

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

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра

студента Кулик Владислав Русланович

(П.І.Б.)

академічної групи 151-19ск-1

(шифр)

спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(код і назва спеціальності)

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

(офіційна назва)

на тему Автоматизація процесу відсадження вугілля

(назва за наказом ректора)

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

Рецензент				
-----------	--	--	--	--

Нормоконтролер	ас. Воскобойник Є.К.			
----------------	----------------------	--	--	--

Дніпро
2022

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

_____ Бублік В.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)
« _____ » _____ 2022 року

ЗАВДАННЯ на кваліфікаційну роботу ступеня бакалавр

студенту Кулик В.Р. _____ академічної групи 151-19ск _____
(прізвище та ініціали) (шифр)
спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
за освітньо-професійною програмою 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані
технології _____
(офіційна назва)

на тему Автоматизація процесу відсадження вугілля
затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» № 217-с від 26.04.2022 р.

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

Завдання видано _____
(підпис керівника)

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

Дата видачі

04.05.2022

Дата подання до екзаменаційної комісії

10.06.2022

Прийнято до виконання _____
(підпис студента)

Кулик В.Р.
(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Об'єкт розроблення: процес відсаджування вугілля на вуглезбагачувальній фабриці.

Мета бакалаврської роботи: визначення структури і параметрів динамічних моделей процесу відсадження вугілля на вуглезбагачувальній фабриці; створення структурної схеми САУ процесом відсадження вугілля.

Відсадження вугілля є процесом безперервної дії, що реалізується сукупністю технологічних апаратів і напрямлений на розділення гірничої маси за густиною в турбулентному вертикальному пульсуючому потоці води знакозмінної швидкості. Найбільша ефективність даного процесу досягається при стабілізації навантаження на відсаджувальні машини крупного і дрібного вугілля шляхом зміни подачі води і навантаження на гідрограхот.

В бакалаврській роботі запропоновано багатозв'язкову структурну схему керування процесом відсаджування вугілля. Для реалізації запропонованої автоматичної системи визначені структура і параметри чотирьох каналів керування, обґрунтовані датчики і виконавчі засоби технологічними параметрами для їх контролю і зміни, а також запропоновані функціональна і мікропроцесорна системи керування.

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

ВУГІЛЛЯ, ВІДСАДЖУВАЛЬНА МАШИНА, КОНТРОЛЕР,
ТЕХНОЛОГІЯ, ГІДРОГРОХОЧЕННЯ, ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ,
ШКІДЛИВІ ФАКТОРИ

ЗМІСТ

Зміст	4
Перелік скорочень	6
Вступ	7
1 Стан питання та постановка завдання	9
1.1 Характеристика галузі і умов застосування проектованої системи	9
1.2 Технологічний процес відсаджування вугілля	13
1.3 Процес відсаджування як об'єкт автоматизації	14
1.3.1 Принцип дії відсаджувальних машин	14
1.3.2 Процес відсаджування як об'єкт керування	18
1.4 Відомі рішення в даній галузі	21
1.5 Постановка завдання	22
2 Розробка апаратного забезпечення системи керування	23
2.1 Розробка структурної схеми системи керування	23
2.2 Вибір апаратного забезпечення системи керування	25
2.2.1 Вибір датчиків	25
2.2.2 Вибір виконавчих пристроїв	29
2.3.3 Вибір пристроїв керування	32
2.3.4 Вибір джерел живлення	39
2.4 Розробка функціональної схеми автоматизації	40
2.5 Розробка схеми електричної принципової	42
2.6 Висновки за розділом	43
3 Визначення моделі об'єкта керування	45
3.1 Методика дослідження динамічних характеристик об'єкта автоматичного керування	45
3.2 Визначення структури і параметрів об'єкта керування	50
3.3 Висновки за розділом	54
4 Економічна частина	56
4.1 Техніко-економічне обґрунтування впровадження системи керування	56

	5
4.2 Розрахунок капітальних витрат пов'язаних з впровадженням системи керування	56
4.3 Розрахунок капітальних витрат на програмне забезпечення	57
4.3.1 Розрахунок часу на розробку програмного забезпечення	57
4.3.2 Розрахунок витрат на розробку програмного забезпечення	60
4.4 Розрахунок експлуатаційних витрат	61
4.4.1 Амортизація основних фондів	61
4.4.2 Розрахунок фонду заробітної плати	62
4.4.3 Відрахування на соціальні заходи	63
4.4.4 Розрахунок витрат на технічне обслуговування та ремонт	63
4.4.5 Витрати на електроенергію	64
4.4.6 Інші витрати	64
4.5 Висновки за розділом	65
5 Охорона праці	66
5.1 Загальні відомості	66
5.2 Шкідливі та небезпечні фактори в обслуговуванні машин на вуглепереробному заводі	70
5.3 Правила техніки безпеки при відсадженню вугілля	72
5.4 Джерела пилоутворення, токсичні речовини та основні вимоги до виробничих процесів та обладнання для пилового фактору	73
5.5 Пожежна профілактика	76
5.6 Висновки за розділом	79
Висновки	80
Перелік посилань	81
Додаток А	85
Додаток Б	86
Відгуки консультантів кваліфікаційної роботи	87
Відгук	89
Рецензія	91

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

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

ВСТУП

Процес гідравлічної відсадки вугілля відіграє важливу роль серед процесів вуглезбагачення. У Франції, Німеччині і Японії процесу відсадки піддається 80% вугілля, в Україні – більше 60%. Одним із шляхів підвищення ефективності процесу відсадки є його автоматизація.

При проектуванні вуглезбагачувальних фабрик (ВЗФ) враховується можливість збільшення навантаження відсаджувальних машин на 15% в періоди різких змін характеристик вихідного вугілля (навантаження фабрики по вихідному вугіллю, фракційний гранулометричний склад), які змінюються випадковим чином і надає значний вплив на якісно-кількісні показники процесу збагачення. Коливання навантаження відсаджувальних машин тим значуще, чим більша кількість шахт або пластів складають живлення фабрики. Стабілізація цих характеристик, особливо навантаження, які для процесу відсадки можна розглядати як зовнішні обурюючі впливи, дозволяють підвищити ефективність процесу.

Існуючі системи нижнього рівня керування обмежуються стабілізацією рівня ліжка відсаджувальних машин та її розпушеності. Відома система стабілізації навантаження за рахунок змін продуктивності проміжного бункера враховує лише зміну фракційного складу і не дозволяє стабілізувати навантаження відсаджувальних машин на ВЗФ з типовою технологічною схемою, які містять відсаджувальні машини крупного і мілкового вугілля. З впровадженням на фабриках гідрогрохотів з'явилась принципова можливість розглядати витрати води на гідрогрохочення в якості керуючого впливу для керування навантаженнями відсаджувальних машин.

