

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА  
ДИЗАЙНУ

Факультет мехатроніки та комп'ютерних технологій

(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра інформаційних та комп'ютерних технологій

(повне найменування інституту, назва факультету)

*Дипломна магістерська робота*

на тему Комп'ютерно-інтегрована система автоматизованого керування  
дешламатором секції збагачення збагачувального комбінату

Виконав: студент групи МгАК-20

спеціальності

151 – Автоматизація та комп'ютерно-  
інтегровані технології

за освітньою програмою  
Комп'ютерно-інтегровані  
технологічні процеси і виробництва

Костянтин ВАРЕННЯ

Керівник к.т.н., доц. Валерія ДРОМЕНКО

Рецензент д.т.н., проф. Ірина ШВЕДЧИКОВА

Київ 2021

# КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ

Інститут, факультет Мехатроніки та комп'ютерних технологій

Кафедра Інформаційних та комп'ютерних технологій

Спеціальність 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітня програма Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри ІКТ**  
доц., к.т.н. Наталія ШИБИЦЬКА

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.

## **ЗАВДАННЯ**

**НА ДИПЛОМНУ МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

**ВАРЕННІ Костянтину Олеговичу**

1. Тема роботи: Комп'ютерно-інтегрована система автоматизованого керування дешламатором секції збагачення збагачувального комбінату

Науковий керівник роботи Дроменко В.Б. к.т.н., доц.

затверджені наказом вищого навчального закладу від «04» жовтня 2021 року №286

2. Строк подання студентом роботи 02.12.21 року

3. Вихідні дані до роботи: площа осадження – 19 м<sup>2</sup>, частота обертання граблів - 1,4 об/хв, потужність приводу обертання граблів – 2,8 кВт, продуктивність – 50 т/год, висота підйому граблів - 250 мм, кількість намагнічуючих апаратів – 4 шт.

4. Зміст дипломної роботи (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ; Розділ 1 Дослідження особливостей технологічного процесу переділу дешламації секції збагачення збагачувального комбінату; Розділ 2 Теоретичні основи розроблення комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування технологічним процесом переділу дешламації секції збагачення збагачувального комбінату; Розділ 3 Експериментальна реалізація комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування технологічним процесом дешламатора секції збагачення збагачувального комбінату; Загальні висновки.

## 5. Консультанти розділів дипломної магістерської роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Вступ	Дроменко В.Б., к.т.н., доц.		
Розділ 1	Дроменко В.Б., к.т.н., доц.		
Розділ 2	Дроменко В.Б., к.т.н., доц.		
Розділ 3	Дроменко В.Б., к.т.н., доц.		
Висновки	Дроменко В.Б., к.т.н., доц.		

## 6. Дата видачі завдання 20.09.2021 року

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної магістерської роботи	Терміни виконання етапів	Примітка про виконання
1	Вступ	08.10.2021 рік	
2	Розділ 1 Дослідження особливостей технологічного процесу переділу дешламації секції збагачення збагачувального комбінату	19.10.2021 рік	
3	Розділ 2 Теоретичні основи розроблення комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування технологічним процесом переділу дешламації секції збагачення збагачувального комбінату	01.11.2021 рік	
4	Розділ 3 Експериментальна реалізація комп'юрно-інтегрованої системи автоматизованого керування технологічним процесом дешламатора секції збагачення збагачувального комбінату	13.11.2021 рік	
5	Висновки	19.11.2021 рік	
6	Оформлення дипломної магістерської роботи (чистовий варіант)	26.11.2021 рік	
7	Здача дипломної магістерської роботи на кафедру для рецензування (за 14 днів до захисту)	02.12.2021 рік	
8	Перевірка дипломної магістерської роботи на наявність ознак плагіату (за 10 днів до захисту)	06.12.2021 рік	
9	Подання дипломної магістерської роботи у відділ магістратури для перевірки виконання додатку до індивідуального навчального плану (за 10 днів до захисту)	06.12.2021 рік	
10	Подання дипломної магістерської роботи на затвердження завідувачу кафедри (за 7 днів до захисту)	09.12.2021 рік	

Студент \_\_\_\_\_

Костянтин ВАРЕННЯ

Науковий керівник роботи \_\_\_\_\_

Валерія ДРОМЕНКО

Директор НМЦУПФ \_\_\_\_\_

Олена ГРИГОРЕВСЬКА

## АНОТАЦІЯ

**Варення К.О. Комп'ютерно-інтегрована система автоматизованого керування дешламатором секції збагачення збагачувального комбінату. – Рукопис.**

Дипломна магістерська робота за спеціальністю 151 - Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології (Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва). – Київський національний університет технологій та дизайну, Київ, 2021 рік.

Дипломну магістерську роботу присвячено розробленню комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування дешламатором секції збагачення збагачувального комбінату.

В роботі розглянуті склад основних споруд збагачувального комбінату, технологічна схема збагачення збагачувального комбінату. В якості об'єкту керування обрано магнітний дешламатор МД-5. Проведений аналіз недоліків існуючого стану ведення технологічного процесу.

На основі проведеного аналізу розроблена комп'ютерно-інтегрована система автоматизованого керування технологічним процесом переділу дешламації секції збагачення збагачувального комбінату. Розроблено математичне забезпечення для контуру регулювання рівня магнетиту та контуру регулювання рівня переливу дешламатора. Розроблені алгоритми для даних підсистем комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування дешламатором. Розроблена функціональна схема автоматизації технологічного процесу переділу дешламації. Обрано технічні засоби та програмне забезпечення розроблюваної системи для організації оперативного керування процесом дешламації. Розроблена екранна форма комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування технологічним процесом дешламатора секції збагачення збагачувального комбінату.

*Ключові слова: дешламатор, комп'ютерно-інтегрована система, автоматичне керування, секція збагачення, збагачувальний комбінат, процес дешламації, програмне забезпечення.*

## ANNOTATION

**Varennia K.O. Computer-integrated system of automated control of the deslamator of the enrichment section of the enrichment plant. – Manuscript.**

Master's thesis in specialty 151 - Automation and computer-integrated technologies (Computer-integrated technological processes and production). - Kyiv National University of Technology and Design, Kyiv, 2021.

The master's thesis is devoted to the development of a computer-integrated system of automated control of the deslamator of the enrichment section of the enrichment plant. The paper considers the composition of the main facilities of the concentrator, the technological scheme of beneficiation of the concentrator. The magnetic deslamator MD-5 was chosen as the object of control. An analysis of the shortcomings of the current state of the technological process.

On the basis of the conducted analysis the computer-integrated system of the automated control of technological process of redistribution of desglamation of section of enrichment of concentrator is developed. Mathematical software for the magnetite level control circuit and the deslamator overflow level control circuit has been developed. Algorithms have been developed for these subsystems of the computer-integrated automated deslamator control system. The functional scheme of automation of technological process of redistillation redistribution is developed. The technical means and software of the developed system for the organization of operative management of the deslamation process are chosen. The screen form of the computer-integrated system of automated process control of the deslamator of the enrichment section of the enrichment plant has been developed.

*Key words: deslamator, computer-integrated system, automatic control, enrichment section, enrichment plant, deslamation process, software.*

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АРМ – автоматизоване робоче місце

АСУТП – автоматична система управління технологічним процесом

ВМ – виконавчий механізм

ГБЗ – гарячобрикетоване залізо

ГЗК - гірничозбагачувальний комбінат

ГЗП - головна знижувальна підстанція

ДБЖ – джерело безперебійного живлення

ЗК – збагачувальний комбінат

КВП - контрольно-вимірювальні прилади

МАС – магнітно-активна суспензія

МГК - магнітно-гідравлічний класифікатор

МГС - магнітний гідравлічний сепаратор

МД – магнітний дешламатор

ММС – млин мокрого самоподріблення

МРГ – млин рудногальковий

ПІД-регулятор - пропорційно-інтегрально-диференціальний регулятор

ПЛК - промисловий логічний контролер

ПУЕ - правила улаштування електроустановок

РСК - розподілена система керування

САК – система автоматичного керування

СЗ – секція збагачення

ЦЗ – цех збагачення

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	10
РОЗДІЛ 1. ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПЕРЕДІЛУ ДЕШЛАМАЦІЇ СЕКЦІЇ ЗБАГАЧЕННЯ ЗБАГАЧУВАЛЬНОГО КОМБІНАТУ.....	13
1.1. Основні характеристики збагачувального комбінату .....	13
1.2. Склад основних споруд збагачувального комбінату.....	13
1.3. Технологічна схема секції збагачення (СЗ) збагачувального комбінату.....	14
1.4. Магнітні дешламатори, як об'єкт керування.....	16
1.5. Електропостачання секції збагачення збагачувального комбінату ...	18
1.6. Існуючий стан автоматизації секції збагачення збагачувального комбінату.....	19
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1 .....	21
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ РОЗРОБЛЕННЯ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ ПЕРЕДІЛУ ДЕШЛАМАЦІЇ СЕКЦІЇ ЗБАГАЧЕННЯ ЗБАГАЧУВАЛЬНОГО КОМБІНАТУ .....	22
2.1. Технічні вимоги до комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування технологічним процесом переділу дешламації секції збагачення збагачувального комбінату .....	22
2.1.1. Функціональні вимоги.....	22
2.1.2. Технічні (апаратні) вимоги .....	23
2.1.3. Програмні вимоги .....	25
2.1.4. Вимоги до структури системи керування .....	27
2.1.5. Вимоги до надійності системи керування.....	28
2.2. Розроблення структурної та функціональної схем комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування технологічним процесом переділу дешламації секції збагачення збагачувального комбінату.....	29
2.3. Розроблення математичного забезпечення комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування технологічним процесом переділу дешламації секції збагачення збагачувального комбінату .....	33
2.3.1. Контур регулювання рівня магнетиту дешламатора. ....	33
2.3.2 Контур регулювання рівня переливу дешламатора .....	40
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2 .....	47
РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА РЕАЛІЗАЦІЯ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ ДЕШЛАМАТОРА СЕКЦІЇ ЗБАГАЧЕННЯ ЗБАГАЧУВАЛЬНОГО КОМБІНАТУ .....	48

3.1. Розроблення алгоритмічного забезпечення комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування технологічним процесом дешламатора секції збагачення збагачувального комбінату .....	49
3.1.1. Алгоритм контуру регулювання рівня магнетиту дешламатора .	49
3.1.2. Алгоритм контуру регулювання рівня переливу дешламатора ...	51
3.2. Вибір технічних засобів комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування технологічним процесом дешламатора секції збагачення збагачувального комбінату.....	53
3.2.1. Вибір контролерного обладнання комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування технологічним процесом дешламатора секції збагачення збагачувального комбінату.....	53
3.2.2. Вибір інженерної та операторської станції комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування технологічним процесом дешламатора секції збагачення збагачувального комбінату	55
3.2.3. Вибір датчика рівня магнетиту комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування технологічним процесом дешламатора секції збагачення збагачувального комбінату.....	56
3.2.4. Вибір датчика рівня переливу комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування технологічним процесом дешламатора секції збагачення збагачувального комбінату .....	59
3.2.5. Вибір виконавчих механізмів комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування технологічним процесом дешламатора секції збагачення збагачувального комбінату .....	61
3.3. Вибір програмного і системного забезпечення автоматизованої системи керування технологічним процесом дешламатора секції збагачення збагачувального комбінату .....	67
3.4. Розроблення екранної форми комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування технологічним процесом дешламатора секції збагачення збагачувального комбінату.....	70
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3 .....	73
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ .....	74
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	76
ДОДАТКИ.....	82
Додаток А.....	83
Додаток Б.....	88



## ВСТУП

Автоматичні системи керування технологічним процесом на сучасному підприємстві – це напрямок розвитку високоінтелектуального ефективного виробництва. Автоматизація виробництва – одна із основних складових прискорення науково-технічного прогресу промисловості. Базою для цього слугують функціональні можливості мікропроцесорних систем керування, під час створення яких провідну роль посідають такі чинники, як застосування принципів інтеграції, розподіленого керування, програмних комплексів.

**Актуальність теми дипломної роботи.** При автоматизації збагачувальних виробництв об'єктом автоматизації є не окремий технологічний процес чи агрегат, а технологічний комплекс зі складними взаємозв'язками між його підсистемами. Тому розроблення комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування дешламатором секції збагачення збагачувального комбінату на основі сучасних технологій та надійного технічного обладнання є актуальним.

**Метою дослідження дипломної роботи** є розроблення комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування дешламатором секції збагачення збагачувального комбінату.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити наступні основні **завдання дипломної роботи:**

- 1) проаналізувати технологічний процес переділу дешламації секції збагачення збагачувального комбінату, виявити недоліки існуючої системи керування переділом дешламації і визначити шляхи інтеграції системи автоматизованого керування дешламатора в технологічний процес;
- 2) розробити вимоги до структури та надійності комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування технологічним процесом переділу дешламації секції збагачення збагачувального комбінату;

- 3) розробити структуру та математичне забезпечення контуру регулювання рівня магнетиту та контуру регулювання рівня переливу в дешламаторі секції збагачення збагачувального комбінату;
- 4) розробити інформаційне забезпечення комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування технологічним процесом переділу дешламації секції збагачення збагачувального комбінату;
- 5) здійснити вибір технічних засобів реалізації комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування технологічним процесом дешламації;
- 6) за допомогою SCADA-системи розробити програмне забезпечення системи керування для візуалізації стану системи в режимі реального часу.

**Об'єктом дослідження** є процес автоматизованого керування дешламатором секції збагачення збагачувального комбінату.

**Предмет дослідження** – методи та засоби реалізації комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування дешламатором секції збагачення збагачувального комбінату.

У роботі були використані наступні **методи дослідження**: аналітичні методи дослідження, метод комп'ютерного моделювання та метод порівняння.

**Інформаційна база дослідження**: при написанні дипломної магістерської роботи використані наукові публікації по методах і засобах реалізації комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування дешламатором секції збагачення збагачувального комбінату з фондів бібліотеки КНУТД, Національної бібліотеки України імені В.І. Вернадського та глобальної мережі Інтернет.

**Наукова новизна одержаних результатів**: вперше реалізовано комп'ютерно-інтегровану систему автоматизованого керування дешламатором секції збагачення збагачувального комбінату.

**Практичне значення одержаних результатів:** впровадження комп'ютерно-інтегрованої системи, яка автоматично контролює опріснення та перерозподіл секції збагачення збагачувального комбінату, дозволить:

- забезпечити дистанційне керування та дистанційний контроль параметрів подрібнювача в режимі реального часу;
- підвищити надійність технічного обладнання;
- забезпечити захист перерозподіленого основного обладнання;
- поліпшити умови праці обслуговуючого персоналу;
- оптимізувати режим роботи технологічного обладнання для забезпечення балансу між збільшенням виходу готової продукції та якісними характеристиками, отриманими при подальшій роботі процесу концентрування.

**Апробація результатів магістерської роботи:** результати доповідались та обговорювались на V Міжнародній науково-практичній конференції «Мехатронні системи: інновації та інжиніринг», 4 листопада 2021 року, м. Київ (Додаток А).

**Структура і обсяг роботи:** робота складається зі вступу, 3 розділів, висновків, списку використаних джерел (62 найменування), додатку. Загальний обсяг магістерської роботи 81 сторінки комп'ютерного тексту.

## **РОЗДІЛ 1. ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПЕРЕДІЛУ ДЕШЛАМАЦІЇ СЕКЦІЇ ЗБАГАЧЕННЯ ЗБАГАЧУВАЛЬНОГО КОМБІНАТУ**

### **1.1. Основні характеристики збагачувального комбінату**

*Збагачувальний комбінат* – підприємство з видобутку та збагачення залізної руди, крім цього, комбінат спеціалізується на виробництві залізорудного концентрату, неофлюсованих і офлюсованих окатишів.

Розробка ведеться відкритим способом. Якщо описати технологічний ланцюжок, то він починається з буріння вибухових свердловин. Щодня їх обсяг становить 3,5-5 км вибухових свердловин. Далі спеціальні машини заповнюють ці свердловини багатокомпонентною вибуховою речовиною і проводиться підривання гірської маси. Після відбувається екскавація підірваної гірничої маси із забою на перевантажувальний пункт, спочатку автотранспортом, потім тут же на іншому перезавантажувальному пункті його перевантажують на локомотив. Далі залізничним транспортом вона відправляється в корпус подрібнення, після вже на збагачувальний комбінат.

Привезену на збагачувальний комбінат руду подрібнюють до потрібної крупності і методом магнітної сепарації відокремлюють від порожньої породи. Після чого отриманий залізорудний концентрат вирушає на комбінат окомкування (виробництво окатишів) і далі окатиші відправляються на завод ГБЗ. Залізорудний концентрат збагачувального комбінату отримується на виході двох видів: з вмістом заліза 66-68% і з підвищеним вмістом заліза 69,5-70%.

### **1.2. Склад основних споруд збагачувального комбінату**

Відомі такі збагачувальні комбінати, де у корпусах дріблення встановлені по дві дробарки крупного дріблення типу ККД 1500/180. Конвеєри П1-П4, що транспортують подрібнені кварцити, розташовані в наземних і підземних частинах галереї. Надбункерна частина прольотом 18,0 м призначена для розташування стрічкових конвеєрів з

саморозвантажними візками ТБР-160-3-11-К для заповнення бункерів силосного типу розміром ДхН-11х15 м в кількості 79 шт.

Розподіл бункерів силосного типу по цехам збагачувального комбінату:

- ЦЗ бункери;

Об'єм кожного бункера складає 1 311 м<sup>3</sup>, робоча ємність 1800 т кварцитів. З 1 по 65 вісь розташовані бункери ЦЗ (по 3 бункера на секцію). Бункер має вікно для випуску кварцитів на пластинчастий живильник П-2-18-60. Над бункерами встановлені відцентрові аспіраційні установки ЦАУ для видалення пилу при завантаженні бункерів кварцитами.

Кварцит з живильників розвантажуються на конвеєр. Конвеєри подають кварцити в млини ММС 70х23.

У цехах працюють млини ММС 70х23 з односпіральними класифікаторами І КСН 24х13,4 (Додаток Б).

У цехах працюють млини МРГ 40х75 з односпіральними класифікатором і гідроциклони діаметром 500 мм, сепаратори (Додаток Б).

