2. [21] для глини  $\rho \cdot \varphi_2 = 1,3$ , тоді розрахована кормова стійкість ґрунту складе:

$$\rho_p = \rho \cdot \varphi = 200 \cdot 1,3 = 260 \text{ Ом/м.}$$

2. Опір поширення струму одного вертикального стрижня (трубчастого) заземлення, верх якого заглиблюється на  $hm$  (Ом):

$$R_{od} = \frac{\rho_p}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \left( \ln \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot t + l}{4 \cdot t - l} \right) \quad (35)$$

де  $l$  - довжина заземлювального пристрою(м),  $d$  – діаметр заземлювального пристрою (м),  $t$  - відстань від поверхні ґрунту до середини заземлювального пристрою (м,  $t = 1 / 2 + \text{год}$ ).

Відстань від поверхні землі до середини заземлювального пристрою  $t=1/2+h=2/2+0,7=1,7$  м; Опір поширення струму однієї вертикальної труби:

$$R_{od} = \frac{\rho_p}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \left( \ln \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot t + l}{4 \cdot t - l} \right) = \frac{260}{2 \cdot \pi \cdot 2} \cdot \left( \ln \frac{2 \cdot 2}{0.08} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot 1.7 + 2}{4 \cdot 1.7 - 2} \right) = 87.19 \text{ Ом}$$

3. Орієнтована кількість вертикальних пристроїв заземлення, шт.:

$$n' = R_{od} / R_z, \quad (36)$$

де  $R_z$  є найбільш допустимим опором заземлювального пристрою відповідно до Правил електроустановки.

Найбільш допустимий опір заземлювального пристрою при фазовій напрузі 220 В по «ПЕУ-86» становить 4 Ом. Орієнтована кількість вертикальних заземлюючих пристроїв:

$$n' = R_{od} / R_z = 87.19 / 4 = 21.80; \text{ Приймати } n' = 22.$$

Коли заземлюючий пристрій розташовується по контуру приміщення, приблизна відстань між трубами:

$$a = (2A + 2B) / n' = (2 \cdot 30 + 2 \cdot 15) / 22 = 4.09 \text{ м.}$$

4. Коефіцієнт застосування стрижневого заземлення у співвідношенні  $a/l_2$  згідно з табл. 5,3 [21] прийняти = 0,66. $\approx \eta$

5. Необхідна кількість заземлюючих пристроїв з урахуванням коефіцієнта утилізації:

$$n = R_{od} / (R_z \cdot \eta_{ст}) = 87.19 / (4 \cdot 0.66) = 33.03; \text{ приймаємо } n = 34.$$

6. Опір поширенню струму з'єднувальної шини з урахуванням коефіцієнта утилізації (згідно з табл. 5.4. / 21 /  $\eta_w = 0.30$ ):

$$R_w = \frac{\rho_p}{2 \cdot \pi \cdot L \cdot \eta_w} \cdot \ln \frac{2 \cdot L^2}{b \cdot h}, \text{ Ом} \quad (37)$$

де  $L$  - довжина шини (м),  $b$  – ширина шини (м),  $h$  – глибина укладання шин, (м).

$$R_{uu} = \frac{\rho_p}{2 \cdot \pi \cdot L \cdot \eta_{uu}} \cdot \ln \frac{2 \cdot L^2}{b \cdot h} = \frac{260}{2 \cdot \pi \cdot 90 \cdot 0.3} \cdot \ln \frac{2 \cdot 90^2}{0.05 \cdot 0.7} = 20.00, \text{ Ом}$$

7. Стійкість до заземлення без урахування опору шини:

$$R_{ст} = R_{од} / (n \cdot \eta_{ст}) = 87.19 / (34 \cdot 0.66) = 3.89 \text{ Ом.}$$

8. Загальний опір складного заземлювального пристрою:

$$R = \frac{R_{ст} \cdot R_{uu}}{R_{ст} + R_{uu}} = \frac{3.89 \cdot 20}{3.89 + 20} = 3.257 \text{ Ом,}$$

що менше  $R_3 = 4 \text{ Ом.}$

9. Сила струму короткого замикання:

$$I_k = 3 \cdot I_{ном} = 3 \cdot 50 = 150 \text{ А.}$$

10 Найбільший можливий опір нульового провідника:

$$R_n = \frac{U_\phi - I_k \cdot R_{мп}}{2 \cdot I_k}, \text{ Ом} \quad (38)$$

де  $R_{тр}$  - активний опір трансформатора.

$$R_n = \frac{U_\phi - I_k \cdot R_{мп}}{2 \cdot I_k} = \frac{220 - 150 \cdot 0.2}{2 \cdot 150} = 0.633 \text{ Ом.}$$

11. Найменша необхідна площа поперечного перерізу нульового провідника:

$$S = \frac{\rho_n \cdot l_n}{2 \cdot R_n}, \text{ мм}^2, \quad (39)$$

де  $\rho_n$  - опір подачі провідників (Ом·мм<sup>2</sup>/м, мідь 0,018),  $l_p$  - довжина циклу нульової фази.

$$S = \frac{\rho_n \cdot l_n}{2 \cdot R_n} = \frac{0.018 \cdot 120}{2 \cdot 0.633} = 1.71 \text{ мм}^2.$$

#### 5.4 Заходи протипожежної безпеки

На рудно-збагачувальних комбінатах існує небезпека загоряння через наявність на них електроустановок. Коротке замикання електропроводки є найпоширенішою причиною загоряння.