В бакалаврській роботі розглянуто визначення закономірності формування навантажень відсаджувальних машин по породі, залежних від змін витрат води на гідрогрохочення та продуктивності фабрики по вихідному вугіллю, а також запропоновано на рівні структурної схеми систему автоматичного керування

процесом гідравлічної відсадки, яка дозволить забезпечити збільшення продуктивності відсаджувальних машин.

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

1.1 Характеристика галузі і умов застосування проектованої системи

Вугільна промисловість – галузь паливно-енергетичного комплексу, що здійснює видобуток, збагачення та брикетування вугілля. За геологічними запасами викопного вугілля Україна посідає перше місце в Європі та восьме у світі. Розвідані запаси вугілля в Україні становлять 34,0 млрд. т у. п. або близько 50 млрд. т (станом на 1998 р.). Прогнозні запаси - близько 120 млрд. т. У структурі балансових запасів представлені всі марки - від вугілля бурого до високометаморфізованих антрацитів.

Питома вага марок вугілля становить (%):

- буре (Б) - 6,6;
- довгополуменеве (Д) - 22,4;
- газове (Г) - 36,1;
- газОВО-жирне (ГЖ) - 4,1;
- жирне (Ж) - 4,7;
- коксівне (К) - 3,1;
- опіснене спікливе (ОС) - 3,3;
- пісне (П) - 8,4;
- антрацити (А) - 11,3.

Продукція вуглевидобувних і вуглепереробних підприємств є стабільною основою для виробництва електроенергії, палива, продукції хімічної галузі, виплавки металу та ін. Вугільна промисловість – одна з небагатьох галузей, яка є містоутворюючою для багатьох монофункціональних міст вуглевидобувних басейнів (Донецького, Дніпровського, Львівсько-Волинського).

Історія вуглевидобування в Україні сягає більше 100 років у Донецькому басейні та більше 60 років у Львівсько-Волинському басейні. Це означає, що найпотужніші та найзручніші для великого промислового видобутку поклади кам'яного вугілля майже вичерпані. Однак сьогодні це не єдина проблема вугільної галузі України, що спричинила загальне скорочення видобутку вугілля

та його високу собівартість. Зазначену проблему суттєво загострили бойові дії на українському Донбасі, коли було втрачено низку шахт, що вже не підлягають відновленню. За даними Міненерговугілля, частка державних підприємств у виробництві українського вугілля становила близько 28 %, тобто приватні, орендовані чи передані у концесію копальні видобували приблизно 72 % вугілля.

Більшість вуглевидобувних підприємств приватного сектору заходила у Донбасі, зокрема на непідконтрольній Україні частині території Донецької та Луганської областей. Окрім цього, спостерігається різка тенденція до зниження фізичної продуктивності основного обладнання вуглевидобувних підприємств внаслідок їх фізичного та морального зносу.

Найбільш складною є економічна ситуація у галузі, пов'язана з відновленням основних фондів, необхідністю інвестицій та інноваційних технологій, які забезпечили б зростання обсягів видобутку вугілля [1, 2, 3, 4]. В таблиці 1.1 наведена динаміка видобутку вугілля в Україні у 21 віці.

Таблиця 1.1 - Видобуток вугілля в Україні

Рік	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Вугілля , млн. т	80,3 ▼	83,4 ▲	81,9 ▼	79,3 ▼	80,2 ▲	78,0 ▼	80,3 ▲	75,5 ▼	77,7 ▲	72,2 ▼
Рік	2010	2011	2012	2013	2014*	2015*	2016*	2017*	2018*	2019*
Вугілля , млн. т	75,2 ▲	81,9 ▲	85,7 ▲	83,7 ▼	64,9 ▼	39,7 ▼	40,9 ▲	34,9 ▼	33,29 ▼	32,8 ▼
Рік	2020	2021								
Вугілля, млн. т	28,08 ▼	29,39 ▲								

Однією з підгалузей вугільної промисловості є вуглезбагачення. Сучасні вуглезбагачувальні фабрики – потужні повністю механізовані підприємства з частковою або повною автоматизацією окремих технологічних процесів і операцій, оснащені передовою технологією і високопродуктивним обладнанням.

Основний напрямок технічного прогресу в вуглезбагаченні, який забезпечує підвищення технологічних і техніко-економічних показників, – це концентрація виробництва в результаті будівництва нових великих фабрик,

реконструкції і технічного переобладнання чинних підприємств на основі передової технології і нової техніки.

За технологічним призначенням процеси переробки вугілля на збагачувальних фабриках підрозділяються на:

- підготовчі процеси: дроблення, грохочення;
- основні: гравітаційні процеси збагачення, флотація;
- допоміжні: зневоднення, знепилення, регенерації оборотних вод.

Основні процеси переробки вугілля на збагачувальних фабриках відбуваються у вузлах збагачення у важких середовищах, вузлах відсадки, гвинтових сепараторах, вузлах протитечійної сепарації, вузлах збагачення на концентраційних столах, вузлах пневмозбагачення. Крім того використовуються нетрадиційні методи гравітаційного збагачення вугільних шламів: збагачення вугільних шламів на конусних сепараторах, збагачення вугільних шламів на гідросайзерах.

Типова схема технологічного збагачення коксівного вугілля показана на рисунку 1.1. Процес збагачення містить: 1 – вагоноперекидач; 2 – грохот циліндричний; 3 – дробарка двовалкова зубчаста; 4 – конвеєри стрічкові; 5 – бункери дозувально-акумулюючі; 6 – грохоти вібраційні; 7 – сепаратори важкосередовищні; 8 – бак кондиційної суспензії меншої густини (КС1); 9 – бак кондиційної суспензії більшої густини (КС2); 10 – бак некондиційної суспензії (НС); 11 – дробарка молоткова; 12 – сепаратор електромагнітний; 13 – грохот конусний; 14 – машина відсаджувальна; 15 – класифікатор елеваторний; 16 – центрифуга вібраційна; 17 – зумпф шламовий; 18 – гідро циклон класифікаційний; 19 – насоси; 20 – сепаратор гвинтовий; 21 апарат кондиціонування пульпи; 22 – машина флотаційна; 23 – вакуум-фільтр дисковий; 24 – згущувач циліндроконічний; 25 – фільтр-прес; 26 – сушарка барабанна; 27 – відвантажувальні бункери.