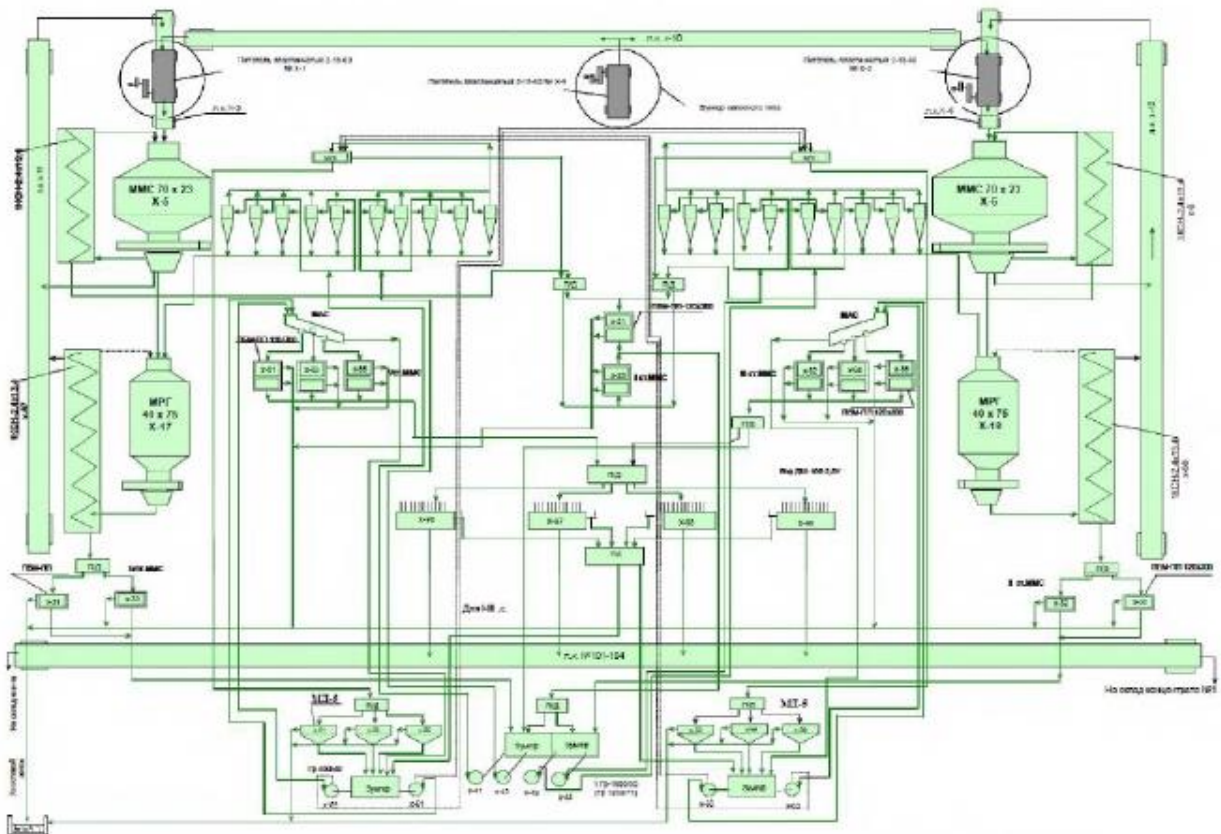
У 30-метровому прогоні розміщені вакуум-фільтри ДШ-100х2,5 і ДОО 100-2,5 для фільтрування концентратів залізородних з масовою частиною заліза менш 69,5% і більше 69,5%[1].

### **1.3. Технологічна схема секції збагачення (СЗ) збагачувального комбінату**

Відомі секції збагачення в наявності яких є 16 окремих технологічних напівсекцій (8 секцій), що дозволяє компонувати схеми в різних співвідношеннях.

Технологічна схема збагачення СЗ збагачувального комбінату наведена на рис. 1.1 [2].

Злив надходить в магнітні дешламатори МД-5. В цьому випадку злив гідроциклонів першої стадії класифікації надходить далі та під дією сили тяжіння направляється в першу стадію магнітної сепарації, піски - на магнітні дешламатори МД-5.



*Рис. 1.1 - Технологічна схема СЗ збагачувального комбінату*

Злив МД-5 надходить у відвальні хвости, а піски МД-5 насосами Гр400/40 подаються в операцію магнітної активації суспензії (МАС). Злив МАС направляється в технологічний зумпф для класифікації в гідроциклонах діаметром 500 мм.

Хвости сепарації під дією сили тяжіння надходять в збірний хвостовий лоток.

Злив гідроциклонів другої стадії класифікації під дією сили тяжіння надходить в магнітно-гідралічний класифікатор МГК або в магнітні гідро-сепаратори МГС-5 аналогічно першій стадії класифікації.

Злив МГК направляється в першу стадію магнітної сепарації. Піски МГТС - на МД-5. Злив МД-5 у відвальні хвости. Піски МД-5 насосами типу Гр400/40 подаються в операцію магнітної активації суспензії МАС. Злив МАС повертається в технологічний зумпф для класифікації в гідроциклонах діаметром 500 мм. Магнітний продукт кожної камери МАС направляється на магнітний сепаратор ПБМ НІ-120x300 п'ятої стадії магнітної сепарації.

Концентрат подається:

- на зневоднення в вакуум-фільтрах розташованих в корпусі ЦК-1;
- на зневоднення в вакуум-фільтрах, розташованих в корпусі ЦК-2.

#### **1.4. Магнітні дешламатори, як об'єкт керування.**

*Дешламатор* (англ. *Slugcatcher*) - пристрій, який призначений для видалення шламу з пульпи шляхом відмивання, декантування, класифікації і згущення пульпи різних гірських порід [3].

*Декантація* - механічне відділення твердої фази дисперсної системи (суспензії) від рідкої шляхом зливання розчину з осаду. Рідина, що відділена від осаду методом декантації, називається декантат.

По живлячому жолобу пульпа надходить в загрузочний бак і через намагнічуючі апарати - в чан. Оброблені магнітним полем частинки з'єднуються в групи та інтенсивно осідають на дно чана, а більш легкі частинки шламів спливають і по зливному кільцевому жолобу видаляються з технологічного процесу в хвості. Граблі, обертаючись, переміщують матеріал, який осів на дно чана до розвантажувального пристрою для запобігання запульповки.

Схема загального вигляду дешламатора магнітного МД наведена на рис. 1.2.

Магнітний гідравлічний сепаратор (МГС) на відміну від магнітного дешламатора має:

- обечайку для формування висхідних потоків і виносу шламів з чана;
- піддон для розподілу напруги, розташований нижче завантажувального бака, по діаметру рівний діаметру обечайки;
- магнітну систему, розташовану віялоподібно на металевих куточках між обечайкою і стінками чана. На металевих куточках закріплені постійні магніти стороною (умовно) «південь» зовні для створення віялоподібного замкненого магнітного поля, долаючи яке магнітні частинки флокуруються і рухаються вниз до дна, а частки шламів виносяться на поверхню і віддаляються в зливний жолоб.

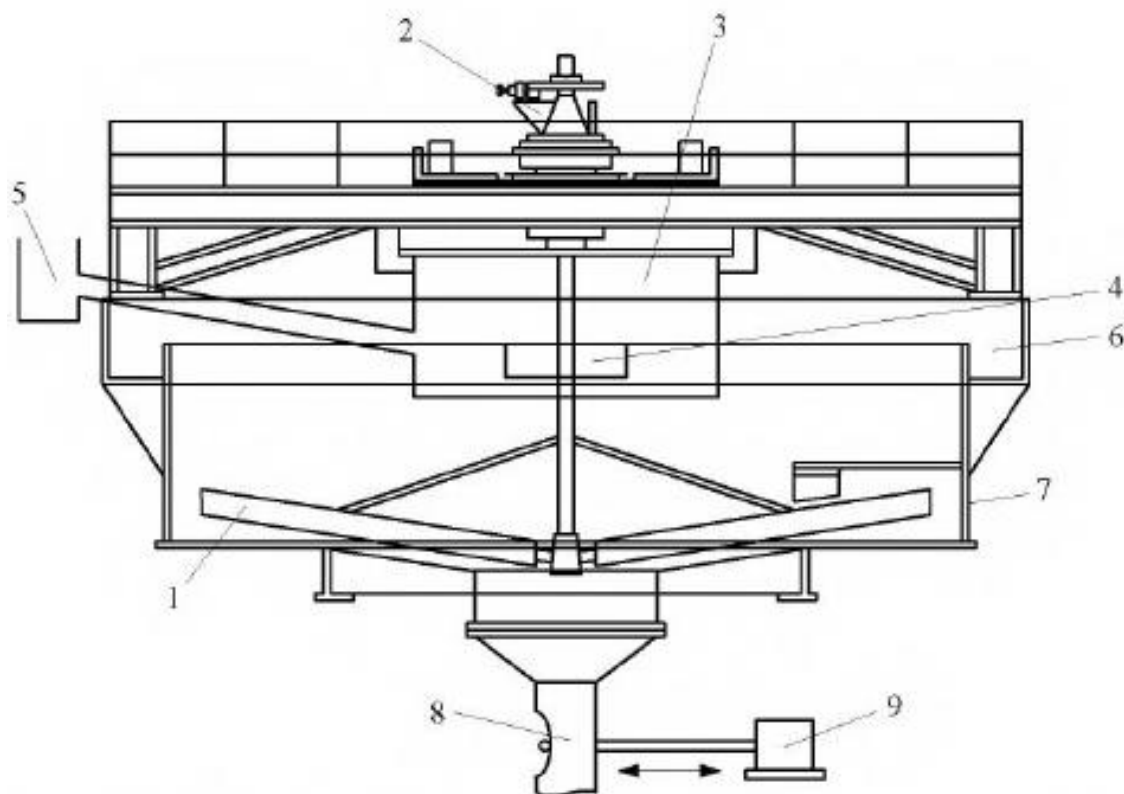


Рис. 1.2 - Загальний вид магнітного дешламатора МД:  
 1-граблини; 2-привід; 3-завантажувальний бак; 4 - намагнічуючі апарати; 5-завантажувальний пристрій; 6 - зливний жолоб; 7-резервуар; 8-розвантажувальний пристрій; 9-виконавчий механізм

Магнітні дешламатори випускають трьох типорозмірів:

МД-5 (діаметр чана 5 м, площа осадження 19,6 м),

МД-9 (діаметр чана 9 м, площа осадження 62 м).

Технічна характеристика магнітних дешламаторів МД-5, МД-9, магнітно-гідравлічного сепаратора МГС-5 приведена в таблиці 1.1:

Таблиця 1.1

Технічна характеристика МД-5, МД-9, МГС-5

№	Назва параметрів	МД-5 (МГС-5)	МД-9
1	Площа осадження, м <sup>2</sup>	19	62,5
2	Масова частка твердого у згущеному продукті, %, не більше	60...70	60...70
3	Кількість намагнічуючих апаратів, шт. (дешламатори)	4	14
4	Частота обертання граблів, об/хв	1,4	0,78
5	Висота підйому граблів, мм	250	400



6	Потужність приводу обертання граблів, кВт	2,8	4,0
7	Габаритні розміри, мм: довжина ширина висота	5400 5300 5350	9440 9200 8300
8	Маса дешламатора без пульпи, кг	11670	27200
9	Продуктивність, т/год	50 (45-50)	Не менше 220

В технології СЗ збагачувального комбінату дешламатор магнітний (МД-5) виконує функцію видалення шламу і згущення пульпи з гідроциклів перед магнітним збагаченням.

У сталому режимі роботи дешламатора щільність пульпи в верхніх шарах дорівнює  $1,05 \text{ т/м}^3$ , в нижніх шарах (в розвантаженні пісків) -  $1,8-2,3 \text{ т/м}^3$ . Зміна щільності відбувається наступним чином: спочатку плавно зростає до  $1,2 \text{ т/м}^3$ , потім різко зростає до  $1,6-1,7 \text{ т/м}^3$  і далі знову плавно зростає до  $2,1 \text{ т/м}^3$  в зоні розвантаження пісків[4].

Рівень магнетитової пульпи повинен знаходитися на відстані 1200 мм від рівня переливу. Якщо рівень її піднімається вище (менше 800 мм від переливу), збільшується можливість втрат магнітного матеріалу в злив. Якщо рівень опускається нижче (більш 1200 мм від переливу) - дешламатор працює нестабільно, можлива зміна щільності в розвантаженні пісків, а так само винесення шламів з пісками.

В результаті видалення немагнітних матеріалів з залізородної пульпи масова частка заліза в згущеному продукті підвищується на 2-4%.

### **1.5. Електропостачання секції збагачення збагачувального комбінату**

Розподіл електроенергії по цеху збагачення, адміністративно-побутового корпусу АПК виконано від головної знижувальної підстанції ГЗП. Підстанція ГЗП 110/6 кВ запитана двома лініями електропередач (ЛЕП) напругою 110 кВ від підстанції.

У корпусі СЗ передбачені підстанції з розподільними пристроями (РП) 6 кВ для споживачів технологічних секцій і окремо стоїть підстанція для споживачів ККД-1. Енергія 6 кВ від ГЗП-1 до РП-6 кВ передається дволанцюговим шинопроводом, до якого підключаються підстанції.

Схема електропостачання виконана за блоковим принципом, тобто всі споживачі, які належать до однієї технологічної секції, отримують живлення від свого РП. Останнє виконано односекційним з підключенням до його шин всіх трансформаторів і високовольтних двигунів даної технологічної секції. Розподільні пристрої 6 кВ по підстанціях можуть секціонуватися за допомогою масляних вимикачів.

#### **1.6. Існуючий стан автоматизації секції збагачення збагачувального комбінату**

Автоматизація секції збагачення збагачувального комбінату являє собою: автоматичні системи управління технологічним процесом (АСУТП) для кожного операторського (диспетчерського) пункту з розбивкою по технологічних секціях (напівсекції).

У цехах збагачення здійснюється автоматичний контроль наступних технологічних параметрів:

- швидкості живильників - сигнал від тиристорного перетворювача (ТЕ-4) керування швидкістю живильників;
- витрат води до млину - електромагнітним витратоміром.
- потужності електроприводу млину ММС - перетворювачем потужності Е829;
- щільність зливу класифікатора 1 стадії подрібнення – радіоізотопним щільномірами (РЩ-24);
- потужності електропривода млину МРГ - перетворювачем потужності Е829;
- продуктивності секції по руді - лічильником палет живильників з безконтактним датчиком КВП-16;

- піскового навантаження класифікаторів першої та другої стадій подріблення - по сигналу струму, споживаного електродвигунами приводів класифікаторів.

Всі технологічні параметри через мікропроцесорні (МП) контролери S7 400 надходять в АСУТП на комп'ютери, які встановлені в операторських і диспетчерських пунктах і в інформаційну мережу комбінату.

Автоматичне управління технологічним процесом здійснюється за допомогою схем автоматичного регулювання (САР), виконаних на базі мікропроцесорних контролерів S7-400.

На даний момент в секції збагачення збагачувального комбінату автоматизація технологічного процесу дешламації - відсутня.

Управління розвантаженням дешламатора здійснюється вручну, за результатами ручного відбору проб в розвантаженні (щільність пульпи, що визначається за допомогою ємності і вагів), обслуговуючим персоналом.

Недоліки існуючої системи керування переділом дешламації секції збагачення збагачувального комбінату полягають у наступному:

1. Системи автоматичного розвантаження дешламаторів в секції збагачення збагачувального комбінату - відсутні.
2. Системи автоматичної стабілізації рівня переливу дешламаторів в секції збагачення збагачувального комбінату - відсутні.
3. Керування переділом дешламації в секції збагачення збагачувального комбінату проводиться вручну.
4. Дистанційний контроль і дистанційне керування технологічним процесом - відсутні
5. Не забезпечується можливість проведення технологічного процесу в оптимальному режимі за кількісними і якісними характеристиками продукту.

## **ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1**

1. Розглянутий технологічний процес та існуючий стан автоматизації секції збагачення збагачувального комбінату. Виявлено, що управління розвантаженням дешламатора здійснюється вручну обслуговуючим персоналом за результатами ручного відбору проб в розвантаженні.
2. На основі технічних характеристик магнітного дешламатора, його функціональних можливостей та принципу роботи у різних режимах обрано магнітний дешламатор, як об'єкт керування.
3. Проаналізовані недоліки існуючої системи керування переділом дешламації секції збагачення збагачувального комбінату і визначені шляхи інтеграції системи автоматизованого керування дешламатора в технологічний процес.

## **РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ РОЗРОБЛЕННЯ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ ПЕРЕДІЛУ ДЕШЛАМАЦІЇ СЕКЦІЇ ЗБАГАЧЕННЯ ЗБАГАЧУВАЛЬНОГО КОМБІНАТУ**

**2.1. Технічні вимоги до комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування технологічним процесом переділу дешламації секції збагачення збагачувального комбінату**

### **2.1.1. Функціональні вимоги**

Функції комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування дешламатора:

1. Керування дешламатором секції збагачення з єдиного диспетчерського пункту[5]:

- візуальний контроль параметрів технологічного об'єкта;
- дистанційне керування технологічним об'єктом;
- віддалений запуск/зупинка технологічного об'єкта.

2. Контроль основних параметрів роботи дешламатора:

- щільність пульпи при розвантаженні дешламатора;
- рівень переливу дешламатора (висота переливу);
- рівень магнетиту;
- кількість додаткової води;
- положення ВМ додаткової води;
- положення ВМ розвантаження дешламатора.

3. Захисні функції механічного і електричного обладнання:

- попереджувальна та аварійна сигналізація;
- підсистеми протиаварійного захисту (блокувальні залежності).

4. Функції автоматичного керування:

Для здійснення автоматичної роботи дешламатора необхідно розробити комп'ютерно-інтегровану систему автоматизованого керування

дешламатором секції збагачення збагачувального комбінату, яка буде включати наступні контури керування[6]:

- Контур регулювання рівня магнетиту дешламатора (керування виконавчим механізмом в розвантаженні).
- Контур регулювання рівня переливу (керування виконавчим механізмом в засувки додаткової води).

### **2.1.2. Технічні (апаратні) вимоги**

Передбачувана комп'ютерно-інтегрована система автоматизованого керування технологічними процесами повинна забезпечувати технологічному персоналу оптимізацію режимів роботи технологічного обладнання переділу дешламації таким чином, щоб забезпечувався баланс між збільшенням виходу готового продукту і його якісними характеристиками, обумовленими подальшими операціями технологічного процесу секції збагачення:

1. Автоматизація переділу дешламації повинна передбачати встановлення датчиків контролю параметрів і виконавчих механізмів[7].

Устаткування автоматизації повинно відповідати кращим вітчизняним і зарубіжним зразкам, і забезпечувати максимальну уніфікацію.

Все обладнання автоматизації, що поставляється, повинно мати сертифікати затвердженого типу для засобів вимірювання і дозвіл на право ввезення та застосування його в Україні. Все обладнання автоматизації повинно мати сертифікати Укртехнагляду.

Все обладнання, яке встановлюється за місцем повинно мати клас захисту від пилу і вологи - не гірше IP65.