Згідно з Кодексом електроустановки, приміщення електромашин відносяться до виробничих потужностей категорії D, повинні бути обладнані телефонним зв'язком і пожежною сигналізацією.

У машинному відділенні повинна бути коробка з сухим піском і ручні вогнегасники вуглекислого газу.

Кабельні конструкції і конструкції, на яких фіксуються кабелі, повинні бути виготовлені з вогнестійких матеріалів.

Місця проведення протипожежних робіт визначаються з письмового дозволу особи, відповідальної за пожежну безпеку заводу, ці місця повинні бути забезпечені обладнанням для пожежогасіння.

Вода є найдешевшим засобом для гасіння пожеж, але не можна гасити електроустановки під напругою, водяна пара може використовуватися для гасіння обмоток електромашин. З хімічних засобів пожежогасіння широко використовується вуглекислий газ (CO<sub>2</sub>).

Система електричної пожежної сигналізації складається з датчиків, встановлених в захищеному приміщенні, приймальної станції, розташованої в приміщенні пожежної команди, джерел живлення і електричної мережі, що з'єднує датчики з приймальною станцією. Датчики автоматичної дії - АТІМ-1, АТІМ-3 - принцип - біметалічні пластини. ДПС-038 – теплові детектори диференціальної дії. КІ-1 – комбіновані детектори тепла і диму (іонізуюча камера для диму і термістор для тепла). СІ-1 є випромінювачем світла ультрафіолетового випромінювання полум'я.

Пожежна служба на підприємствах здійснюється воєнізованими підрозділами безпеки або професійним підрозділом протипожежного захисту, які підпорядковуються керівнику підприємства, і оперативна старшому інженеру професійної пожежної частини.

## **5.5 Висновки по розділу**

9. В розділі охорона праці на підставі аналізу небезпечних і шкідливих виробничих факторів, виявлених на проектуваному об'єкті, розроблено заходи, направлені на створення здорових і безпечних умов праці та розглянуті питання пожежної безпеки.

## ВИСНОВКИ

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

Основними висновками і результатами роботи є наступне:

Запропонована структурна схема керування процесом магнітної сепарації.

Визначені технічні засоби контролю технологічних параметрів і виконавчі механізми для впливу на технологічний процес магнітної сепарації.

За даними пасивного експерименту визначені структура і параметри каналів керування системи керування процесом магнітної сепарації.

Виконана перевірка моделей процесу магнітної сепарації на адекватність реальному процесу по  $F$ -критерію.

Запропонована структурна схема мікропроцесорної системи керування процесом відсадки вугілля.

1. Розраховані капітальні і річні витрати на розробку і впровадження системи автоматичного керування процесом відсадки вугілля.
2. 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. Олійник Т.А. Перспективи розвитку технологій збагачення залізних руд / Т.А. Олійник // Збагачення корисних копалин. – 2018. - №69(110). – С. 32-44.
2. Білецький В.С., Смирнов В.О. Технологія збагачення корисних копалин (видання друге). – Донецьк: Східний видавничий дім, 2009. – 272 с.
3. Мала гірнича енциклопедія: у 3 т. / за ред. В.С. Білецького. – Д.: Днбас, 2004. – Т.1: А – К. – 640 с.
4. Медведєв М.Г., Пащенко І.О. Теорія ймовірностей та математична статистика. Підручник. – К.: Вид-во “Ліра-К”. 2008. – 536 с.
5. Герич М.С., Синявська О.О. Математична статистика: навч. посіб. Ужгород: ДВНЗ “УжНУ”, 2021. 146 с.
6. Коваль А.В. Ідентифікація та моделювання технологічних об’єктів: навч. посібник / А.В. Коваль. – Житомир : ЖДТУ, 2018. – 133 с.
7. Літнарів Р.М. Побудова і дослідження математичної моделі за джерелами експериментальних даних методами регресійного аналізу. Навчальний посібник, МЕНУ, Рівне, 2011.-140 с
8. Голінько В.І., Фрундін В.Ю. Охорона праці в галузі електротехніки та електромеханіки – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2011. – 235 с.
9. Концентратомер КВЧ 5М. Режим доступу: <https://prom.ua/ua/p48244825-kontsentratomer-kvch.html>
10. ДСН 3.3.6.042-99 „Державні санітарні норми параметрів мікроклімату” - К.: МОЗ України, 2000.
11. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування.
12. 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.
13. Правила улаштування електроустановок Мінпаливвугілля України. – 2017 – 617с.