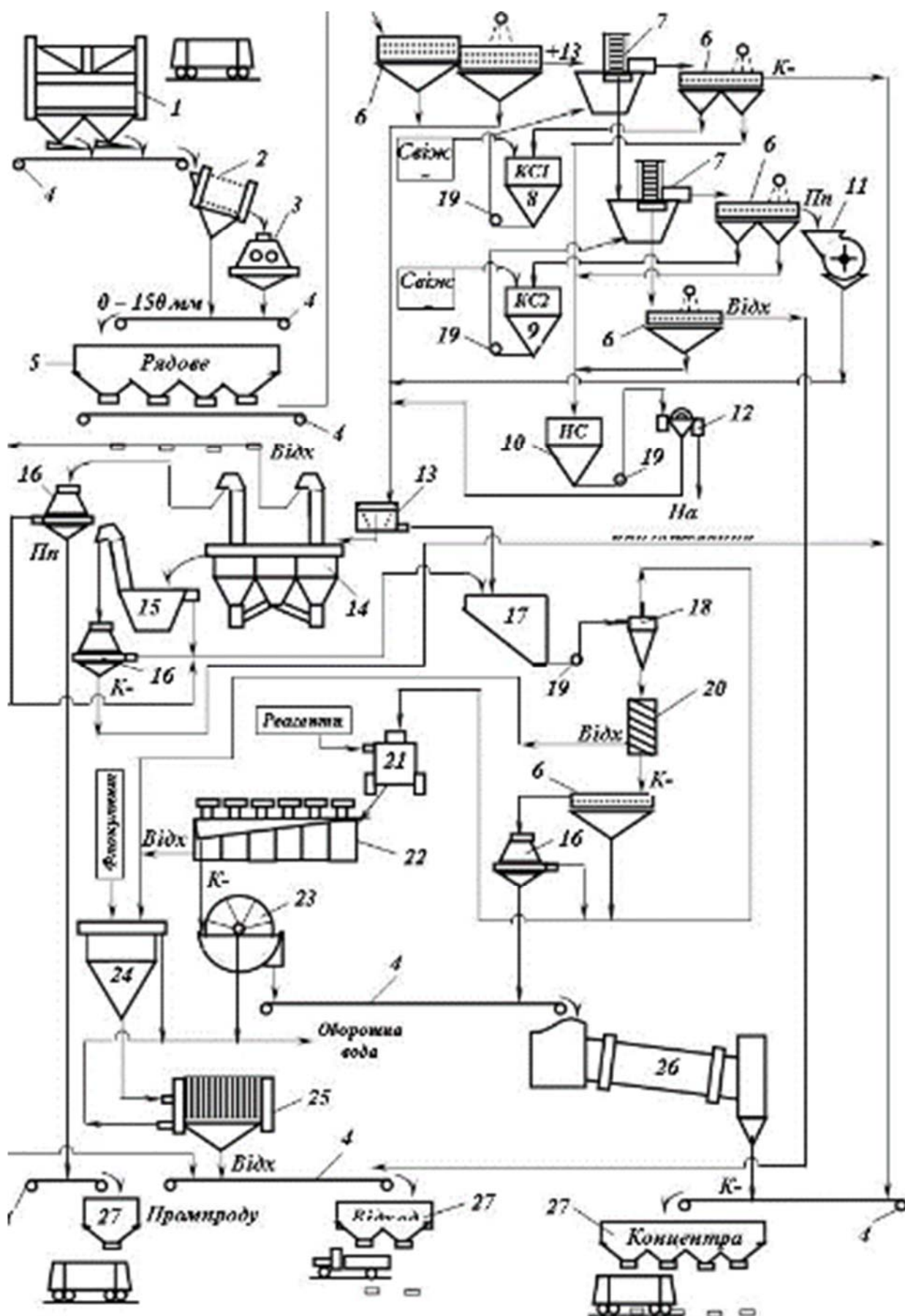


Рисунок 1.1 – Технологічна схема збагачення коксівного вугілля

1.2 Технологічний процес відсаджування вугілля

Процес розділення гірничої маси (в тому числі і вугілля) за густиною в турбулентному вертикальному пульсуючому потоці води знакозмінної швидкості називається відсадкою. Частота і амплітуда пульсацій є незмінними. Даний вид збагачення є одним із головних в технології збагачення корисних копалин. Розподіл вугілля здійснюється у відсаджувальних машинах. В результаті періодичної дії висхідних і низхідних струменів середовища вихідний матеріал розділяється на продукти різної густини. Причому у нижньому шарі концентруються частинки більшої густини (породні), у верхньому – меншої (концентратні) [5]. На даний час не існує єдиної теорії, яка пояснює механізм розшарування матеріалу в постелі відсаджувальної машини [6].

В залежності від цілей відсаджування даний процес може застосовуватися для:

- збагачення гірничої маси з одержанням кінцевих продуктів;
- підготовки матеріалу з подальшим збагаченням у флотаційних машинах, магнітних сепараторах та ін.

На рис. 1.2 представлена типова технологічна схема роздільного збагачення крупних і дрібних класів відсадкою вугілля з попередньою класифікацією на два машинних класи +13 (10) мм і –13 (10) мм. У тому випадку, коли крупний машинний клас збагачується важкосередовищною сепарацією, то схема відсадження включає лише переробку дрібного машинного класу з виділенням кінцевих продуктів. Слід зазначити, що схеми з виділенням двох кінцевих продуктів застосовують також при збагаченні енергетичного вугілля, коли допускається незначне засмічення концентрату проміжними фракціями.

У разі використання процесу відсадження як допоміжної операції відвальні відходи виділяють в першій стадії. Тоді промпродукт після попереднього подрібнення і класифікації збагачують у подальшому за найбільш ефективним методом.

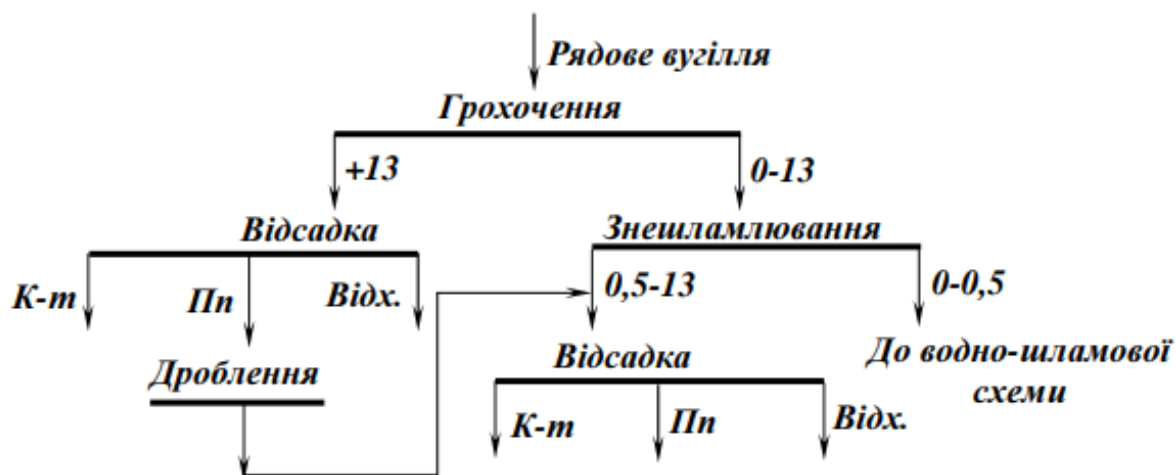


Рисунок 1.2 - Схема роздільного збагачення крупних і дрібних класів відсадкою

На ефективність процесу відсадки впливає багато факторів, які можна розділити на три групи:

- технологічні, котрі поєднують якісно-кількісні характеристики збагачуваного матеріалу (гранулометричний і фракційний склад, форма і міцність зерен, питома продуктивність);
- гідродинамічні, що характеризуються параметрами стисненого повітря і підрешітної води (амплітуда і частота пульсацій, тиск і витрата повітря, витрата підрешітної і транспортної води);
- конструктивні, обумовлені головним чином способами розвантаження важких продуктів. Оптимальним режимом відсадження вважають такий, при якому якість концентрату, величина втрат цінних компонентів і питома продуктивність відповідають реально можливим при максимальній техніко-економічній ефективності збагачення [7].

1.3 Процес відсаджування як об'єкт автоматизації

1.3.1 Принцип дії відсаджувальних машин

На даний час відомо близько 90 конструкцій відсаджувальних машин. Застосування конкретного апарата залежить від умов його експлуатації.

Відсаджувальні машини поділяються за конструктивними ознаками: повітряно-пульсаційні (безпоршневі), діафрагмові, поршневі і з рухомим решетом. Останні два типи більш матеріало- і енергоємні, тому на збагачувальних фабриках найчастіше зустрічаються повітряно-пульсаційні (безпоршневі) і діафрагмові відсаджувальні машини, які використовуються для збагачення вугілля, руд чорних, кольорових і благородних металів, а також іншої мінеральної сировини [7].

Принцип дії відсаджувальних машин полягає в наступному. Вихідний матеріал подається разом з водою на решето. Вода транспортує матеріал уздовж машини і розподіляє його рівномірним шаром. Пульсатори відсаджувальної машини створюють висхідноспадні потоки, які змінюються за швидкістю і напрямком води. Коли потік води напрямлений у гору - постіль розпушується. Легкі зерна із швидкістю падіння меншою ніж швидкість водяних потоків рухаються разом з водою, тоді як перебувають в стані спокою (зависають) у воді. Під дією потоків води у протилежному напрямі постіль згущується. Важкі зерна захоплюються водою і рухаються вниз з більшою швидкістю, ніж легкі. У результаті періодичних рухів води матеріал поділяється: легкі мінерали виносяться у верхні шари, а важкі концентруються в нижніх шарах. У подальшому, завдяки транспортуванню водою, розшарований матеріал переміщається до розвантажувального кінця решета, де і відбувається пошарове вивантаження продуктів збагачення. Вибір типу відсаджувальної машини визначається складом сировини, що переробляється, крупністю живлення, продуктивністю в операції і вимогами до продуктів збагачення [7].

На фабриках невеликої виробничої потужності використовують діафрагмові машини (рис. 1.3).

У діафрагмових машинах 1 середовище здійснює коливання завдяки циклічному руху діафрагми 3. Періодичний рух діафрагми відбувається завдяки ексцентрикового привода 4. Наприкінці камер установлені вертикальні пороги, висоту яких можна змінювати. Через отвори решета 2 важкі фракції

збагачуваного матеріалу надходять у лійки, а далі. Легкий же продукт розвантажуються через зливний поріг у кінці машини.

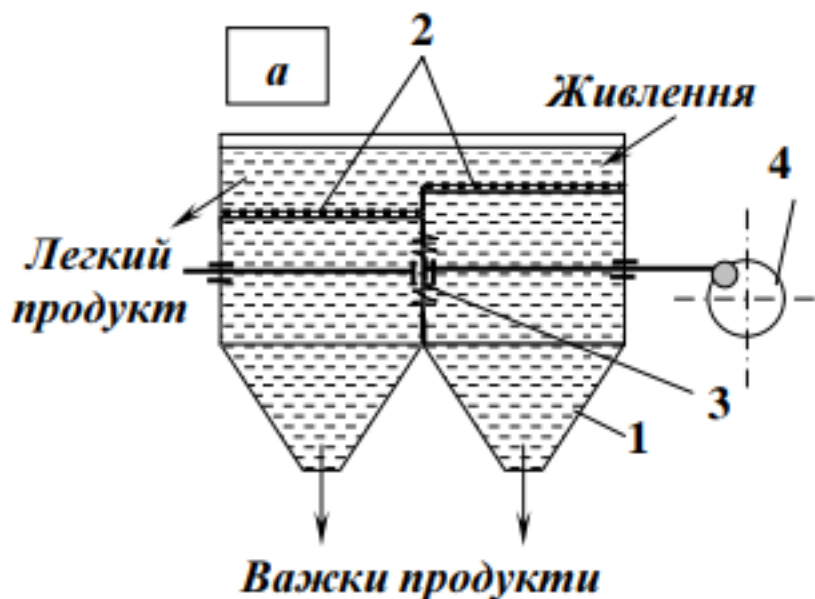


Рисунок 1.3 – Схема відсаджувальної машини з діафрагмою в перегородці

Повітряно-пульсаційні (безпоршневі) відсаджувальні машини встановлюють на фабриках високої і середньої виробничої потужності. Дані машини застосовують для відсадження кам'яного вугілля, крупно- і середньовкраплених олов'яних, вольфрамових руд і руд рідкісних металів.

Безпоршнева відсаджувальна машина, наприклад (рис. 1.4) складається з декількох відділень 1, кожне з яких розділене на секції 2 з повітряними камерами 3, розташованими під щілинними решетами 4. Решета (робочі поверхні) можуть бути поліетиленовими або сталевими штампованими. Наприкінці кожного відділення є розвантажувальна камера 5, у верхній частині якої встановлений шибер 6 для регулювання висоти порога перед дальшим відділенням. У нижній частині камери 5 знаходиться роторний розвантажувач 7 із шибером 8, призначений для регулювання розміру щілини перед розвантажником у залежності від крупності матеріалу, що вивантажується. На бічній стороні машини розташовані повітряні колектори 9 (по одному на кожне відділення). Кожен колектор укомплектований двома пульсаторами 10 клапанного (або роторного) типу, що служать для періодичного впуску повітря в повітряні

камери 3 і випуску повітря. Поруч на бічній стінці змонтований водяний колектор 11, з якого в машину подається підрешітна вода. Регулювання процесу відсадження (за рівнем постелі) здійснюється автоматично регулятором рівня 12, що зв'язаний із системою, яка контролює випуск важких продуктів [7].