Вторинні прилади повинні мати струмові виходи 4-20 мА з протоколом HART[8].

Передбачити майданчики для технічного обслуговування приладів, що встановлюються за місцем.

2. Комп'ютерно-інтегрована система автоматизованого керування дешламатором секції збагачення збагачувального комбінату повинна бути реалізована на основі стаціонарного шафового контролерного обладнання, побудована за децентралізованим принципом на базі сучасних контролерів і розподіленої периферії збору інформації, засобів зв'язку і комунікацій[9]. Комп'ютерно-інтегрована система автоматизованого керування повинна мати можливість масштабування і подальшого розширення.

Система керування секції збагачення реалізована на базі контролерів фірми Siemens. На ГЗК застосовуються контролери Siemens S7-416 (H, F) 2DP з розподіленою периферією на базі польової шини Profibus DP і модулів ET200M[10]; на рівні людино-машинного інтерфейсу в основному застосовуються однокористувацька технологія:

- сервера: Hewlett-Packard;
- шафи: Rittal;
- клемники: Phoenix Contact, Wago;
- електроапаратура захисна: Siemens, Schneider Electric, ABB;
- блоки живлення: Siemens, Phoenix Contact.

В якості АРМ використовувати офісні ПК з додатковими вимогами:

- в кожен АРМ оператора та інженерну станцію встановлюється або комунікаційний процесор Industrial Ethernet CP1613 (CP1628)[11], або друга мережева карта Ethernet, які включаються в мережу Industrial Ethernet разом з контролером (контролерами);
- на материнській (системній) платі повинен бути відповідний слот для установки додаткового обладнання, вбудована мережева карта

включається в мережу Ethernet комбінату для передачі даних в інформаційні системи верхнього рівня (технологічну, аналітичну);

- АРМи оператора та інженерні станції розташовуються в приміщеннях операторів-технологів по близькості до технологічного процесу;

- контролерні шафи розташовуються в спеціально організованій гермозоні[12].

3. Режим роботи комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування дешламатором секції збагачення збагачувального комбінату - безперервно-дискретний[13], що поєднує безперервну роботу цеху з переривчастими режимами секцій.

4. Термін служби не менше 10 років.

5. Всі технічні засоби повинні бути заземлені на відповідні контуру заземлення в відповідність з ПУЕ[14].

### **2.1.3. Програмні вимоги**

Програмне забезпечення комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування переділу дешламації секції збагачення збагачувального комбінату має реалізувати функції[15]:

- візуального контролю за ходом ТП і його параметрами;
- керування роботою і контролю режимів технологічного обладнання, вироблення впливів, які задають для переходу на інший технологічний режим;
- архівування та документування даних;
- взаємодії з програмним забезпеченням верхнього рівня (АСУТП об'єктів).

Програмне забезпечення комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування повинно відповідати наступним вимогам[16]:



- має використовуватися програмне забезпечення для ПЛК - Step7 і SCADA – WINCC;

- програмне забезпечення ПЛК- Step7 повинно мати чітку структуру, яка передбачає собою обробку кожної точки вимірювання, обладнання, контуру регулювання в окремому програмному осередку (функції, функціональному блоці). Програмний код повинен формуватися мовою LAD / FBD, STL[17]:

- кожна точка повинна мати свій окремий блок даних, на основі якого формуються теги для НМІ системи;

- всі теги в програмі, вхідні/вихідні змінні, функції і блоки даних коментується максимально зрозумілою мовою;

- всі призначені для користувача повідомлення повинні формуватися в контролерах і передаватися в систему візуалізації через компіляцію, повідомлення повинні містити інформацію зручну для сприйняття, обов'язково державною мовою;

- робота з екранами при можливості організована через вбудовану систему Project Edition (формування стандартних екранів системи PCS 7);

- повинні бути розроблені специфікації програм (системних, прикладних, спеціальних), опис структури програмного забезпечення і його функціонування, опис програм контролерів і його функціонування;

- повинні бути розроблені інструкції з інсталяції ПО, інструкції оператора по роботі зі SCADA, переліки сигналів і тегів з адресами вхідів/виходів контролерів[18];

- для кожної системи візуалізації (ПК або панель оператора) виробник повинен мати (або розробити) OPC-Server для передачі даних в мережу комбінату;

- виробником має бути представлено докладний опис способів адресації до елементів даних OPC-Server.

Комплект поставки системи повинен включати[19]:

- програмне забезпечення комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування дешламатором секції збагачення для контролерів, операторських станцій, панелей керування;
- пакети базового програмного забезпечення (середовища розробки) для контролерів, операторських станцій, панелей керування.

#### **2.1.4. Вимоги до структури системи керування**

В рамках комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування дешламатором секції збагачення збагачувального переділу дешламації застосовується розподілена система керування технологічним процесом, призначена для забезпечення автоматизації технологічних процесів на базі вимірювальної інформації, що передається з контрольних датчиків, приладів та автоматики, включаючи збір і обробку первинної інформації про параметри технологічних процесів; архівування, зберігання та передачу інформації на вищі рівні керування ЗК; обчислення показників, що характеризують процес дешламації; формування команд і керуючих впливів, а також сигналів аварійного захисту.

Пропонується трирівнева, розподілена автоматизована система керування[20]:

**Нижній (польовий) рівень** комп'ютерно-інтегрована система автоматизованого керування дешламатором секції збагачення збагачувального комбінату забезпечує збір даних з параметрів технологічного процесу і стану обладнання, реалізує керуючі впливи. Основними технічними засобами нижнього рівня є вимірювальні перетворювачі (датчики) температури, тиску, витрат, щільності, рівня, каламутності і т. і.; виконавчі механізми та пристрої приводів засувки і насосів.

**Середній рівень** виконує завдання автоматичного керування і регулювання, пуску і зупинки обладнання, логіко-командного керування, аварійних відключень і захистів. Середній рівень реалізується на основі промислових логічних контролерів (ПЛК). Складається з: шафи розподіленого вводу-виводу і керування на базі ПЛК, базового і прикладного програмного забезпечення, модулів введення-виведення, комунікаційних модулів і т. і.; місцеві шафи керування з відповідним обладнанням; засоби обміну даними з іншими рівнями автоматизованої системи керування технологічним процесом.

**На верхньому рівні** за участю оперативного персоналу вирішуються завдання диспетчеризації процесу, оптимізації підрахунку техніко-економічних показників виробництва, візуалізації та архівування процесу, діагностики і корекції програмного забезпечення системи. Верхній рівень комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування дешламатором секції збагачення збагачувального комбінату реалізується на SCADA та сервера технологічної бази даних, телекомунікаційного обладнання і автоматизованих робочих місць інженерно-технічного персоналу.

### **2.1.5. Вимоги до надійності системи керування**

Надійність роботи функціонування комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування дешламатором секції збагачення забезпечується наступними способами:

- використання тільки перевірених, сертифікованих (в тому числі для роботи в умовах небезпечних виробництв) і технічних засобів виробництва, які добре себе зарекомендували, провідних фірм-виробників (Siemens, Phoenix Contact, Schneider Electric, МОХА та інші);[21]

- забезпечення гарантованого живлення шафи за допомогою ДБЖ;

- захист від несанкціонованого доступу;
- можливість організації резервуючих каналів передачі даних;
- діагностика роботи і контроль несправності технічних засобів, які застосовуються в складі шафи керування.

## **2.2. Розроблення структурної та функціональної схем комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування технологічним процесом переділу дешламації секції збагачення збагачувального комбінату**

Комп'ютерно-інтегрована система автоматизованого керування технологічним процесом переділу дешламації секції збагачення збагачувального комбінату включатиме такі контури автоматичного керування[22]:

- контур регулювання рівня магнетиту дешламатора (керування виконавчими механізмом в розвантаженні).
- контур регулювання рівня переливу (керування виконавчим механізмом в засувки додаткової води).

В комп'ютерно-інтегрованій системі автоматизованого керування переділу дешламації пропонується використання наступних контрольно-вимірювальних приладів[23]:

- датчик вимірювання рівня магнетиту дешламатора;
- датчик вимірювання рівня переливу дешламатора;
- датчики положень виконавчих механізмів подачі додаткової води і розвантаження.

Структурна схема системи автоматизованого керування переділу дешламації наведена на рис. 2.1.

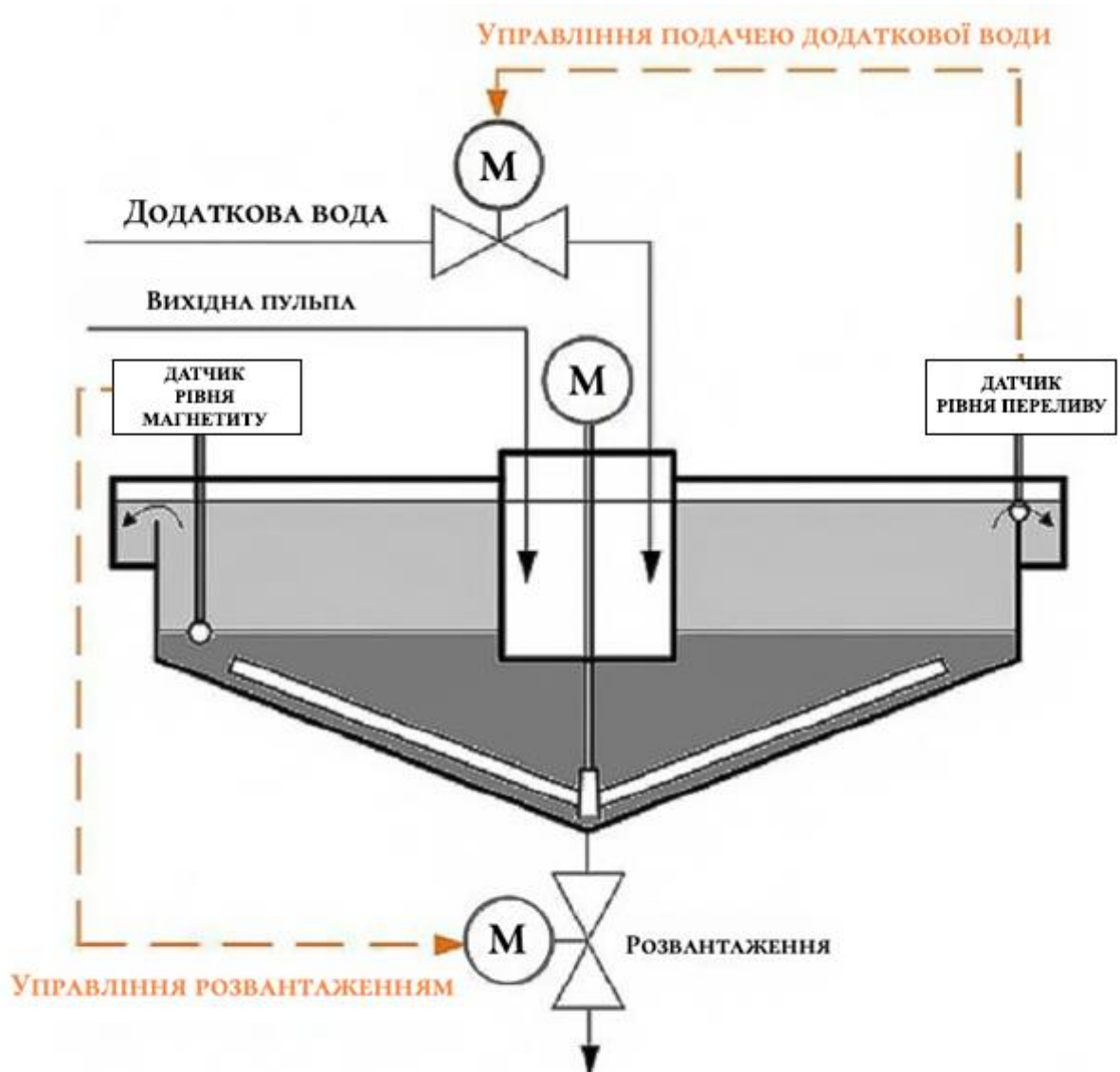


Рис. 2.1 - Структурна схема системи автоматизованого керування переділу дешламачії

Датчик рівня магнетиту в зоні розвантаження побічно визначає щільність пульпи, а це, в свою чергу, визначає необхідність відповідного керування розвантажувальним пристроєм дешламатора.

На підставі показів датчика рівня магнетиту здійснюється керування виконавчим механізмом розвантаження дешламатора. Наприклад, при підвищенні поточного рівня магнетиту вище заданого значення – система керування збільшить ступінь відкриття розвантажувального пристрою; при зменшенні поточного рівня магнетиту нижче заданого - ступінь відкриття розвантажувального пристрою зменшиться.

Датчики рівня переливу на зливному жолобі необхідний для контролю і керування процесом відмивання концентрату від кремнію і порожньої породи.

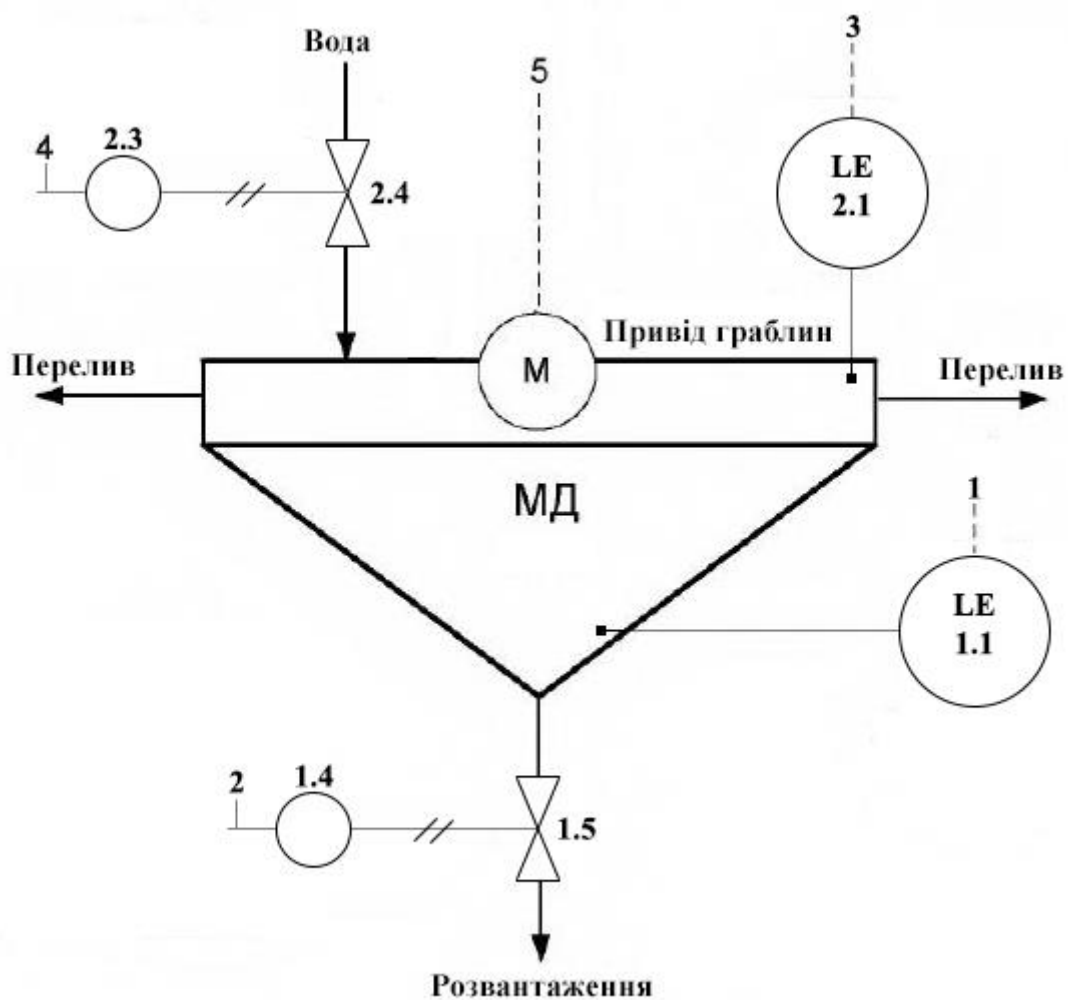
На підставі показів датчика рівня переливу здійснюється керування виконавчим механізмом додаткової води в дешламатор.

Наприклад, при підвищенні поточного рівня переливу вище заданого значення - система керування зменшить ступінь відкриття виконавчого механізму засувки додаткової води; при зменшенні поточного рівня переливу нижче заданого - система керування збільшить ступінь відкриття виконавчого механізму засувки додаткової води.

Таким чином, при будь-якій зміні кількісних параметрів процесу відмивання залізорудного концентрату система керування самостійно коригує роботу дешламатора.

Функціональна схема є одним з основних конструкторських документів, що визначають порядок, склад і обсяг автоматизації технологічних установок і окремих агрегатів промислового об'єкта.

На підставі поставленого завдання була розроблена функціональна схема автоматизації технологічного процесу переділу дешламації секції збагачення збагачувального комбінату, яка наведена на рис. 2.2.



	1	2	3	4	5
ПРИЛАД ЗА МІСЦЕМ	LI 1.2				NS 3.2
ЩИТ КЕРУВАННЯ	LC 1.3		LICA 2.2		HS 3.1
КОНТУР РЕГУЛЮВАННЯ	САК РОЗВАНТАЖЕННЯ ЗА РІВНЕМ МАГНЕТИТУ		САК ПОДАЧІ ДОДАТК. ВОДИ ЗА РІВНЕМ ПЕРЕЛИВУ		ЗАПУСК/ЗУПИНКА

Рис. 2.2 - Функціональна схема автоматизації технологічного процесу переділу дешламації

На функціональній схемі автоматизації технологічного процесу переділу дешламації секції збагачення збагачувального комбінату прийняті наступні позначення:

М – електропривід;

1.1 – первинний перетворювач рівня магнетиту;

1.2 – прилад показуючий рівень магнетиту;

1.3 – регулятор;

1.4. – виконавчий механізм, який у разі припинення подачі керуючого сигналу не змінює положення регулюючого органу 1.5;

2.1. – первинний перетворювач рівня переливу;

2.2 – прилад показуючий рівень переливу, з сигналізацією;

2.3. – виконавчий механізм, який у разі припинення подачі керуючого сигналу не змінює положення регулюючого органу 2.4;

3.1 – кнопкова станція;

3.2 – електромагнітний пускач.

**2.3. Розроблення математичного забезпечення комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування технологічним процесом переділу дешламації секції збагачення збагачувального комбінату**

**2.3.1. Контур регулювання рівня магнетиту дешламатора.**

**2.3.1.1. Розроблення структури контуру регулювання рівня магнетиту дешламатора**

В даній дипломній роботі на основі розроблено структуру контуру (підсистеми) регулювання рівня магнетиту в дешламаторі секції збагачення збагачувального комбінату, яка наведена на рис. 2.3.