14. «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості на небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». № 528 - 2001.
15. Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями, затверджені наказом Мінсоцполітики від 14.02.2018 № 207.
16. 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.
17. ДСанПіН 3.3.2-007-98 Державні санітарні правила і норми. Гігієнічні вимоги до організації роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин
18. ДСТУ 7234:2011 Дизайн і ергономіка. Обладнання виробниче. Загальні вимоги дизайну та ергономіки
19. ДСТУ 7950:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце під час виконання робіт стоячи. Загальні ергономічні вимоги.
20. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги
21. ДСТУ 3191-95 (ГОСТ 12 2.137-96) Обладнання для кондиціонування повітря та вентиляції
22. ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».

## ДОДАТОК А

### Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Шифр документу	Примітка
1			<b><u>Документація</u></b>			
2						
3	A4	KIBС.KBP.151.18.03.ПЗ	Пояснювальна записка		ПЗ	
4						
5			<b><u>Графічна частина</u></b>			
6						
7	A2	KIBС.KBP.151.18.03.E2	Функціональна схема			
8			автоматизації	1	E2	
9						
10	A2	KIBС.KBP.151.18.03.E3	Схема електрична			
11			принципова	1	E3	
12						
13	A4	KIBС.KBP.151.18.03.ПЕЗ	Перелік елементів	1	ПЕ	
14						
15	A4	KIBС.KBP.151.18.03.Д	Презентація		Д	
16						
17		KIBС.KBP.151.18.03.ВДЕ	Носій інформації	1	ВДЕ	
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
			Підп.	Дата	<b>KIBС.KBP.151.18.03.ТП</b>	
Зм.	Арк.	№ докум.				
Розробив		Галич		29.05.22	Літ.	Аркуш
П. конс.		Трипутень				1
						1
					Національний ТУ «Дніпровська політехніка», ЕТФ, 151-18-1	
Н.контроль		Славинський				



# **ВІДГУКИ КОНСУЛЬТАНТІВ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**



## ВІДГУК

на кваліфікаційну роботу ступеню бакалавра  
на тему: «Автоматизація процесу магнітної сепарації»  
здобувач вищої освіти академічної групи  
151-18-1 Галич Анастасія Олексіївна

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 оптимізувати процес магнітної сепарації на ГЗК.

У першому розділі виконаний аналіз технологічного процесу магнітної сепарації, розглянуто конструкцію і принцип дії магнітного сепаратора, 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 каналів керування процесом магнітної сепарації. Перевірені на адекватність статичні моделі процесу магнітної сепарації по критерію Фішера.

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 Галич А.О. присвоєння кваліфікації “бакалавр” 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 магнітної сепарації»  
здобувач вищої освіти академічної групи  
151-18-1 Галич Анастасія Олексіївна

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 магнітної сепарації за рахунок мінімізації втрат заліза в хвостах при забезпеченні вмісту заліза в концентраті не нижче заданого значення.

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

При цьому для вирішення поставлених завдань використані дані пасивного експерименту, отримані в ході нормальної роботи магнітного сепаратора.

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

Основними результатами кваліфікаційної роботи є визначення структури і параметрів моделей каналів керування процесу магнітної сепарації.

Повнота та глибина вирішення поставлених завдань в кваліфікаційній роботі достатня.

В цілому кваліфікаційна робота ступеню бакалавра заслуговує оцінки \_\_\_\_\_ балів при відповідному захисті, а здобувач Галич А.О. присвоєння кваліфікації “бакалавр” за спеціальністю “151 Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”.

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**  
завідувачем кафедри  
кіберфізичних та інформаційно-  
вимірювальних систем

\_\_\_\_\_ Бубліковим А.В.

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 року

### **ВИСНОВОК**

Про рівень запозичень у кваліфікаційній роботі бакалавра на тему «Автоматизація процесу магнітної сепарації», здобувача вищої освіти, групи 151-18-1, Галич Анастасія Олексіївна.

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)

Славінський Д.В.

\_\_\_\_\_  
(дата)

Ім'я користувача:  
Олег Бойко

ID перевірки:  
1011521065

Дата перевірки:  
09.06.2022 14:24:10 EEST

Тип перевірки:  
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:  
09.06.2022 14:26:23 EEST

ID користувача:  
100008838

Назва документа: 01\_151\_-18\_Галич\_А\_О\_- ПЗС

Кількість сторінок: 72 Кількість слів: 12693 Кількість символів: 93837 Розмір файлу: 1.22 MB ID файлу: 1011394989

## 15% Схожість

Найбільша схожість: 9.14% з Інтернет-джерелом (<http://ir.nmu.org.ua/bitstream/handle/123456789/158781/%D0%9A%D..>)

15% Джерела з Інтернету

155

Сторінка 74

Не знайдено джерел з Бібліотеки

## 0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

## 18.2% Вилучень

Деякі джерела вилучено автоматично (фільтри вилучення: кількість знайдених слів є меншою за 8 слів та 0%)

Немає вилучених Інтернет-джерел

18.2% Вилученого тексту з Бібліотеки

47

Сторінка 74

## Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи

81