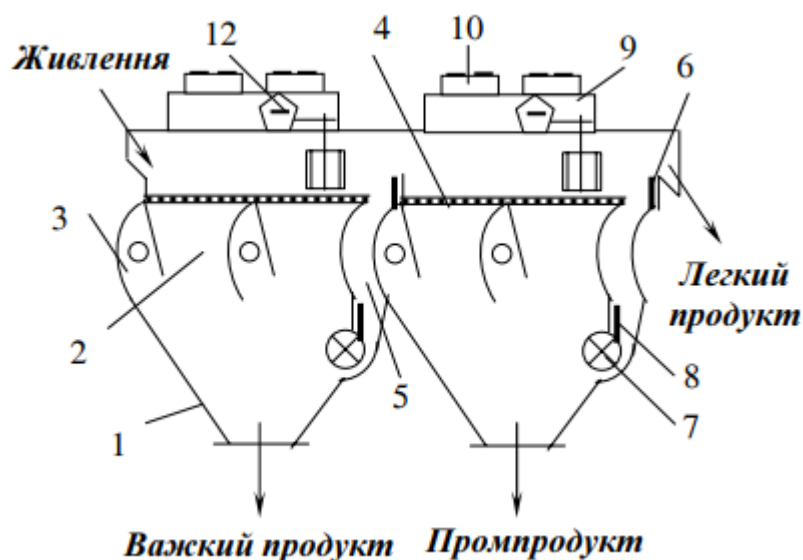


Рисунок 1.4 - Повітряно-пульсаційна відсаджувальна машина

Вихідний матеріал разом із транспортною водою подається на решето 4 завантажувального відділення. У результаті пульсацій води матеріал при переміщенні уздовж машини розшарується за густиною.

Важкий продукт по решету переміщується до розвантажувальної камери 5, звідки роторним розвантажувачем 7 вивантажується в лійку 13 і далі зневоднюючим елеватором видається з машини. Привод 14 роторного розвантажувача зв'язаний із системою автоматичного регулювання рівня постелі 12 і частота його обертання автоматично змінюється в залежності від товщини шару важких фракцій на решеті. Легкий продукт разом із транспортною водою переливається через регульований зливний поріг 6 розвантажувального відділення відсаджувальної машини і по жолобу направляється в подальшу операцію, передбачену технологічною схемою.

1.3.2 Процес відсаджування як об'єкт керування

У загальному випадку відсаджувальні машини крупного та дрібного вугілля як об'єкт автоматизації можуть бути представлені складною системою з великою кількістю входів та виходів (рис. 1.5).

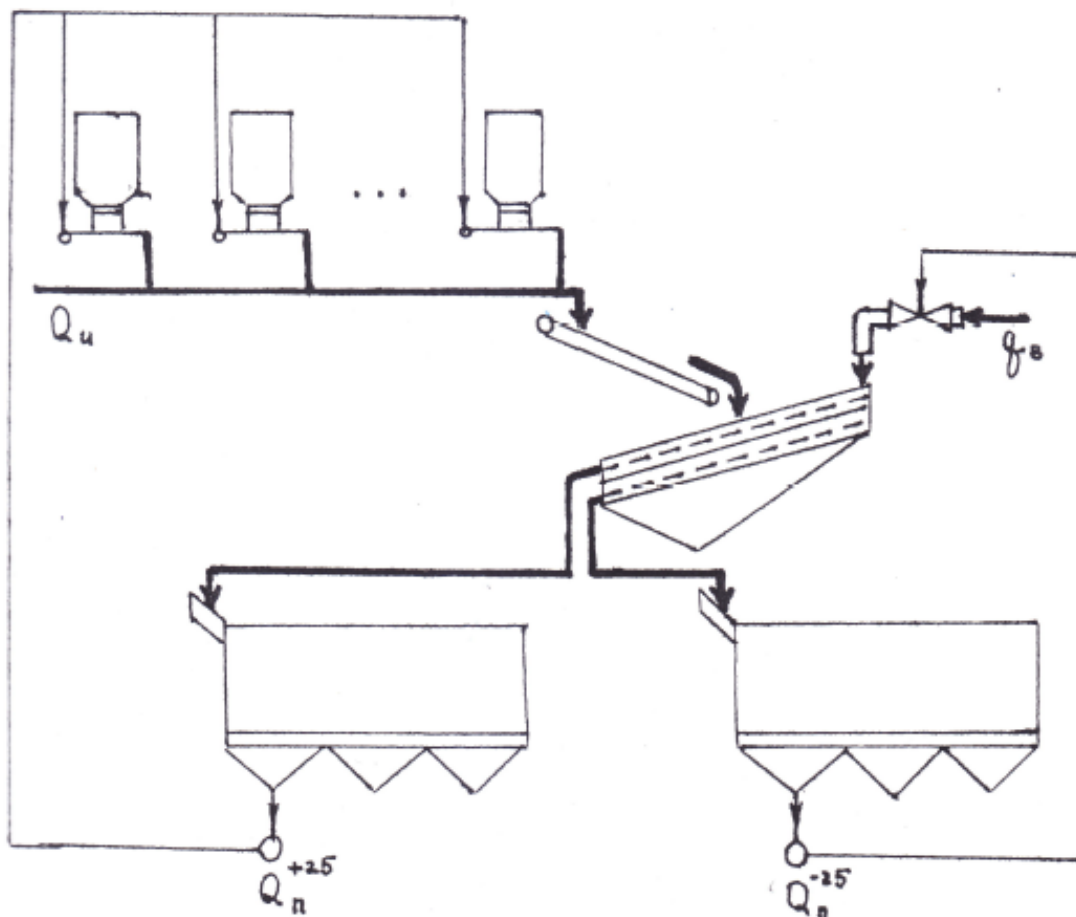


Рисунок 1.5 – Об'єкт керування

Найбільш суттєвими входними параметрами для породних відділень є: фракційний γ_ϕ і γ_{dn} гранулометричний склади рядового вугілля, витрата транспортної $q_{тр}$ та підрешітної $q_{пр}$ води, вміст в них твердого c_T , тиск повітря p в повітряному відділенні, частота подачі повітря w , частота пульсацій w , тривалість позицій циклу $T_з$, $T_{пл}$ (впуск, випуск, пауза), витрата води на гідрограхочення q_B , продуктивність фабрики з вихідного вугілля $Q_{и}$. Вхідні змінні поділяються на обурюючі та управляючі. До обурюючих змінних можна віднести γ_ϕ , γ_{dn} , $q_{тр}$, $q_{пр}$, c_T , p , w , $T_з$, $T_{пл}$. Як керуючі дії розглядаються $Q_{и}$ та q_B . Вихідними змінними процесами відсадження для породних відділень є

навантаження на породні відділення відсаджувальних машин Q_{Π}^{+25} крупного та Q_{Π}^{-25} дрібного вугілля.