До складу контуру (підсистеми) регулювання рівня магнетиту дешламатора входить:

- елемент завдання (завдання бажаного значення рівня магнетиту від оператора);



- датчик рівня магнетиту (поточне вимірне значення рівня магнетиту);
- ПІД - регулятор;
- блок обмеження амплітуди керуючого впливу (формування завдання по витраті пульпи в розвантаженні дешламатора);
- регулятор релейного типу;
- виконавчий механізм (ВМ);
- засувка розвантаження дешламатора;
- об'єкт керування (дешламатор).

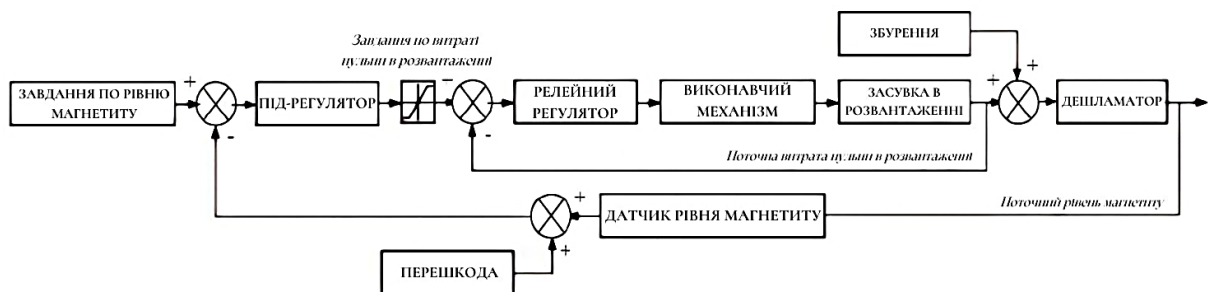


Рис. 2.3 - Структурна схема контуру регулювання рівня магнетиту

### 2.3.1.2. Математичний опис об'єкта керування (дешламатора)

Модель об'єкта керування (дешламатора) математично можна представити передавальною функцією у вигляді інтегратора.

На вході моделі об'єкта керування (дешламатора) – різниця між витратою магнетитових частинок, які осідають на дно резервуара, і витратою магнетиту з розвантажувального пристрою дешламатора.

На виході моделі об'єкта керування (дешламатора) – рівень магнетиту в резервуарі дешламатора.

Процес осадження магнетитових частинок моделюється елементом «Збурення».



### 2.3.1.3. Математичний опис виконавчого механізму розвантаження дешламатора

Пристрій розвантаження дешламатора складається з:

- виконавчий механізм з електроприводом;
- регульований клапан (прямоточний шланговий запірний).

З досліджень розвантажувального пристрою дешламатора і технічних характеристик виконавчого механізму, номінальний час проходу виконавчого механізму з початкового в кінцеве положення – 400 с.

Математична модель виконавчого механізму прийме наступний вигляд:

$$W_{\text{вм}} = 100/6,66 * S, \quad (2.2)$$

де в чисельнику моделі наведено коефіцієнт 100, як відношення повного ступеня відкриття засувки розвантаження дешламатора до значення максимального вхідного сигналу на вході.

Коефіцієнт в знаменнику, представлений у вигляді постійної часу виконавчого механізму, дорівнює часу проходу виконавчого механізму з початкового в кінцеве положення:  $T_{\text{вм}} = 400 \text{ с} = 6,66 \text{ хв}$ .

### 2.3.1.4. Математичний опис засувки в розвантаженні

Засувка в розвантаженні являє собою регульований клапан (прямоточний шланговий запірний).

Математична модель даного регульованого клапану являє собою коефіцієнт посилення, який рівний відношенню витрат магнетиту в розвантаженні до ступеня відкриття засувки в регламентному режимі роботи дешламатора:

$$K 220 \text{ т / год / } 80\% 2,75. \quad (2.3)$$

### 2.3.1.5. Математичний опис регулюючого пристрою

Так, як математичний опис об'єкта керування (дешламатора) представлено інтегруючою ланкою, то в якості регулятора обираємо ПІД-регулятор. Даний регулюючий пристрій формує завдання по витраті на розвантаження дешламатора.

Абревіатура ПІД походить від англійського поняття PID, і розшифровується як Proportional, Integral, Derivative. Українською мовою це скорочення включає в себе три компоненти або складові: пропорційну, інтегруючу, диференціюючу. Принцип роботи ПІД-регулятора найкращим чином підходить для контурів керування, схема яких обладнана ланками зворотного зв'язку. В першу чергу, це різні автоматичні системи, де формуються сигнали керування, що забезпечують високу якість і точність перехідних процесів.

До складу керуючого сигналу ПІД-регулятора входять три основних компоненти, що складаються між собою. Кожен з них знаходиться в пропорції з певною величиною:

Перший - з сигналом неузгодженості.

Другий - з інтегралом сигналу неузгодженості.

Третій - з похідною сигналу неузгодженості.

У блоці обмеження амплітуд задаєм межі витрати в розвантаженні від 0 до 275 м<sup>3</sup>/год.

### 2.3.1.6. Синтез контуру регулювання рівня магнетиту дешламатора

В даній дипломній роботі зроблено синтез контуру регулювання рівня магнетиту дешламатора в середовищі Matlab (рис. 2.5).

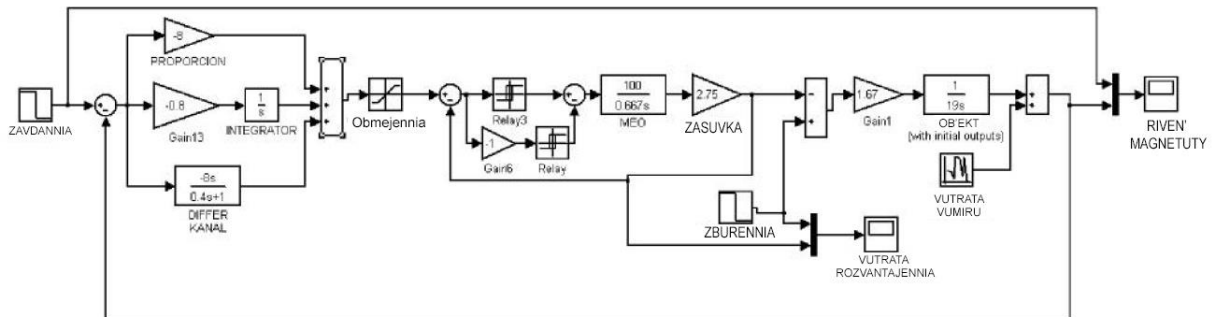


Рис. 2.5 - Структурна схема контуру регулювання рівня магнетиту дешламатора в середовищі MatLAB

Оптимальні коефіцієнти ПІД-регулятора для контуру регулювання рівня магнетиту дешламатора були знайдені у наслідок виконання процедури NCD в Matlab.

Моделювання контуру регулювання рівня магнетиту дешламатора в середовищі MatLAB виконувалося при наступних початкових умовах:

- нехай витрата флокулу магнетиту спочатку був  $190 \text{ м}^3/\text{год}$ , а потім зменшується до  $170 \text{ м}^3/\text{год}$ ;
- завдання по рівню магнетиту 80% до 10-ї хвилини, а потім зменшується до 75%.
- час моделювання 80 хвилин.

### 2.3.1.7. Результати моделювання контуру регулювання рівня магнетиту дешламатора

Перехідні характеристики зміни завдання за рівнем магнетиту і поточного рівня магнетиту показані на рисунку 2.6.

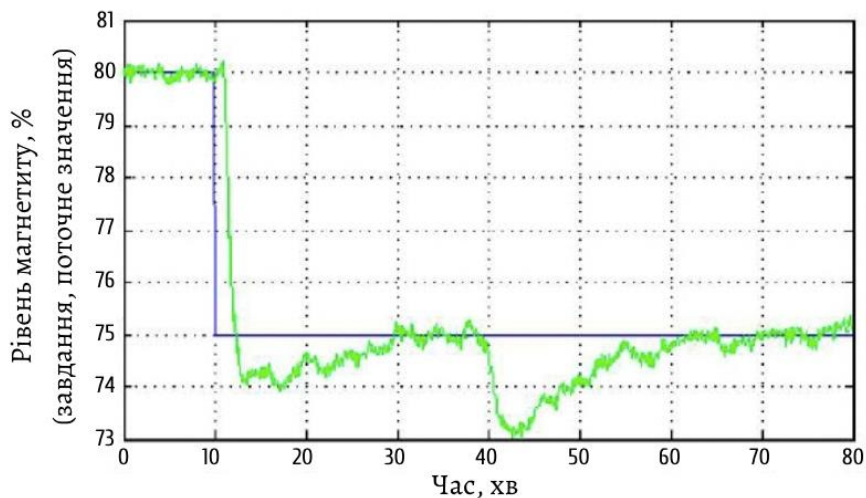


Рис. 2.6 – Завдання та поточний рівень магнетиту

Перехідні характеристики зміни витрати осадження магнетиту (вихідне живлення дешламатора) і витрати через пристрій розвантаження на виході дешламатора показані на рисунку 2.7.

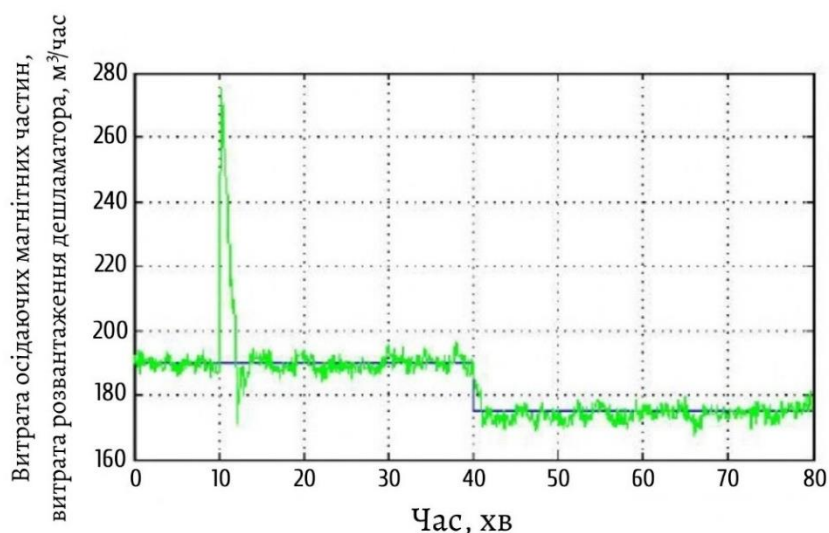


Рис. 2.7 - Витрата магнетиту в живленні і витрата в розвантаженні

Аналіз перехідних характеристик показав хороші результати роботи системи керування, як в режимі зміни завдання, так і в режимі компенсації збурення.

## 2.3.2 Контур регулювання рівня переливу дешламатора

### 2.3.2.1. Розроблення структури контуру регулювання рівня переливу дешламатора

В даній дипломній роботі розроблено структуру контуру (підсистеми) регулювання рівня переливу в дешламаторі секції збагачення збагачувального комбінату, яка наведена на рис. 2.8.

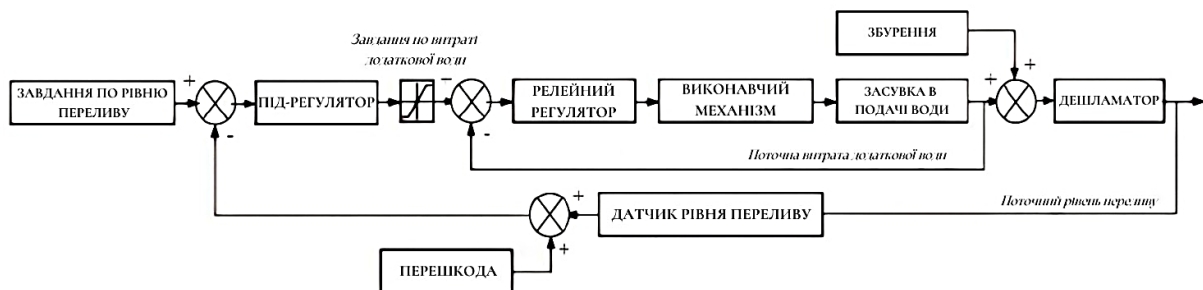


Рис. 2.8 - Структурна схема контуру регулювання рівня переливу

До складу контуру (підсистеми) регулювання рівня переливу в дешламаторі входять:

- елемент завдання (завдання бажаного значення рівня переливу від оператора);
- датчик рівня переливу - рівнемір (поточне виміряне значення рівня магнетиту);
- ПІД-регулятор;
- блок обмеження амплітуди керуючого впливу (формування завдання по витраті води);
- регулятор релейного типу;
- виконавчий механізм;
- засувка подачі технічної води;
- об'єкт керування (дешламатор).

### 2.3.2.2. Математичний опис об'єкта керування (дешламатора)

Модель об'єкта керування (дешламатора) математично можна уявити передавальною функцією у вигляді інтегратора.

На вході моделі об'єкта керування (дешламатора) – різниця між витратою вхідного потоку і витратою води через перелив дешламатора.

Витрата загального вхідного потоку буде дорівнювати сумі витрат нової додаткової води і витрати подачі пульпи на вході дешламатора з вирахуванням витрат магнетиту в розвантаженні дешламатора.

На виході моделі об'єкта керування (дешламатора) рівень переливу в кільцевий жолоб дешламатора.

При побудові моделі імітацію витрати подачі пульпи на вході дешламатора і витрати магнетиту в розвантаженні дешламатора зробимо в блоці «Збурення».

Зробимо розрахунок коефіцієнта посилення об'єкта керування (дешламатора):

$$K = 1/S_{\text{пер}}, \quad (2.4)$$

де  $S_{\text{пер}}$  - площа горизонтального перерізу дешламатора на рівні робочої зони переливу. Нехай площа горизонтального перерізу дешламатора на рівні робочої зони переливу дорівнює  $115 \text{ м}^2$ , при діаметрі дешламатора 12 м.

При вимірюванні поточного рівня переливу при моделюванні враховуємо дію на систему перешкоди вимірювання.

Для переходу від годинної витрати до хвилинної (так як час моделювання вимірюється в хвилинах) потрібно витрату на вході об'єкта керування розділити на 60.



Рівень переливу вимірюється в сантиметрах, тому для переходу від рівня переливу в метрах до рівня переливу в сантиметрах потрібно витрату на вході об'єкта керування помножити на 100.

Тому використовуємо на вході об'єкта керування додатковий коефіцієнт  $100/60 = 1,67$ .

Математична модель об'єкта керування (дешламатора) буде представлена наступним чином на рис. 2.9.

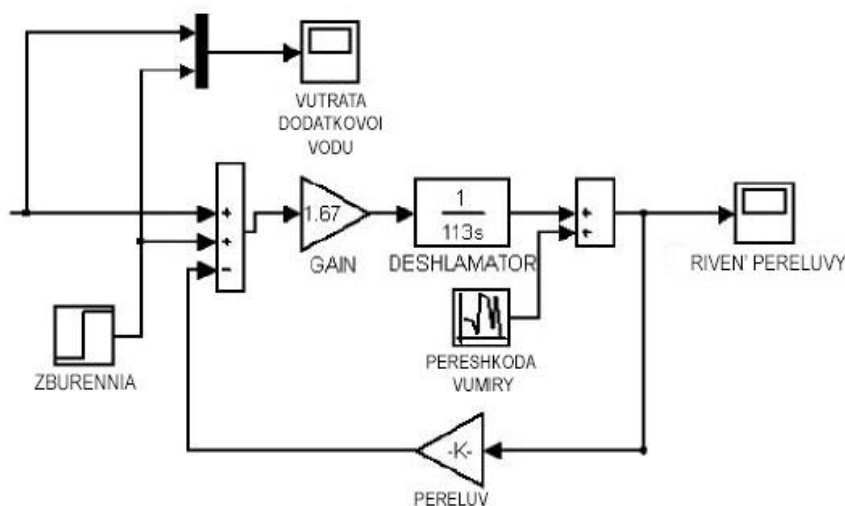


Рис. 2.9 - Математична модель об'єкта керування (дешламатора)

У даній структурі моделі об'єкта негативний зворотний зв'язок з виходу заводиться на вхід об'єкта з наступних причин: чим більший рівень переливу, тим більше рідини витікає через цей перелив.

### 2.3.2.3. Математичний опис виконавчого механізму подачі додаткової води

З досліджень дешламатора і технічних характеристик виконавчого механізму подачі нової додаткової води, номінальний час проходження виконавчого механізму з початкового в кінцеве положення - 63 секунди.

Математична модель виконавчого механізму прийме наступний вигляд:

$$W_{\text{ВМ}} = 100/1,05 * S, \quad (2.5)$$

де в чисельнику моделі наведено коефіцієнт 100, як відношення повного ступеня відкриття засувки додаткової води дешламатора до значення максимального вхідного сигналу на вході.

Коефіцієнт в знаменнику, представлений у вигляді постійної часу виконавчого механізму, дорівнює часу проходження виконавчого механізму з початкового в кінцеве положення:  $T_{\text{вм}} = 63 \text{ с} = 1,05 \text{ хв}$ .

#### **2.3.2.4. Математичний опис засувки подачі додаткової води**

Засувки подачі додаткової води є регульованою. Витрата додаткової води знаходиться в межах  $0 - 72 \text{ м}^3/\text{год}$ .

Математична модель даної регульованої засувки являє собою коефіцієнт посилення, який дорівнює відношенню витрат додаткової води до ступеня відкриття засувки в регламентному режимі роботи дешламатора:

$$K = 72 \text{ м}^3/\text{год} / 100\% = 0,72. \quad (2.6)$$

#### **2.3.2.5. Математичний опис регулюючого пристрою**

Так як математичний опис об'єкта керування (дешламатора) представлено інтегруючою ланкою, то в якості регулятора вибираємо ПІД-регулятор. Даний регулюючий пристрій формує завдання витрати на розвантаження дешламатора.

У блоці обмеження амплітуд задаємо межі витрати в розвантаженні від 0 до  $72 \text{ м}^3/\text{год}$ .

### 2.3.2.6. Синтез контуру регулювання рівня переливу дешламатора

В даному дипломному проєкті розробляється синтез контуру регулювання рівня переливу дешламатора в середовищі MatLAB (рис. 2.10).

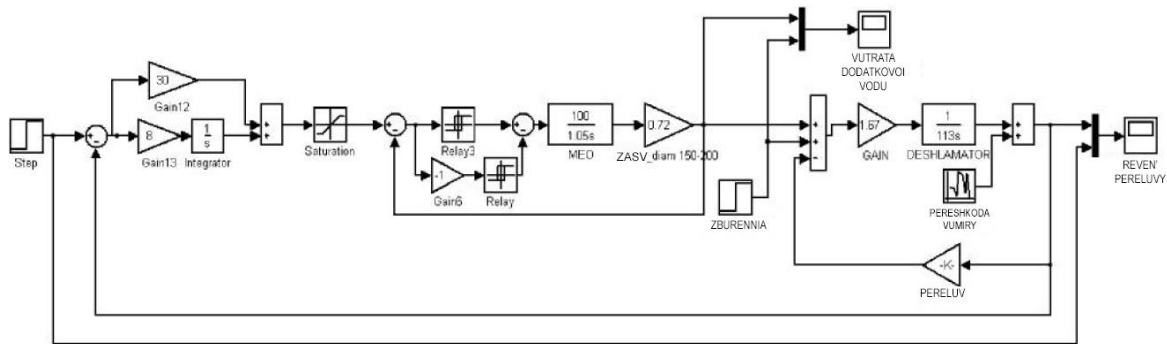


Рис. 2.10 - Структурна схема контуру регулювання рівня переливу дешламатора в середовищі MatLAB

Оптимальні коефіцієнти ПІД-регулятора для контуру регулювання рівня переливу дешламатора були знайдені у спосіб виконання процедури NCD в Matlab.

Моделювання контуру регулювання рівня переливу дешламатора в середовищі MatLab вироблялося при наступних початкових умовах:

- нехай, дія збурення спочатку була  $250 \text{ м}^3/\text{год}$ , а потім збільшилася до  $270 \text{ м}^3/\text{год}$ .
- завдання за рівнем переливу було 8 см до 35-ї хвилини, а потім збільшилося 10 см.
- час моделювання 60 хв.

### 2.3.2.7. Результати моделювання контуру регулювання рівня переливу дешламатора

Перехідні характеристики зміни завдання за рівнем переливу і поточного рівня переливу показані на рисунку 2.11.

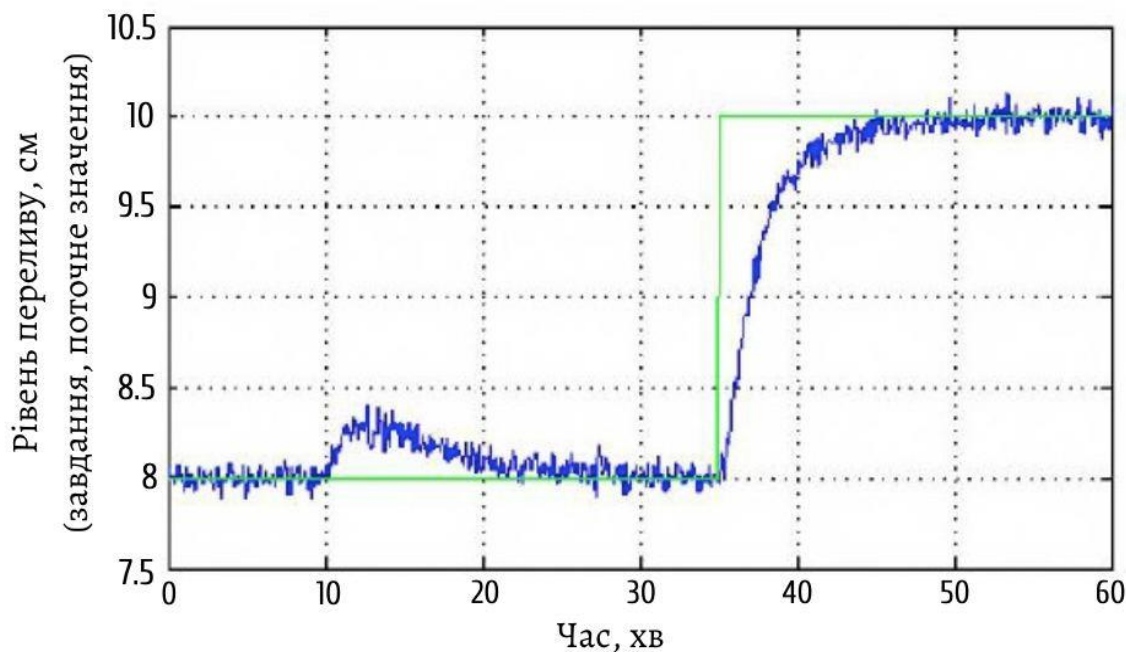


Рис. 2.11 - Завдання і поточний рівень переливу дешламатора

Перехідні характеристики зміни впливу збурення витрати технічної води наведені на рисунку 2.12.

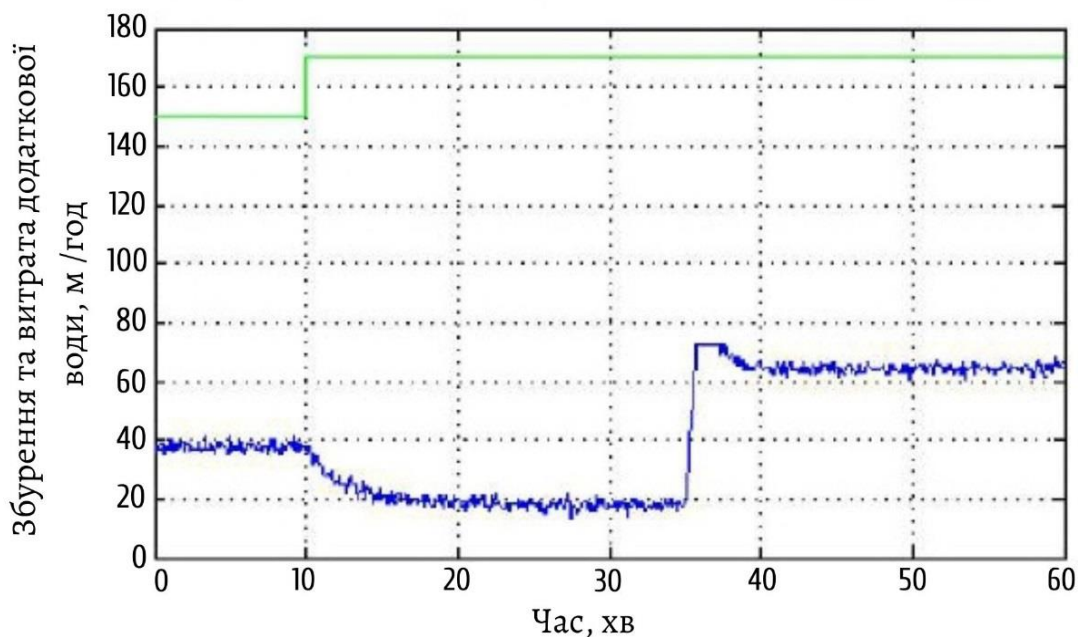


Рис. 2.12 - Збурення та витрата технічної води

Аналіз перехідних характеристик показав, хороші результати роботи системи керування, як в режимі зміни завдання, так і в режимі компенсації збурення.

## ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

1. Розроблені функціональні, технічні (апаратні), програмні вимоги та вимоги до структури та надійності комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування технологічним процесом переділу дешламації секції збагачення збагачувального комбінату.
2. На основі висунутих вимог розроблено структурну та функціональну схеми комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування технологічним процесом переділу дешламації секції збагачення збагачувального комбінату.
3. Запропоновано структуру та математичне забезпечення контуру регулювання рівня магнетиту в дешламаторі секції збагачення збагачувального комбінату, які синтезовані в середовищі Matlab. Аналіз перехідних характеристик за результатами моделювання в середовищі Matlab показав хороші результати роботи системи керування, як в режимі зміни завдання, так і в режимі компенсації збурення.
4. Запропоновано структуру та математичне забезпечення контуру регулювання рівня переливу в дешламаторі секції збагачення збагачувального комбінату, які синтезовані в середовищі Matlab. Аналіз перехідних характеристик за результатами моделювання в середовищі Matlab показав хороші результати роботи системи керування, як в режимі зміни завдання, так і в режимі компенсації збурення.

### РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА РЕАЛІЗАЦІЯ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ ДЕШЛАМАТОРА СЕКЦІЇ ЗБАГАЧЕННЯ ЗБАГАЧУВАЛЬНОГО КОМБІНАТУ

У даному розділі проводиться розроблення інформаційного забезпечення комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування технологічним процесом переділу дешламації секції збагачення збагачувального комбінату, яке показано у вигляді переліку вхідної та вихідної інформації для контролера.

*Таблиця 3.1*

*Інформаційне забезпечення комп'ютерно-інтегрованої системи  
автоматизованого керування технологічним процесом дешламатора  
секції збагачення збагачувального комбінату*

№	Назва сигналу	Тип сигналу
1	Рівень магнетиту	AI
2	Рівень переливу	AI
3	Положення виконавчого механізму пристрою розвантаження	AI
4	Положення виконавчого механізму засувки додаткової води	AI
5	Керування засувкою розвантаження дешламатора	DO
6	Керування засувкою додаткової води	DO
7	Керування засувкою подачі живлення	DO
8	Запуск/зупинка приводу граблін дешламатора	DI

### **3.1. Розроблення алгоритмічного забезпечення комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування технологічним процесом дешламатора секції збагачення збагачувального комбінату**

#### **3.1.1. Алгоритм контуру регулювання рівня магнетиту дешламатора**

На рисунку 3.1 наведено алгоритм контуру регулювання рівня магнетиту дешламатора.

Алгоритм контуру регулювання рівня магнетиту дешламатора, як основний контур функціонування нижнього рівня комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування технологічним процесом дешламації, реалізовується у вигляді програми для контролера і повинен забезпечувати виконання контролером основних функцій.

Основні функції алгоритму, що розробляється:

- налаштування контролеру та ініціалізація змінних;
- збір даних з датчиків польового рівня і уставок від оператора. Контролер опитує значення завдання рівня магнетиту і поточне значення, виміряне датчиком рівня магнетиту в дешламаторі;
- проводиться аналіз отриманої інформації з метою недопущення аварійних ситуацій. У разі виникнення аварії відбувається оповіщення оператора[27];
- проводиться прийняття керуючих рішень на основі наявної інформації про хід технологічного процесу дешламації. Проводиться розрахунок величини неузгодженості завдання і поточного значення рівня магнетиту. Якщо величина помилки дорівнює 0.05% і більше, то пропорційно сигналу неузгодженості ПД-регулятор формує керуючий вплив [28] (завдання щодо положення засувки ВМ розвантаження дешламатора).



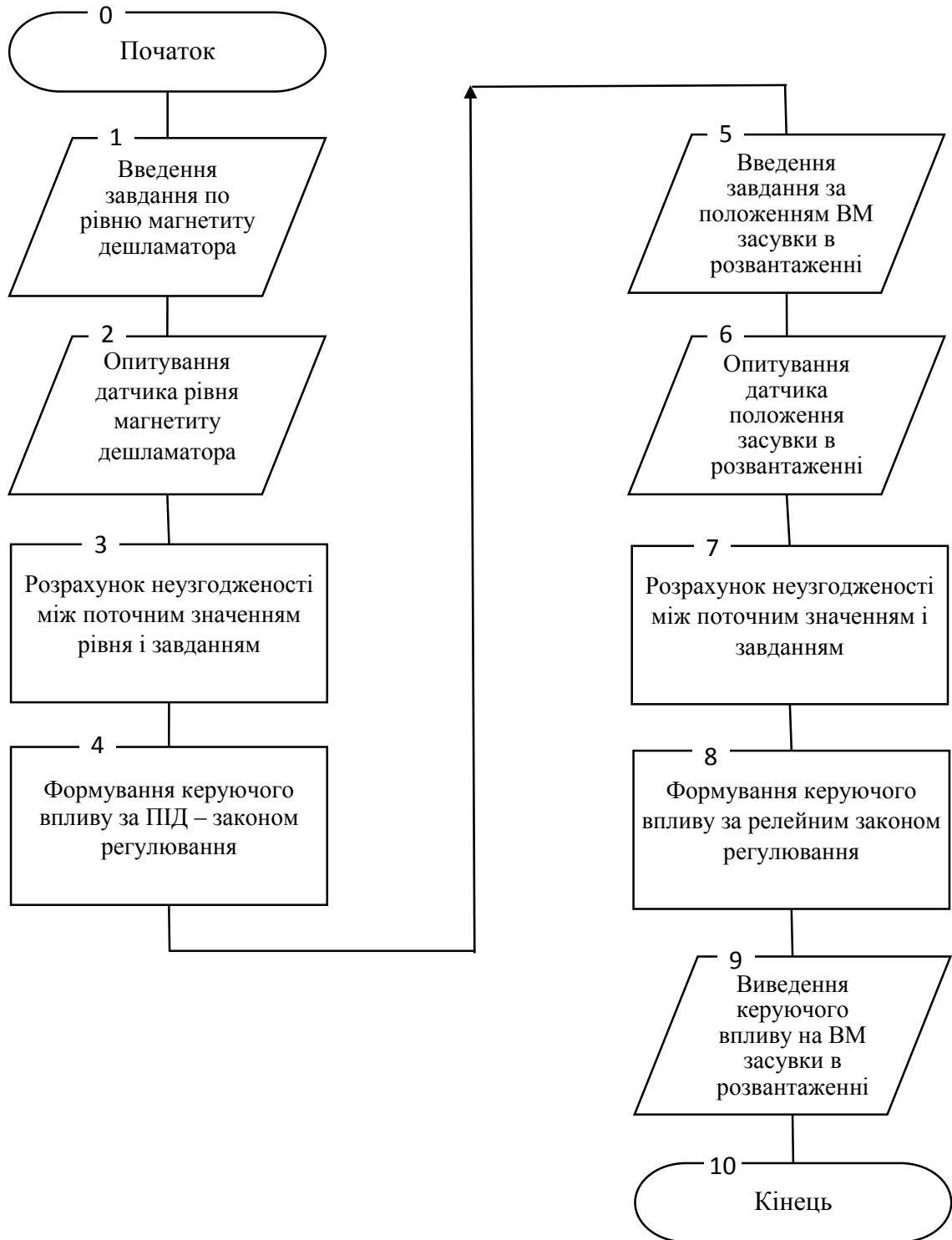


Рис. 3.1 – Алгоритм контуру регулювання рівня магнетиту дешламатора

Далі дане завдання обробляється контуром керування виконавчим механізмом засувкою в розвантаженні дешламатора за релейним законом регулювання. Система порівнює значення завдання щодо положення засувки в розвантаженні дешламатора і дійсного значення, отриманого з датчика положення. При відхиленнях

поточного значення від заданого, формується керуючий вплив за релейним законом регулювання, пропорційно сигналу неузгодженості, на виконавчий механізм засувки в розвантаженні дешламатора[29];

- передача прийнятих рішень на виконавчий механізм підсистеми реалізації керуючих впливів.

### **3.1.2. Алгоритм контуру регулювання рівня переливу дешламатора**

На рисунку 3.2 наведений алгоритм контуру регулювання рівня переливу дешламатора.

Алгоритм контуру регулювання рівня переливу дешламатора, як основний контур функціонування нижнього рівня комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування технологічним процесом дешламації, реалізований у вигляді програми для контролера, повинен забезпечувати виконання контролером наступних основних функцій:

- налаштування контролера і ініціалізація змінних;
- збір даних з датчиків польового рівня і уставок від оператора. Контролер опитує значення завдання рівня переливу і поточне значення, виміряне датчиком рівня переливу в дешламаторі;
- проводиться аналіз отриманої інформації з метою недопущення аварійних ситуацій. У разі виникнення аварії відбувається оповіщення оператора;
- проводиться прийняття керуючих рішень на основі наявної інформації про хід технологічного процесу дешламації. Проводиться розрахунок величини неузгодженості завдання і поточного значення рівня переливу. Якщо величина помилки дорівнює 0.05% і більше, то пропорційно сигналу неузгодженості ПД-регулятор формує керуючий вплив (завдання щодо положення заслінки виконавчого механізму засувки подачі додаткової води).

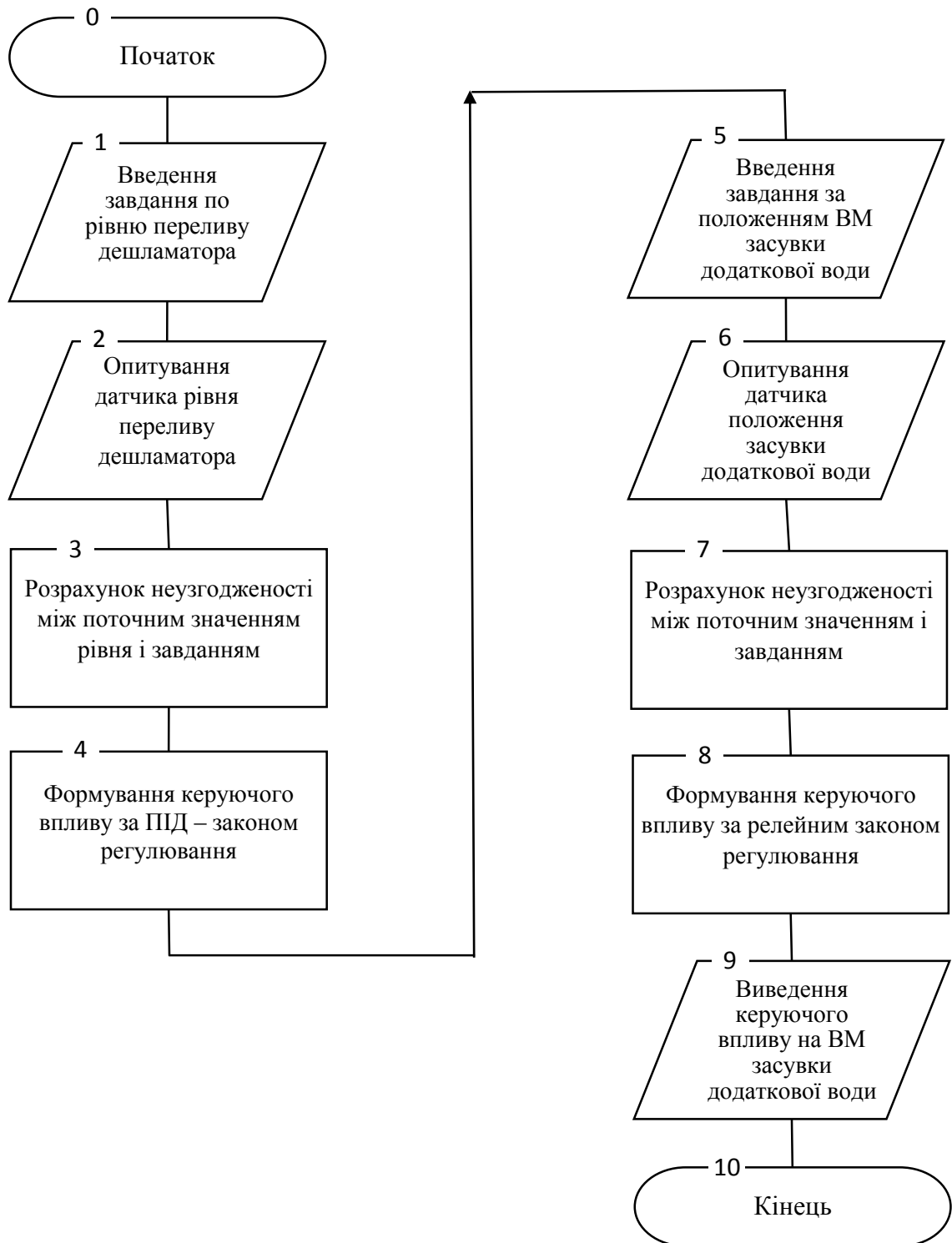


Рис. 3.2 – Алгоритм контуру регулювання рівня переливу дешламатора

Далі дане завдання відпрацьовується контуром керування виконавчим механізмом засувкою подачі додаткової води в дешламатор за релейним законом регулювання. Система порівнює значення завдання щодо положення засувки подачі додаткової води і дійсне значення, отримане з датчика положення. При

відхиленні поточного значення від заданого, формується керуючий вплив з релейного закону регулювання, пропорційно сигналу неузгодженості, на виконавчий механізм засувки подачі додаткової води в дешламатор;

- передача прийнятих рішень на виконавчий механізм підсистеми реалізації керуючих впливів.