Внутрішніми змінними є: висота важкого шару відсаджувального ліжка у породному відділенні h_{Π} , ступінь розпушування відсаджувального ліжка R у відділеннях, нерівномірність поля швидкостей та розподіл вихідного вугілля по ширині решітного відділення ε , зміна прохідного перерізу решета в результаті забивання його F_3 . Структурна відсаджувальної машини як об'єкта керування наведена на рисунку 1.6.

При складанні рівнянь об'єкта керування другорядними величинами нехтують, а враховують лише основні входні, вихідні та обурюючі змінні, які впливають на навантаження відсаджувальної машини.

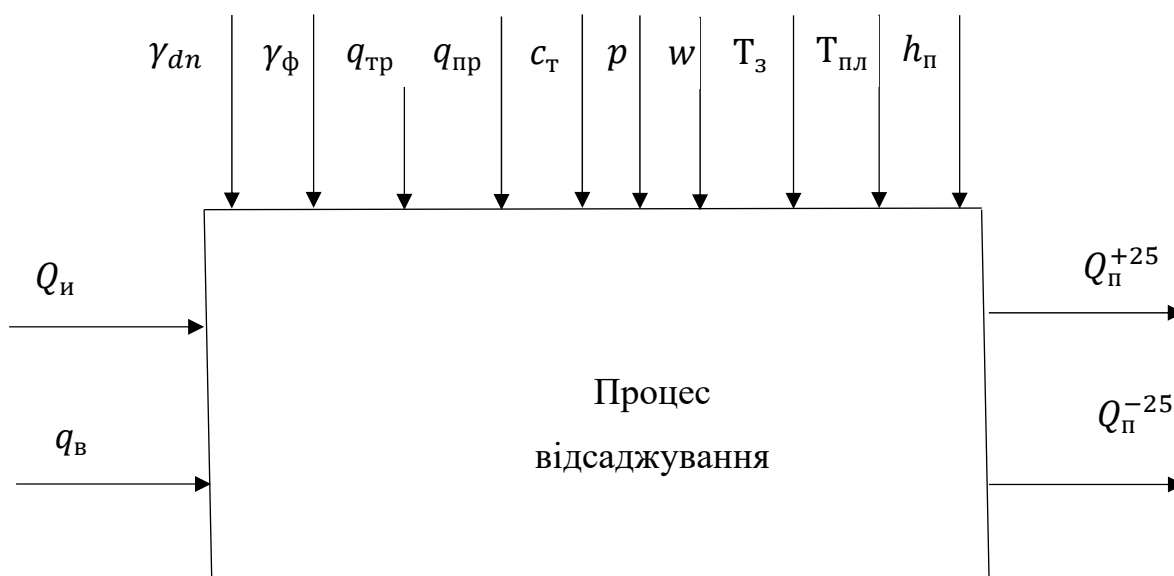


Рисунок 1.6 – Структурна схема об'єкта керування

Під динамікою матеріального потоку розуміють закономірності зміни запасу матеріалу $M, т$ та її потоків $Q, т/год$ у каналах керування за відсутності зміни якісного складу вугілля. У цьому плані технологічні лінії об'єкта керування можна представити як сукупність збірників транспортних ліній. Під збірником розуміється будь-яка ємність, здатна акумулювати матеріал. Під транспортними лініями розуміються конвеєри для сипких матеріалів, і навіть елеватори, у яких матеріал рухається дискретними порціями.

Основним рівнянням, що описує зміну матеріальних потоків на вході та виході збірників та запасу матеріалу в них є рівняння матеріального балансу:

$$dM/dt = Q_1 - Q_2, \quad (1.1)$$

Де M - запас матеріалу, т; Q_1 - підведені та Q_2 - відведені потоки, т/год.

Основним рівнянням, що описує динаміку матеріальних потоків на вході та виході транспортних ліній, є рівняння запізнення:

$$Q_2(t) = Q_2(t - \tau), \quad (1.2)$$

де $\tau = L/v$ - час транспортного запізнення, с або год; L - довжина лінії, м; v - швидкість транспортування, м/с або м/год.

У рівнянні збірника є три змінні величини: M , Q_1 , Q_2 . Q_1 є входом об'єкта автоматизації, а Q_2 є виходом, причому має вимірюватися.

Для відсаджувальної машини потік, що відводиться зі збірки, не є незалежною змінною, а є функцією запасу M :

$$Q_2 = Q_2(M) \quad (1.3)$$

З рівнянь (1.1...1.3) можна виключити M та отримати одне рівняння, що містить Q_1 (вхід) та Q_2 (вихід):

$$T \frac{dQ_2(t)}{dt} + Q_2(t) = kQ_1(t - \tau) \quad (1.4)$$

де k - коефіцієнт передачі; T - постійна часу.

Об'єкт керування першому наближенні можна описати лінійними диференціальними рівняннями. Відповідно до (1.4) маємо:

$$T \frac{dq_n^{+25}(t + \tau)}{dt} + q_n^{+25}(t + \tau) = ku_1 \quad (1.5)$$

$$T \frac{dq_n^{-25}(t + \tau)}{dt} + q_n^{-25}(t + \tau) = ku_1 \quad (1.6)$$

при обов'язковому збереженні балансу:

$$Q_n^u = Q_n^{+25} + Q_n^{-25} \quad (1.7)$$

де q_n - вихідні змінні $y(t)$, що дозволяють стабілізувати навантаження відсаджувальних машин; u_i - керуючі впливи; k - передаточний коефіцієнт, що характеризує властивості об'єкта керування у статичному режимі; T - постійна часу, що характеризує інерційність об'єкта.