### **3.2. Вибір технічних засобів комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування технологічним процесом дешламатора секції збагачення збагачувального комбінату**

#### **3.2.1. Вибір контролерного обладнання комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування технологічним процесом дешламатора секції збагачення збагачувального комбінату**

Програмований логічний контролер (ПЛК) - серце комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування технологічним процесом дешламатора секції збагачення, складається з дубльованих джерел живлення, дубльованих процесорних модулів і модулів входів-виходів. До модулів входів-виходів підключаються безпосередньо датчики і регулююче устаткування. У процесорні модулі завантажена логіка автоматичного регулювання та захисного блокування [30].

Для комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування технологічним процесом дешламатора секції збагачення вибираємо контролер SIMATIC S7- 400 фірми Siemens [31]. Застосування даних контролерів виправдано тим, що контролерне обладнання вже встановлено на кожній секції збагачення і виконує функції контролю і керування основного обладнання секцій. Слід зазначити надійність даного обладнання.

SIMATIC S7-400 - Програмовані логічні контролери вищого класу, призначені для вирішення складних завдань автоматизації технологічних процесів.



*Рис. 3.3 – Контролер Siemens S7-400*

Контролери S7-400 можуть застосовуватися практично у всіх галузях промисловості. Для програмування застосовується повнофункціональний мова програмування STEP 7 і додаткові інжинірингові пакети.

Центральний процесор CPU 416-2 призначений для обробки інформації.

Комунікаційний процесор CP 443-1 призначений для підключення контролерів SIMATIC S7-400 до мережі Industrial Ethernet зі швидкістю передачі даних 10/100 Мбіт/с. Він здатний працювати в комбінованому режимі, забезпечуючи підтримку транспортних протоколів ISO та TCP/IP, PG/OP і S7 функцій зв'язку[32].

Комунікаційний процесор CP 443-5 призначений для підключення контролерів SIMATIC S7-400 до мережі Profibus. Він здатний працювати в

комбінованому режимі, забезпечуючи підтримку транспортних протоколів Profibus, Modbus і S7 функцій зв'язку.

Децентралізована периферія ET200M забезпечує функції дистанційного введення/виводу дискретних і аналогових сигналів.

Комплектація основного кошику контролера S7-400:

- блок живлення PS407;
- центральний процесор CPU416 2DP;
- комунікаційний процесор PROFIBUS CP 443-5;
- комунікаційний процесор INDUSTRIAL ETHERNET CP 443-1.

Комплектація кошика ET200M:

- блок живлення PS307 10A;
- інтерфейсний модуль IM153-1;
- модуль введення дискретних сигналів SM321;
- модуль виводу дискретних сигналів SM22;
- модуль введення аналогових сигналів SM331;
- модуль виведення аналогових сигналів SM332.

### **3.2.2. Вибір інженерної та операторської станції комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування технологічним процесом дешламатора секції збагачення збагачувального комбінату**

В якості автоматизованих робочих місць (АРМ) [33] оператора та інженера необхідні персональні комп'ютери з наступними ресурсами (при заміні, в разі необхідності, повинен бути використаний комп'ютер з параметрами не нижче існуючих):

- процесор - Intel 3.0 ГГц (можливе використання більш швидкісного процесора);
- об'єм оперативної пам'яті - щонайменше 2000 Мбайт;
- об'єм жорсткого диска - не менше 500 Гбайт;
- мережева плата, що підтримує швидкість 100 Мбіт/с;

- відеоадаптер, з роздільною здатністю не менше 1280x1024 в кольоровій палітрі 48-біт;
- монітор з діагоналлю не менше 23 дюйма;
- стандартна клавіатура + маніпулятор типу «мишка».

### **3.2.3. Вибір датчика рівня магнетиту комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування технологічним процесом дешламатора секції збагачення збагачувального комбінату**

Для вимірювання рівня магнетиту дешламатора обраний індуктивний датчик рівня магнетиту РУМ-3 [34]. Датчик рівня магнетиту РУМ-3 (реєстратор рівня магнетиту РУМ-3) призначений для безперервного автоматичного контролю рівня приповерхневого шару зони зосередження матеріалу з магнітними властивостями в ємності агрегату.

Занурювальний датчик РУМ-3 використовується в системі автоматичного керування технологією розвантаження дешламатора в якості сенсору.

Загальний вигляд датчика рівня магнетиту РУМ-3 наведено на рисунку 3.4.



*Рис. 3.4 - Загальний вигляд датчика рівня магнетиту РУМ-3*

Технічні характеристики датчика рівня магнетиту РУМ-3 наведені в таблиці 3.2

Таблиця 3.2

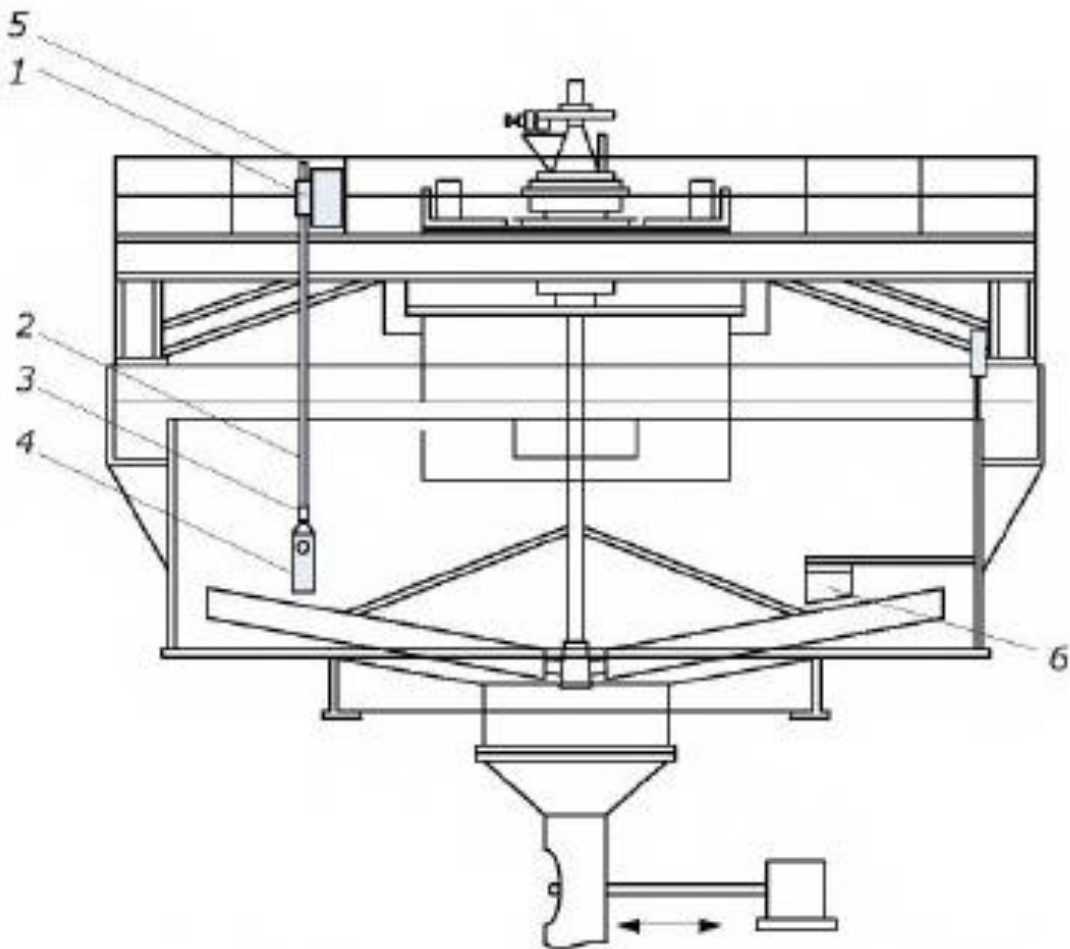
## Технологічні характеристики датчика рівня магнетиту РУМ-3

№	Характеристика	Значення
1	Максимальний рівень положення занурювального датчика, м	1,0
2	Діапазон безперервного контролю рівня датчика в робочому положенні, мм	0...100
3	Нормований вихідний сигнал постійного струму, мА	0...5; 0...20; 4...20
4	Час інтегрування, с	0,1; 1,5; 25
5	Режим роботи	безперервний
6	Захист від перевантаження та короткого замикання на вході з самовідновленням	+
7	Максимальний опір навантаженню, кОм	0...2; 0...5; 0...0,5
8	Живлення датчика: Номінальна вихідна напруга, В Номінальний вихідний струм, А	24 1,25
9	Розміри: Занурювальний датчик Перетворювач Блок живлення Пульт налаштування Пристрій для калібрування	260x70x63 140x110x50 140x80x17 130x68x55 400x40x40



Принцип дії датчика РУМ-3 – перетворювання магнітної сприйнятливості середовища в сигнал взаємоіндукції. Контрольованим параметром є об’ємна концентрація феромагнітного матеріалу в ємності дешламатора МД. Сигнал взаємоіндукції перетворюється в нормований вихідний сигнал.

Схема монтажу датчика рівня магнетиту на дешламаторі наведена на рисунку 3.5.



*Рис. 3.5 – Схема монтажу датчика рівня магнетиту на дешламаторі:  
1 – направляюча труба; 2 – транспортна труба; 3 – перехідна резинова втулка; 4 – занурювальний датчик; 5 – вторинний пристрій; 6 – очищувач.*

В установці магнітної дешламації проходить процес класифікації пульпи в рідкій фазі: важкі магнітні частинки та частинки, що примагнітилися одна до одної, падають на дно ємності і видаляються через

розвантажувальний пристрій дешламатора, а легкі і немагнітні частинки піднімаються вгору і видаляються через перелив в хвості.

Збільшуючи подачу живлення дешламатора вихідною пульпою, збільшується концентрація магнітного матеріалу на дні ємності, що веде до збільшення значення сигналу датчика рівня магнетиту реєстратора. При зменшенні живлення - процес зворотний. При збільшенні ступеня помелу пульпи живлення дешламатора може постійно змінюватися швидкість осадження частинок в ємності дешламатора, тому контроль рівня магнетиту необхідний для коректного керування процесом розвантаження дешламатора в автоматичному режимі.

Правильна робота дешламатора дозволяє отримати збільшення якості концентрату в розвантаженні при мінімальних втратах в зливні у хвості.

#### **3.2.4. Вибір датчика рівня переливу комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування технологічним процесом дешламатора секції збагачення збагачувального комбінату**

Для вимірювання рівня переливу дешламатора обраний мікрохвильовий рівнемір VEGAFLEX 86.

VEGAFLEX 86 (Німеччина) призначений для вимірювання практично будь-яких рідин при екстремальних тисках і температурах. Рівнемір дає точні і надійні виміряні значення при налипанні продукту, піноутворенні або конденсаті[35]. Надійність вимірювання забезпечується за допомогою врахування сигналу від спеціального реперу на зонді. VEGAFLEX 86 - економічне технічне рішення для вимірювання рівня та розподілу фаз.

Особливості VEGAFLEX 86:

- початкова установка з програмою-помічником забезпечує простий і швидкий запуск в експлуатацію;
- розширені діагностичні можливості забезпечують тривалу експлуатацію без обслуговування і високу робочу готовність;

- зонди, які вкорочуються, спрощують проектування місць вимірювання.

Загальний вигляд мікрохвильового рівнеміра VEGAFLEX 86 приведений на рисунку 3.6.



*Рис. 3.6 – Загальний вигляд датчика рівня VEGAFLEX 86*

Технічні характеристики мікрохвильового рівнеміра VEGAFLEX 86 наведені в таблиці 3.3:

*Таблиця 3.3*

*Технічні характеристики рівнеміра VEGAFLEX 86*

<b>№</b>	<b>Характеристика</b>	<b>Значення</b>
1	Марка	VEGA (Німеччина)
2	Тип приладу	Рівнемір (датчик рівня)
3	Спосіб застосування	Контактний
4	Середовище вимірювання	Рідкі продукти
5	Рідке середовище	Агресивна рідина; нафта; нафтопродукти; згущені гази; харчові продукція;

		рідина-діелектрик; забруднена рідина; електропровідна рідина
6	Режим вимірювання	Безперервне вимірювання
7	Принцип дії	Рефлекс-радарний
8	Функції	Вимірювання рівня, вимірювання рівня розподілу середовищ
9	Діапазон вимірювання для рідини	0...6 м; 0...75 м
10	Температура контрольованого середовища	-196...450 С
11	Температура зовнішнього середовища для датчика	-40...80 С
12	Максимальний тиск контрольованого середовища	40 МПа
13	Точність вимірювання	2 мм
14	Вихідні сигнали	Струмний 4-20 мА, HART
15	Тип з'єднання	Фланець, різь
16	Ступінь захисту	IP67; IP66
17	Вибухозахист	Є
18	Напруга живлення	9,6...48 В; 90...253 В

### **3.2.5. Вибір виконавчих механізмів комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування технологічним процесом дешламатора секції збагачення збагачувального комбінату**

Електричні приводи AUMA – це ведучий світовий виробник електроприводів для автоматизації промислової арматури. Компанія була

заснована в 1964 році і з тих пір займається розробкою, виробництвом і продажем електроприводів під власним брендом. Вся продукція AUMA виготовляється за модульним принципом і збирається з широкого асортименту комплектуючих.

Загальний вигляд електроприводу AUMA наведено на рисунку 3.7.



*Рис. 3.7 - Загальний вигляд електроприводу AUMA*

Рідина в рамках технологічного процесу всюди транспортується по трубопроводах. За допомогою промислової арматури відбувається регулювання витрати води, контроль швидкості потоку шляхом відкриття або закриття арматури. Електроприводи AUMA здатні управляти арматурою дистанційно з диспетчерського пункту[36].

Складні процеси сучасного виробництва в обов'язковому порядку керуються системами автоматизації. Положення арматури визначає привід, який отримує відповідні команди від розподіленої системи керування (РСК) [37]. При досягненні кінцевого або проміжного положення привід відключається, а сигнал стану подається в РСК.

У найпростішому розумінні пристрій електроприводу можна описати таким чином: керування всім механізмом здійснює спеціальний блок

автоматизації, який складається з електродвигуна і редуктора. За рахунок роботи електродвигуна створюється обертаючий момент для керування засувками, заслінками, кранами і клапанами. При виході з ладу електрообладнання керування арматурою може здійснюватися механічним способом за допомогою маховика. Реєстрація даних ходу і моментів арматури здійснюється приводом. Ці дані накопичуються в блоці керування, який, аналізуючи їх, здійснює контроль порядку включення і відключення електродвигуна приводу. Блок керування і привід, як правило, утворюють один вузол, на якому є інтерфейс електричного з'єднання з РСК і панель місцевого керування. Вимоги до улаштування та роботи електроприводу встановлюються міжнародними правилами.

Переваги електроприводів AUMA:

- відповідність кліматичним умовам експлуатації для характерного регіону;
- надійність і безпеку;
- нешкідливість для навколишнього середовища;
- висока якість приводів AUMA, яка підтверджена міжнародними сертифікаційними організаціями;
- проектування, виробництво і тестування приводів відповідно вимог замовника.

При виборі електроприводу пристрою розвантаження дешламатора зупинимось на багатооборотних приводах SA.

Багатооборотний привід являє собою електропривідний механізм, який забезпечує дієву роботу арматури, створюючи для неї обертаючий момент, як мінімум на один оборот. Такий електропривід здатний витримати осьове навантаження. Багатооборотні приводи компанії AUMA працюють від електродвигунів. Ручне керування здійснюється за допомогою спеціального маховика. Відключення в кінцевому положенні

відбувається за допомогою кінцевого вимикача або моментного вимикача. Для керування і обробки сигналів приводу потрібний блок керування. Якщо модифікація приводу не передбачає початкову установку блоку керування, то їх можна замовити додатково.

### **Маркування багатооборотних приводів:**

SA – являє собою привід в базовому виконанні, який працює в двох положеннях - «відкрито/закрито»;

SAR - привід, який можна встановлювати на регулюючу арматуру;

SAEXC - електропривід, який зроблений у вибухозахищеному корпусі.

Багатооборотні приводи AUMA використовуються в якості механізму керування промисловою арматурою, наприклад, клапанами, засувками, заслінками, кранами та ін. Якщо з'являється необхідність використовувати привід для керування іншими пристроями, то для цього буде потрібний письмовий дозвіл компанії виробника.

В якості виконавчого механізму пристрою розвантаження дешламатора обраний багатооборотний електропривід AUMA SAR з часом повного ходу робочого органу 400 секунд і моментом на валу 100 Н\*м.

Загальний вигляд багатооборотного електроприводу AUMA SAR наведено на рисунку 3.8.



*Рис. 3.8 - Загальний вигляд багатооборотного електроприводу AUMA SAR*

Основні технічні характеристики електроприводу AUMA SAR наведені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4

## Технічні характеристики ВМ розвантаження AUMA SAR

№	Характеристика	Значення
1	Умовне позначення електроприводу	AUMA SAR 07.1
2	Номінальний обертаючий момент на вихідному валу	100 Н*м
3	Номінальний час повного ходу вихідного валу	400 с
4	Номінальне значення повного ходу вихідного валу	63 об.
5	Напруга та частота живлення	380 В, 50 Гц
6	Споживана потужність	430 Вт
7	Рівень шуму, що допускається	80 dBA
8	Ступінь захисту	IP65
9	Тип датчика сигналізації положення вихідного валу	Струмний 4-20 мА

При виборі електроприводу засувки подачі додаткової води дешламатора оберемо приводи SG, що роблять неповний оберт. Такий привід являє собою електричний механізм, який здатний приводити в дію арматуру, створюючи певний крутний момент менше одного повного обороту. Привід не здатний витримати осьове навантаження.

Маркування цих приводів:

SG - являє собою привід в базовому виконанні, який працює в двох положеннях - «відкрито / закрито»;

SGR - привід, який можна встановлювати на регулюючу арматуру;



SGEXC - електропривід, який зроблений у вибухозахищеному корпусі.

Приводи SG AUMA, що роблять неповний оберт, працюють від електродвигунів. Для того щоб, в разі відсутності електрики, привести в дію привід механічним способом вручну в конструкції передбачений маховик. Вимикання в кінцевому положенні проводиться кінцевими вимикачами або моментними вимикачами. Для того, щоб здійснювати керування і опрацювання сигналами приводу встановлюється блок керування. Моделі без блоку за додатковою угодою поставляються з блоком AUMA.

Також ці електроприводи AUMA використовуються в якості механізму керування промисловою арматурою, наприклад, заслінками або кранами.

В якості електроприводу засувки подачі додаткової води в дешламатор вибираємо привід SGR неповного оберту з часом повного ходу робочого органу 63 секунди і моментом на валу 250 Н\*м.

Загальний вигляд електроприводу неповного оберту AUMA SGR наведено на рисунку 3.9.



*Рис. 3.9 - Загальний вигляд електроприводу неповного оберту AUMA SGR*

Основні технічні характеристики електроприводу засувки води AUMA SGR наведені в таблиці 3.5:

Таблиця 3.5

*Технічні характеристики ВМ засувки води AUMA SAR*

№	Характеристика	Значення
1	Умовне позначення електроприводу	AUMA SGR 08.1
2	Номінальний обертаючий момент на вихідному валу	250 Н*м
3	Номінальний час повного ходу вихідного валу	63 с
4	Номінальне значення повного ходу вихідного валу	63 об.
5	Напруга та частота живлення	380 В, 50 Гц
6	Споживана потужність	250 Вт
7	Рівень шуму, що допускається	80 дБА
8	Ступінь захисту	IP65
9	Тип датчика сигналізації положення вихідного валу	Струмівий 4-20 мА

**3.3. Вибір програмного і системного забезпечення автоматизованої системи керування технологічним процесом дешламатора секції збагачення збагачувального комбінату**

*Вибір програмного забезпечення верхнього рівня*

Для комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування [39] технологічним процесом технологічного об'єкта збагачувального комбінату дешламатора вибрано наступне програмне забезпечення верхнього рівня SCADA WinCC (Supervisory Control And Data Acquisition).

SCADA WINCC - це інструмент розробки системи візуалізації.

### *Вибір програмного забезпечення нижнього рівня*

Для комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування технологічним процесом дешламації вибираємо програмне забезпечення нижнього рівня Simatic Step 7 - програмне забезпечення фірми Siemens для розробки систем автоматизації на основі програмованих логічних контролерів Simatic S7-300/S7-400.

### *Вибір системного забезпечення*

Програмний комплекс SIMATIC Windows Control Center (або WinCC) надає всі необхідні засоби для найкращого керування процесами в операційних системах Microsoft Windows [38].

Дешламатор секції збагачення збагачувального комбінату - складний та відповідальний об'єкт, параметри технологічного процесу знаходяться між собою у взаємодії і взаємозв'язку.

Для переділу дешламації збагачувального комбінату, необхідна комп'ютерно-інтегрована система автоматизованого керування технологічним процесом з багаторівневою децентралізованою структурою.

Архітектура системи, що розробляється являє собою автоматизовану систему керування технологічним процесом - 3 рівня: польовий, контролерний і операторський. Вище них знаходиться рівень керування виробництвом в цілому [39].

Польовий (нижній) рівень - це вимірювальні пристрої та регулюючі прилади.

Контролерний (середній) рівень - контролерне обладнання SS7- 400. На середньому рівні відбувається:

- збір даних;
- алгоритмічна обробка;
- реалізація керуючих сигналів по закладеним алгоритмам на керуючі пристрої;

- протокольний мережевий обмін інформацією з оператором.

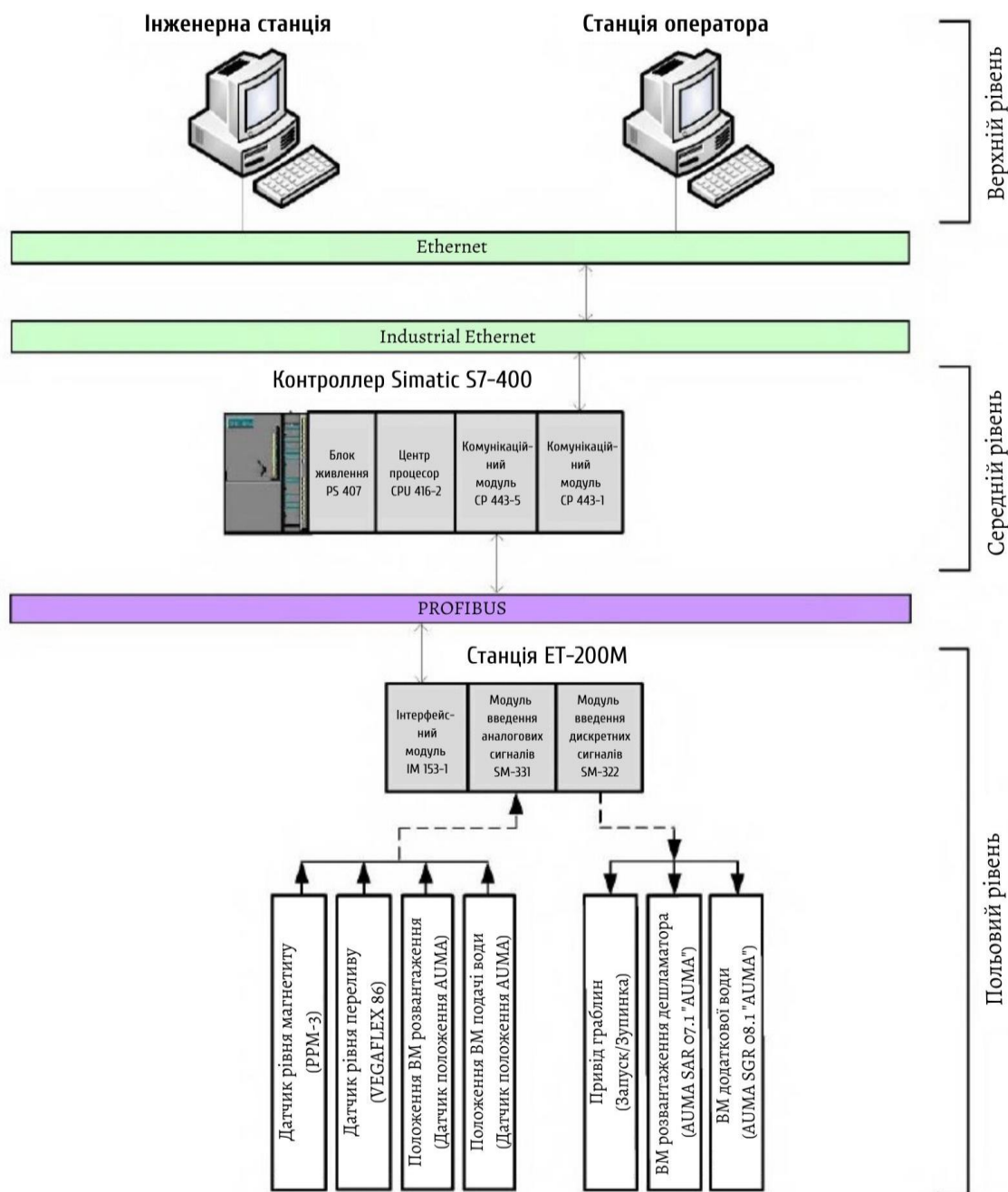
*Операторський (верхній) рівень* - це віддалене автоматизоване робоче місце оператора. На цьому рівні відбувається:

- збір і зберігання даних;
- візуалізація інформації;
- введення завдань від оператора;
- звітна документація;
- протокольний мережевий обмін даними.

Система має можливість оперативної зміни і переконфігурування призначеного для користувача проектного програмного забезпечення без порушення функціонування системи. Автоматизованої системи керування технологічним процесом дешламатора секції збагачення має гнучку структуру з можливістю масштабування, забезпечує модифікацію алгоритмів основних контурів керування дешламації, а також конфігурацію схем регулювання і керування.

Автоматизована системи керування технологічним процесом дешламації має технічні засоби комунікацій для інтеграції в оптоволоконну кільцеву структуру технологічної мережі комбінату.

Структура комплексу технічних засобів комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування технологічним процесом дешламатора секції збагачення збагачувального комбінату приведена на рисунку 3.10:



*Рис. 3.10 – Структура комплексу технічних засобів комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування дешламатором секції збагачення збагачувального комбінату*

### **3.4. Розроблення екранної форми комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування технологічним процесом дешламатора секції збагачення збагачувального комбінату**

Візуалізація ТП є базовою складовою людино-машинного інтерфейсу автоматичної системи керування рівня SCADA [40]. Завданням візуалізації є, перш за все, відображення поточних (миттєвих) значень контрольованих

технологічних параметрів і подій. Ця частина прикладного ПО автоматичної системи керування зазвичай називається його графічною складовою. Візуалізація технологічного процесу зазвичай представляється набором графічних екранів, змістовною частиною яких, перш за все, є мнемосхеми, панелі приладів та індикаторів. У пакеті WinCC сукупність мнемосхем є вмістом робочого столу головного вікна програми. Розташування елементів робочого столу (мнемосхем) налаштовується користувачем.

Візуалізація є базовою складовою супервізорного керування, при якому в якості елементів керування використовуються об'єкти графічних екранів [41]. Розширеннями завдання візуалізації є уявлення на графічних екранах трендів і текстових даних з наставших і завершених подій, які вимагають контролю обслуговуючого персоналу (тривогам). При цьому інтерфейс візуалізації може бути одновіконним і багатовіконним. Як і для математичної частини, реалізація графічної складової прикладного ПО (графічної бази даних) визначається інструментальною системою, яка використовується. При цьому, в загальному випадку, вирішується два завдання програмування: створення вмісту графічних екранів у вигляді набору графічних елементів і потенціювання (динамізація) графічних елементів.

В дипломній роботі розроблено мнемосхеми візуалізації і керування технологічним процесом дешламатора секції збагачення збагачувального комбінату, дана мнемосхема наведена на рисунку 3.11.

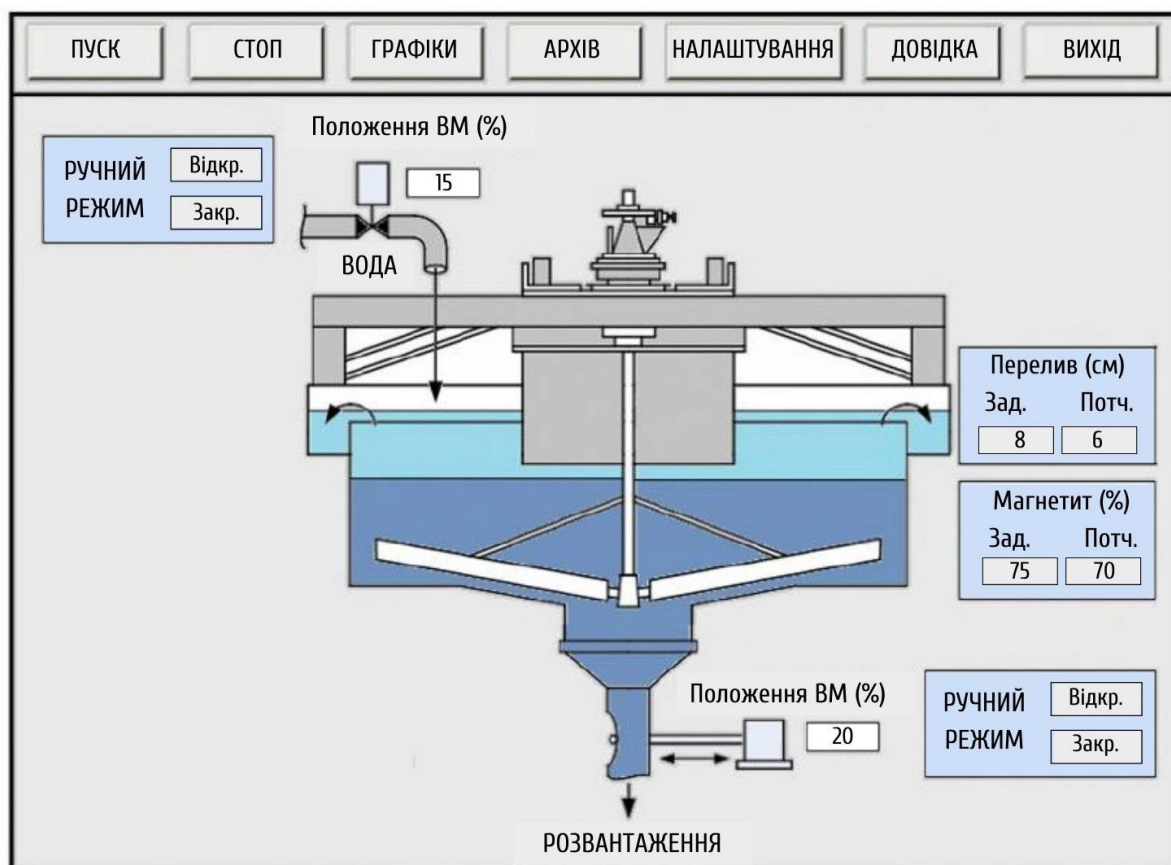


Рис. 3.11 – Мнемосхема візуалізації і керування технологічним процесом дешламатора секції збагачення збагачувального комбінату

### ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

1. Розроблено інформаційне забезпечення комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування технологічним процесом переділу дешламації секції збагачення збагачувального комбінату, яке представлено у вигляді переліку вхідної та вихідної інформації для контролера.
2. Розроблені алгоритми контуру регулювання рівня магнетиту дешламатора та контуру регулювання рівня переливу дешламатора, як основні контури функціонування нижнього рівня комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування технологічним процесом дешламації, що реалізовується у вигляді програми для контролера і забезпечує виконання контролером основних функцій.
3. Здійснено вибір технічних засобів реалізації комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування технологічним процесом дешламації: контролер SIMATIC S7- 400 фірми Siemens; персональні комп'ютери в якості інженерної та операторської станції; індуктивний датчик рівня магнетиту РУМ-3; мікрохвильовий рівнемір VEGAFLEX 86, в якості датчика рівня переливу дешламатора; виконавчі механізми розвантаження AUMA SAR та засувки води AUMA SAR.
4. Розроблена структура комплексу технічних засобів комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування технологічним процесом дешламатора секції збагачення збагачувального комбінату, яка має можливість оперативної зміни і переконфігурування призначеного для користувача проектного програмного забезпечення без порушення функціонування системи.
5. Для візуалізації керування технологічним процесом дешламатора за допомогою програмного пакету SCADA розроблена екранна форма комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування технологічним процесом дешламатора секції збагачення збагачувального комбінату.



## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Взявши до уваги відсутність автоматизації технологічного процесу дешламації в секції збагачення збагачувального комбінату та той факт, що керування розвантаженням дешламатора здійснюється мануально, визначені шляхи інтеграції системи автоматизованого керування дешламатора в технологічний процес.
2. Розроблені функціональні, технічні (апаратні), програмні вимоги та вимоги до структури та надійності комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування технологічним процесом переділу дешламації секції збагачення збагачувального комбінату. На основі висунутих вимог запропоновані структурна та функціональна схеми розроблюваної системи. За результатами моделювання в середовищі Matlab аналіз перехідних характеристик показав хороші результати роботи системи керування, як в режимі зміни завдання, так і в режимі компенсації збурення.
3. Розроблені алгоритми контуру регулювання рівня магнетиту дешламатора та контуру регулювання рівня переливу дешламатора, як основні контури функціонування нижнього рівня комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування технологічним процесом дешламації, що реалізовується у вигляді програми для контролера і забезпечує виконання контролером основних функцій.
4. Розроблена структура комплексу технічних засобів комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування технологічним процесом дешламатора секції збагачення збагачувального комбінату, яка має можливість оперативної зміни і переконфігурування призначеного для користувача проектного програмного забезпечення без порушення функціонування системи.

5. Для візуалізації керування технологічним процесом дешламатора за допомогою програмного пакету SCADA розроблена екранна форма комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування технологічним процесом дешламатора секції збагачення збагачувального комбінату.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Беленький А.М. Автоматическое управление металлургическими процессами / А.М. Беленький, В.Ф. Бердышев. – М.: Металлургия, 2009. – 411 с.
2. Проектирование автоматизированных участков и цехов: учеб. для спец. вузов / под ред. Ю.М. Соломенцева. М.: Высшая школа, 2000. – 272 с.
3. Каганов В.Ю. Автоматизация управления металлургическими процессами / В.Ю. Каганов, О.М. Блинов, А.М. Беленький - М.: Металлургия 2004. – 196 с.
4. Глинков М.А. Общая теория тепловой работы печей / М.А. Глинков, Г.М. Глинков. – М.: Металлургия, 2010. – 230 с.
5. Зайцев Г.Ф. Основы автоматического управления и регулирования / Г.Ф. Зайцев, В.И. Костюк, П.И. Чинаев. - Киев: Техника, 2006. - 496 с.
6. Глинков Г.М. Проектирование систем контроля и автоматического регулирования металлургических процессов / Г.М. Глинков, В.А. Маковский, С.Л. Лотман. – М.: Металлургия, 2006. – 425 с.
7. Блинов О.М. Теплотехнические измерения и приборы / О.М. Блинов, А.М. Беленький, В.Ф. Бердышев. - М.: Металлургия, 2013. – 456 с.
8. Бессекерский В.А. Теория автоматического управления / В.А. Бессекерский, Е.П. Попов - М.: Наука, 2012. – 768 с.
9. Диденко К.И. Проектирование агрегатных комплексов технических средств для АСУ ТП. - М.: Энергоатомиздат, 1984. – 168 с.
10. McMillan Greg K. Advances in Reactor Measurement and Control, 2015.
11. Клюев А.С. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: Справочное пособие. / Клюев А.С., Глазов Б.В., Дубровский А.Х. и др. – М.: Энергоатомиздат, 2010. – 464 с.
12. Олссон Г. Цифровые системы автоматической оптимизации / Г. Олссон, Д. Пиани. - М.: Металлургия, 2010. – 200 с.