1.4 Відомі рішення в даній галузі

Для стабілізації навантаження відсаджувальних машин переважно використовуються два способи. Перший спосіб заснований на встановленні резервних апаратів. Зміни вхідних обурень лише частково компенсуються цими заходами щодо стабілізації показників вихідного вугілля і істотно впливають на зміну навантаження відсаджувальних машин. Застосування першого способу обмежено у зв'язку з тенденцією до створення високопродуктивного обладнання, а також порівняно з великою частотою зміни навантаження при значній інерційності збагачувальних апаратів.

Відповідно до другого способу, регулювання навантаження полягає в тому, що продуктивність по породі розвантажувального пристрою буде підтримуватися постійною за рахунок провідності по вхідному вугіллю максимально можливою. Звідси випливає, що чим більший вміст важких фракцій у вихідному куті, тим менше має бути навантаження. І навпаки, що менше важких фракцій у вихідному куті, то більше вписувалося навантаження по вихідному. Система регулювання, що забезпечує зазначений режим роботи відсаджувальної машини є системою регулювання роботи машини за змістом важких фракцій. У такої системи є недоліки, так як вона розроблена для технологічної схеми з однією відсаджувальною машиною, а більш типовим є випадок, коли вугілля надходить по закритому жолобу на дві паралельні відсаджувальні машини, що працюють, після класифікації, а не з бункера. Крім того система не враховує зміни навантаження на фабрику та гранулометричного складу вихідного вугілля.

Для підвищення ефективності роботи садових машин застосовуються два принципи керування: по відхиленню та обуренню.

Прикладом реалізації принципу керування по відхилу є система керування коливальним процесом, в якому керування всією машиною здійснюється від одного нерухомого робочого датчика, встановленого в повітряній камері родового відділення та контролю рівня води. Відомі й інші системи, засновані на

даному принципі і які застосовуються на вугільних фабриках. Загальним недоліком такої системи є зниження точності їх роботи при підвищенні інерційності та запізнення.

Для принципу керування по обуренню характерно, що вимірюються впливи, що обурюють, прикладені до входу об'єкта, і в залежності від результатів вимірювання формуються управляючі впливу таким чином, щоб значення керованих величин знаходилися в допустимих межах. Стабілізація ж будь-якого впливу, що обурює, особливо такого як навантаження на відсаджувальну машину, здатна підвищити ефективність процесу відсадки. Принцип керування з обурення для відсадження не знайшов широкого застосування.

1.5 Постановка завдання

Для підвищення ефективності керування процесом відсадки на вуглезбагачувальній фабриці в бакалаврській роботі поставлені такі завдання:

- вибрати датчики та виконавчі механізми для контролю та зміни фізичних та технологічних параметрів процесу відсадки;
- на основі даних активних експериментів визначити структуру та параметри динамічної моделі процесу відсадки по каналам керування:
 1. витрата води на гідрогрохочення – продуктивність відсаджувальної машини крупного вугілля по породі;
 2. витрата води на гідрогрохочення – продуктивність відсаджувальної машини мілкового вугілля по породі;
 3. витрата вхідної руди – продуктивність відсаджувальної машини крупного вугілля по породі;
 4. витрата вхідної руди – продуктивність відсаджувальної машини мілкового вугілля по породі;
- оцінити довірчий інтервал постійної часу динамічних моделей;
- запропонувати структурну схему мікропроцесорної системи для реалізації системи автоматичного регулювання процесом відсадки.

2 РОЗРОБКА АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

2.1 Розробка структурної схеми системи керування

Вуглезбагачувальний об'єкт, що включає дозувальне відділення, попереднє грохочення і відсаджувальні машини великого і дрібного вугілля в першому наближенні можна описати лінійними рівняннями першого порядку із запізненням.

Розглянутий багато зв'язний об'єкт керування не вдається розбити на окремі ділянки з незалежними регульованими величинами: зміна навантаження дозувального відділення $Q_{\Pi}^{\text{ВХ}}$ та зміна витрати води на гідрогрохочення $q_{\text{В}}$ впливають як на регульовану величину відсаджувальної машини крупного вугілля Q_{Π}^{+25} , так і на регульовану величину дрібного вугілля Q_{Π}^{-25} . При керуванні навантаженням по породі відсаджувальним машин дрібного та крупного вугілля дозаторами бункерів постійні часу знаходяться в межах 30...100 с.

Так як навантаження по породі відсаджувальну машину дрібного вугілля піддається в процесі збагачення сильнішому впливу, то її необхідно регулювати по менш інерційному каналу: витрата води на гідрогрохочення - навантаження на відсаджувальну машину дрібного вугілля по породі.

З урахуванням особливостей об'єкта (багато зв'язність), з урахуванням обраних керуючих та керованих змінних запропоновано структурну схему вуглезбагачувального об'єкта з двома взаємозалежними величинами (рис.2.1).

Параметри об'єкту керування:

Вхідні:

- $Q_{\Pi}^{\text{ВХ}} = 50 \dots 180 \text{ т/м}^2\text{год}$ витрати вугілля;
- $q_{\text{В}} = 1 \dots 3 \text{ м}^3/\text{т}$ - витрати води;

Вихідні:

- $Q_{\Pi}^{+25} = 30 \dots 100 \text{ т/м}^2\text{год}$ - витрати по дрібному вугіллю (вихід гідрогрохоту);

- $Q_{\Pi}^{-25} = 30 \dots 100 \text{ т/м}^2\text{год}$ - витрати по крупному вугіллю (вихід гідрограхоту).