13. Казакевич В.В. Системы автоматической оптимизации - М.: Металлургия, 2001. - 212 с.
14. Федоров Ю. Н. Справочник инженера АСУТП: Проектирование и разработка: учебно-практическое пособие. - М.: Инфра-Инженерия, 2008. – 448 с.
15. Справочник инженера по контрольно-измерительным приборам и автоматике / под ред. А. В. Калиниченко. М.: Инфра-Инженерия, 2008. – 576 с.
16. Проектування автоматизованих систем управління: навчальний посібник / за ред. Б.П. Шохіна. - К.: ВІТІ НТУУ «КПІ», 2003.
17. Ronald P. Hunter Automated process control systems: concepts and hardware, 1978. – 501 с.
18. Проектування інформаційних систем: навчальний посібник / за ред. В.С. Пономаренка. - К.: Видавничий центр «Академія», 2002. – 489 с.
19. Плетнев Г.П. Автоматизированное управление объектами тепловых электростанций: учеб. пос. для вузов. – М.: Энергоиздат, 1981. – 368 с.
20. Ротач В. Я. Расчет динамики промышленных автоматических систем регулирования. – М.: Энергия, 1973. – 440 с.
21. Корчемний М.О. Теоретичні основи автоматики / М.О. Корчемний, П.Б. Клендій, М.В. Потапенко, 2012. – 304 с.
22. Масловський Б.І. Технології проектування комп'ютерних систем / Б.І. Масловський, В.І. Дрововозов, О.В. Коба. – Київ, 2015. – 500 с.
23. Васильківський І. С. Виконавчі пристрої систем автоматизації: навчальний посібник / І. С. Васильківський, В. О. Фединець, Я. П. Юсик. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2020. – 220 с.
24. Ельперін І.В. Автоматизація виробничих процесів. – М.: Ліра-К, 2017. – 378 с.
25. Гульяев А. Визуальное моделирование в среде MATLAB: учебный курс. - СПб.: Питер, 2000. – 420 с.

26. Дьяконов В.К. Математические пакеты расширения MATLAB: Специальный справочник / В.К. Дьяконов, В.К. Круглов. - СПб.: Питер, 2001. – 480 с.
27. Синеглазов В.М. Автоматизация технологических процессов: навчальний посібник / В.М. Синеглазов І. Ю. Сергеев. – К.: НАУ, 2015. – 444 с.
28. Васильківський І. С. Виконавчі пристрої систем автоматизації: навчальний посібник / І. С. Васильківський, В. О. Фединець, Я. П. Юсик. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2020. – 220 с.
29. Крих Г. Б. Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів. Лабораторний практикум: навчальний посібник / Г. Б. Крих, Г. Ф. Матіко. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2017. – 156 с.
30. Трегуб В.Г. Проектування систем автоматизації: навчальний посібник. – К.: Ліра-К, 2017. – 344 с.
31. Описание контроллеров серии SIMATIC S7-300 / 400. / Siemens Nixdorf. – Germany, 2008. – 74 с.
32. Боровська Т.М. Теорія автоматичного управління. Частина 1. Аналіз САУ. / Т.М. Боровська, В.А. Северілов, А.С. Васюра. – Вінниця: ВДГУ. 2002. – 97 с.
33. Самотокін Б.Б. Лекції з теорії автоматичного керування: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. – Житомир: ЖІТІ, 2001. – 508 с.
34. Лесовой Л.В. Автоматизоване проектування систем вимірювання витрати плинних енергоносіїв: Навчальний посібник / Л.В. Лесовой, Ф.Д. Матіко, Р. М. Федоришин. – Львів: Сполом, 2019. – 252 с.
35. Остапенко Ю.А. Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів керування: підручник. – К.: Задруга, 1999. – 424 с.
36. Лезнов Б.С. Энергосбережение и регулируемый привод в насосных воздуходувных установках – М.: Энергоатомиздат, 2006. - 401 с.

37. Ельперін І.В. Автоматизація виробничих процесів: Підручник. / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. – К.: Ліра-К, 2015. – 300 с.
38. Иванов, В. Э. Разработка АСУТП в среде WinCC: учебное пособие / В. Э. Иванов, Ен Ун Чье. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2019. – 232 с.
39. Левченко О.І. Основи автоматизації теплоенергетичних процесів та установок: навч. посіб. / О.І. Левченко, В.М. Сідлецький. – К.: НУХТ, 2014. – 227 с.
40. Герасимов А. В. Проектирование АСУТП с использованием SCADA-систем: учебное пособие / А. В. Герасимов, А. С. Титовцев. – Казань: КНИТУ, 2014. – 128 с.
41. Васильков Ю. В. Математическое моделирование объектов и систем автоматического управления: учеб. пособие. / Ю. В. Васильков, Н. Н. Василькова. - М.: Инфра-Инженерия, 2020. – 428 с.
42. Шостаковський П. Нові технології :2010. – с. 131-138.
43. Майба Н.В. Будівництво та архітектура/ Теплогазопостачання і вентиляція [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.rusnauka.com/12\\_KPSN\\_2012/Stroitelstvo/5\\_108839.doc.htm](http://www.rusnauka.com/12_KPSN_2012/Stroitelstvo/5_108839.doc.htm).
44. LIB.VNTU.EDU.UA П.М. Єнін, Н.А.Швачко Теплопостачання (частина перша) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/Enin\\_2007\\_244.pdf](http://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/Enin_2007_244.pdf)
45. HELPEX.ADOBE.COM: Про Photoshop і MATLAB [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [Photoshop i MATLAB \(adobe.com\)](http://helpe.adobe.com/Photoshop_i_MATLAB)
46. Wikipedia: MATLAB [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/MATLAB>
47. MTE.NURE.UA: Основи роботи з системою інженерних та науково-технічних обчислень MATLAB [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://mte.nure.ua/pdf/studying/zov\\_itpz\\_lk6.pdf](https://mte.nure.ua/pdf/studying/zov_itpz_lk6.pdf)

48. Wikipedia: Block diagram [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://en.wikipedia.org/wiki/Block\\_diagram](https://en.wikipedia.org/wiki/Block_diagram)
49. MXC.LAB: Основні типи електричних схем. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://mcx.lab-101.org.ua/Tema4.htm>
50. Wikipedia: Programmable logic controller [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://en.wikipedia.org/wiki/Programmable\\_logic\\_controller](https://en.wikipedia.org/wiki/Programmable_logic_controller)
51. SIEMENS : Siemens S7-300 Программируемый контроллер [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.siemens-pro.ru/components/s7-300.htm>
52. STUD.COM: Розподільники і мультиплексори [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://stud.com.ua/28286/tovarovnavstvo/rozpodilniki\\_multiplexori](https://stud.com.ua/28286/tovarovnavstvo/rozpodilniki_multiplexori)
53. ELPRIVOD.NMU.ORG: Що таке електродвигун [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://elprivod.nmu.org.ua/ua/entrant/electricmotor.php?print=Y>
54. ELPRIVOD.NMU.ORG: Що таке електродвигун [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://elprivod.nmu.org.ua/ua/entrant/electricmotor.php?print=Y>
55. Studopedia.com.ua: Тупикові теплові мережі [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://studopedia.com.ua/1\\_125569\\_tupikovi-teplovi-merezhi.html](https://studopedia.com.ua/1_125569_tupikovi-teplovi-merezhi.html)
56. ODZ.GOV.UA: Довідник по експлуатації теплових мереж та тепловикористовуючого обладнання [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://odz.gov.ua/lean\\_pro/normdocs/files/dovidnikexpl.pdf](https://odz.gov.ua/lean_pro/normdocs/files/dovidnikexpl.pdf)
57. Василенко С., Прядко М., Павленко В. Теплові мережі : 2005 – 227 с.
58. PIDR4NIKI: Помилки вибірки, їх визначення при різних способах відбору [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

[https://pidru4niki.com/12991010/statistika/pomilki\\_vibirki\\_viznachennya\\_pri\\_riznih\\_sposobah\\_vidboru](https://pidru4niki.com/12991010/statistika/pomilki_vibirki_viznachennya_pri_riznih_sposobah_vidboru)

59. AVTOMATIKA.INFO: FX3U [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

<https://avtomatika.info/catalog/fx3u/>

60. Wikipedia: Frequency changer [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

[https://en.wikipedia.org/wiki/Frequency\\_changer](https://en.wikipedia.org/wiki/Frequency_changer)

61. ELTECH.KIEV.UA: Перетворювачі частоти hitachi [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://eltech.kiev.ua/g2338404-sj700d-vektornye-075>

62. Wikipedia: MasterSCADA [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

<https://ru.wikipedia.org/wiki/MasterSCADA>



# Додатки

**Міністерство освіти і науки України**  
Київський національний університет технологій та дизайну



**МЕХАТРОННІ СИСТЕМИ:  
ІННОВАЦІЇ ТА ІНЖИНІРИНГ**  
**ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ**  
**V МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ  
КОНФЕРЕНЦІЇ**

4 листопада 2021



Київ 2021

УДК 001.891(100)(106)  
М 55

*Організатори:*

Міністерство освіти і науки України  
Київський національний університет технологій та дизайну

*Редакційна колегія:*

*Павленко В. М.* – кандидат технічних наук, доцент, декан факультету мехатроніки та комп'ютерних технологій КНУТД;

*Хімичева Г. І.* – доктор технічних наук, професор, професор кафедри прикладної механіки та машин КНУТД;

*Рубанка М. М.* – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри прикладної механіки та машин КНУТД;

*Дроменко В. Б.* – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри інформаційних та комп'ютерних технологій КНУТД;

*Волівач А. П.* – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри комп'ютерних наук КНУТД.

*Рецензенти:*

*Щербань Ю. Ю.* – доктор технічних наук, професор, академік міжнародної академії інформатизації, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, заступник директора з навчально-методичної роботи Київського фахового коледжу прикладних наук;

*Віткін Л. М.* – доктор технічних наук, професор, професор кафедри управлінських технологій Університету «Крок».

Рекомендовано Вченою радою  
факультету мехатроніки та комп'ютерних технологій  
Київського національного університету технологій та дизайну  
(Протокол від 22 жовтня 2021 р. №3)

М 55 Мехатронні системи: інновації та інжиніринг : тези доповідей  
V Міжнародної науково-практичної конференції, 4 листопада 2021 р.  
Київ : КНУТД, 2021. 260 с.  
ISBN 978-617-7506-85-9

У виданні зібрано тези доповідей конференції, що присвячені  
проблемам в галузі мехатронних систем: інновацій та інжинірингу.

*Матеріали подано в авторській редакції*

УДК 001.891(100)(106)

ISBN 978-617-7506-85-9

© Київський національний університет  
технологій та дизайну, 2021

Шрамченко Б.Л., Воловик Р.В. Автоматизації діяльності відділу кадрів підприємства.....	184
Шевченко К.Л., Скляревський А.О. Принципи побудови систем моніторингу стану здоров'я людини.....	186
Резанова В.Г., Ніка М.П., Нікітченко Я.Ю. Автоматизоване дослідження реологічних властивостей модифікованих полімерів.....	188
Резанова В.Г., Красновид В.К., Можнякова С.В. Автоматизоване планування експерименту щодо впливу технологічних параметрів на формування мікрОВОЛОКОН.....	190
Дроменко В.Б., Кудас М.О. Комп'ютерно-інтегрована система керування лабораторним джерелом живлення.....	192
Голінко В.В. Використання хмарних технологій для автоматизованої обробки геоінформаційних даних.....	194
Корогод Г.О., Верховенко О.С. Автоматизована система ідентифікації студентів.....	196
Варення К.О., Дроменко В.Б. Розроблення структури комплексу технічних засобів комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування дешламатором.....	198
Скідан В.В., Єрмакова М.О. Аналіз виробництва упаковки з картону, як об'єкт комплексної автоматизації.....	200
Скідан В.В., Завацький Г.Е. Аналіз програмних продуктів-аналогів...	202
Rudyk Y.I., Solyonuj S.V. IoT components integration into human life.....	204
Яхно В.М. Математична модель задачі оперативно – диспетчерського керування.....	206
Яхно В.М., Линець О.А. Система для автоматизації та графічного моделювання локальних комп'ютерних мереж.....	208
Яхно В.М., Жук Д.В. Експертна система для визначення рівня забруднення навколишнього середовища.....	209
Яхно В.М., Маков С.О. Розробка експертної системи для аналізу ефективності і підтримки планів оновлення програмних засобів підприємства.....	210
Яхно В.М., Місра М.С. Розробка web-додатку для обслуговування блокчейн транзакцій.....	211
Яхно В.М., Сергеев Д.Д. Експериментальне обґрунтування якості градієнтних методів оптимізації.....	212

УДК 004.9:681.51

**РОЗРОБЛЕННЯ СТРУКТУРИ КОМПЛЕКСУ ТЕХНІЧНИХ  
ЗАСОБІВ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ  
АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ДЕШЛАМАТОРОМ**

К.О. Варення, магістрант

*Київський національний університет технологій та дизайну*

В.Б. Дроменко, кандидат технічних наук, доцент

*Київський національний університет технологій та дизайну*

Ключові слова: дешламатор, система автоматизованого керування, секція збагачення, комплекс технічних засобів.

На даний момент в секціях збагачення збагачувальних комбінатів автоматизація технологічного процесу дешламації, як і дистанційний контроль – відсутні. Управління розвантаженням дешламатора здійснюється вручну, за результатами ручного відбору проб в розвантаженні, обслуговуючим персоналом, тому дане виробництво потребує автоматизації процесу дешламації.

Дешламатор секції збагачення збагачувального комбінату – складний та відповідальний об'єкт, в якому параметри технологічного процесу знаходяться між собою у взаємодії і взаємозв'язку [1].

Для переділу дешламації збагачувального комбінату необхідна автоматизована система керування технологічним процесом з багаторівневою децентралізованою структурою [2].

Структура, що розробляється, наведена на рисунку 1, являє собою комплекс технічних засобів комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування дешламатором і містить 3 рівня: польовий, контролерний і операторський. Вище них знаходиться рівень керування виробництвом в цілому.

Польовий (нижній) рівень – це вимірювальні пристрої та регулюючі прилади.

Контролерний (середній) рівень – контролерне обладнання SS7- 400. На середньому рівні відбувається:

- збір даних;
- алгоритмічна обробка;
- реалізація керуючих сигналів по закладеним алгоритмам на керуючі пристрої;
- протокольний мережевий обмін інформацією з оператором.

Операторський (верхній) рівень – це віддалене автоматизоване робоче місце оператора. На цьому рівні відбувається:

- збір і зберігання даних;
- візуалізація інформації;
- введення завдань від оператора;
- звітна документація;
- протокольний мережевий обмін даними.

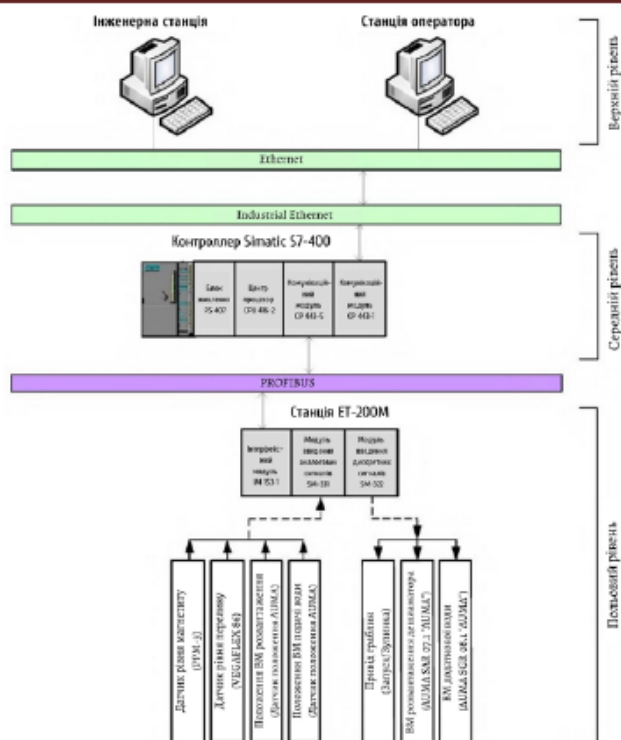


Рисунок 1 – Структура комплексу технічних засобів комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування дешламатором секції збагачення збагачувального комбінату

Система має можливість оперативної зміни і переконфігурування призначеного для користувача проектного програмного забезпечення без порушення функціонування системи. Комп'ютерно-інтегрована система автоматизованого керування дешламатором секції збагачення має гнучку структуру з можливістю масштабування, забезпечує модифікацію алгоритмів основних контурів керування дешламації, а також конфігурацію схем регулювання і керування.

Комп'ютерно-інтегрована система автоматизованого керування технологічним процесом дешламації має технічні засоби комунікацій для інтеграції в оптоволоконну кільцеву структуру технологічної мережі збагачувального комбінату.

#### Список використаних джерел

1. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: Справочное пособие. / Клюев А.С., Глазов Б.В., Дубровский А.Х. и др. – М.: Энергоатомиздат, 2010. – 464 с.
2. Диденко К.И. Проектирование агрегатных комплексов технических средств для АСУ ТП / К.И. Диденко – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 168 с.

**Додаток Б**

## Технічні характеристики основного обладнання СК ЗК

Таблиця Б.1

*Технічна характеристика млину СК*

<b>Параметри</b>	<b>Од. вимір.</b>	<b>ММС 70x23</b>	<b>МГР 40x75</b>
Максимальний розмір тіл, що мелють	мм	350-400	100-150
Внутрішні розміри барабану: діаметр/довжина	мм	7000/2300	4000/7510
Номінальний робочий об'єм	м <sup>3</sup>	80	83
Частота обертів барабану	об/хв	13	17,8
Потужність електродвигуна	кВт	1600	1600
Маса млину без електрообладнання, механізмів, запчастин, системи змазки	кг	430000	310000

Таблиця Б.2

*Технічна характеристика спіральних класифікаторів СК*

<b>Параметри</b>	<b>Од. вимір.</b>	<b>1КСН-5x45</b>
Довжина корита	мм	4500
Кількість спіралей	шт	1
Діаметр спіралі	мм	500
Потужність електродвигуна	кВт	1,1
Частота обертів спіралі	об/хв	12
Маса	кг	2020

*Технічна характеристика гідроциклонів СК*

<b>Параметри</b>	<b>Од. вимір.</b>	<b>ГЦ-500</b>
Внутрішній діаметр	мм	500
Кут конусу	град.	20
Діаметр зливного отвору	мм	160
Діаметр піскового отвору	мм	55-70
Тиск на вході	МПа	0,25