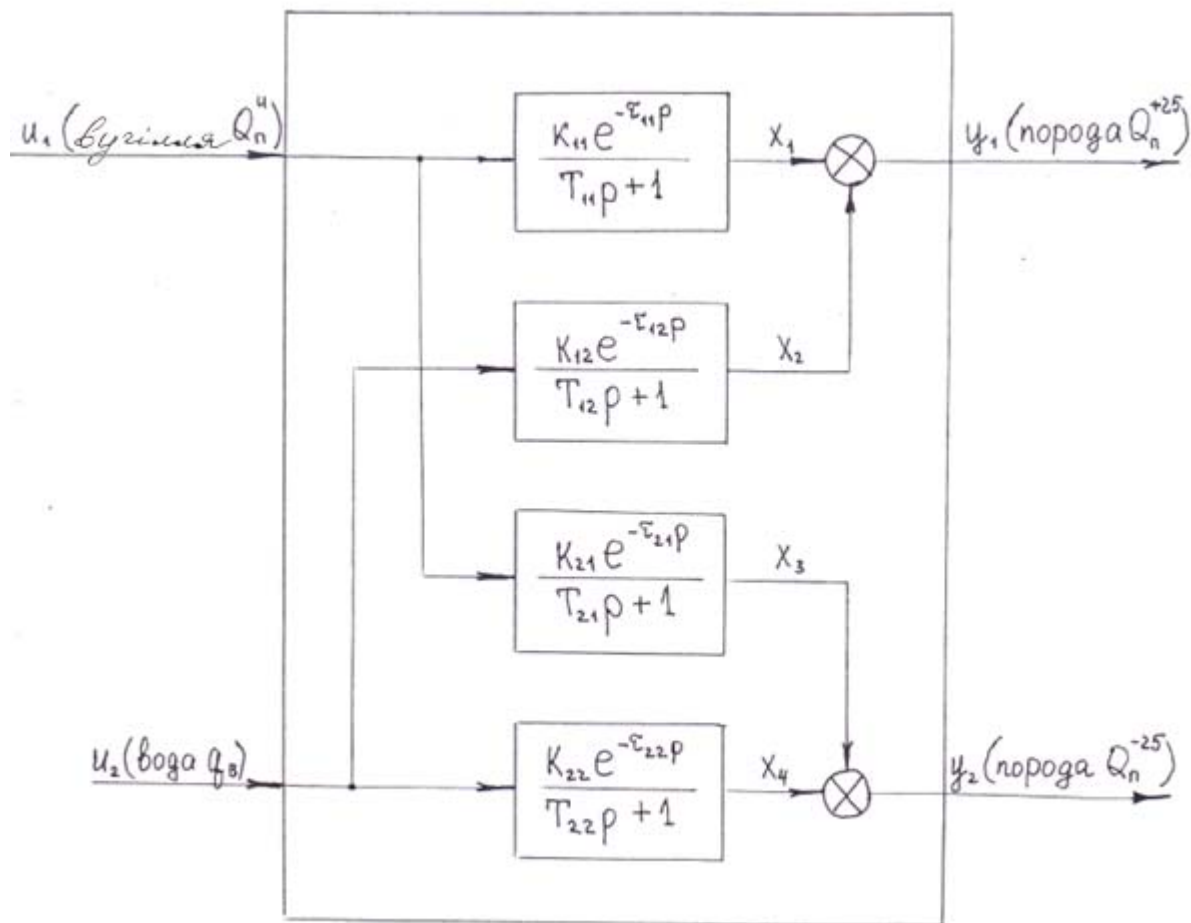


Рисунок 2.1 – Структурна схема системи об'єкту керування

Враховуючи площу відсаджувальної машини 12 м^2 , отримаємо наступні параметри продуктивності об'єкту керування:

Вхідні:

- $Q_{\Pi}^{\text{ВХ}} = 600 \dots 2\,160 \text{ т/год}$ - витрати вугілля;
- $q_{\text{В}} = 600 \dots 6\,480 \text{ м}^3\text{/год}$ - витрати води;

Вихідні:

- $Q_{\Pi}^{+25} = 360 \dots 1\,200 \text{ т/год}$ - витрати по дрібному вугіллю (вихід гідрограхоту);
- $Q_{\Pi}^{-25} = 360 \dots 1\,200 \text{ т/год}$ - витрати по крупному вугіллю (вихід гідрограхоту).

На рисунку 2.1 показана структурна схема системи керування.

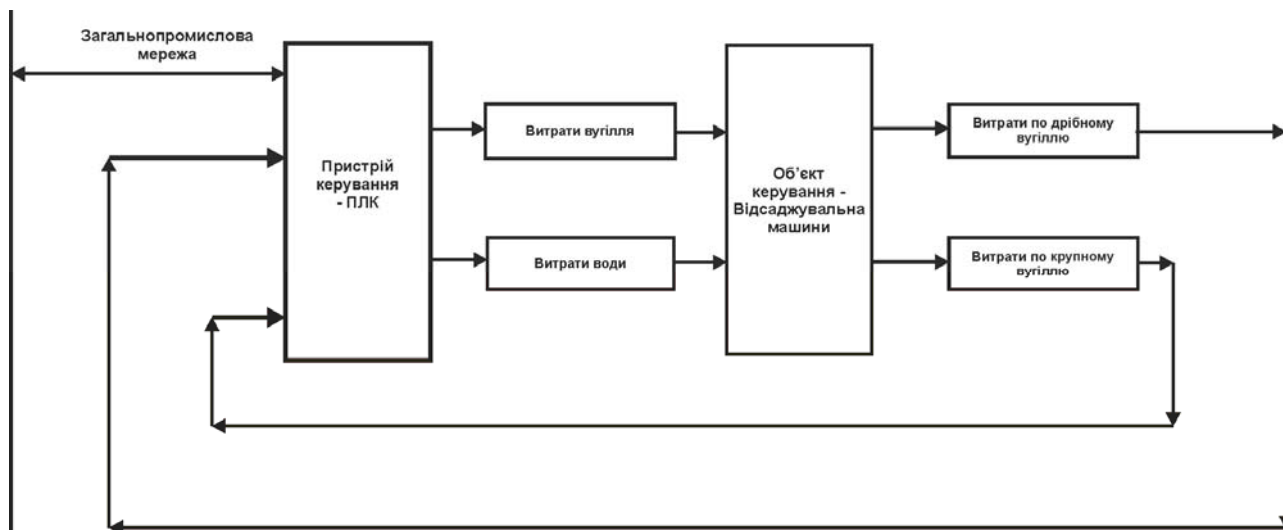


Рисунок 2.1 – Структурна схема системи керування

Датчики витрати по дрібному та крупному вугіллі забезпечують необхідною інформацією систему керування з метою підтримки заданого режиму роботи технологічного обладнання.

Система керування має підтримувати заданий за технологічними параметрами роботу відсаджувальної машини.

2.2 Вибір апаратного забезпечення системи керування

2.2.1 Вибір датчиків

За технічними параметрами необхідно вимірювати витрати вугілля яке подається та виводиться з відсаджувальної машини стрічковими конвеєрами. Продуктивність конвеєра лежить у діапазоні 300...2 160 т/год.

Для цього скористаємося конвеєрними вагами для стрічкових конвеєрів.

Ваги конвеєрні електронні виробництва НВП «Техноваги» призначені для автоматичного визначення маси та витрат сипких матеріалів у процесі їх транспортування стрічковими конвеєрами з точністю 0,5 %, 1 %, 2 %. Продуктивність – від 10 до 10 000 т/годину.

Оберем ваги ВК-230м з точністю 2 %, продуктивністю – до 5 000 т/годину.

Система керування ваг ВК-230м складається з багатofункціонального вагового контролера МВК, який встановлюється безпосередньо на вагах, і табло ТВ-330-16, яке може встановлюватися на відстані до 1 200 м від ваг.

Вагова платформа - багато роликів (для підвищення точності) конструкція, що складається з рухомої і нерухомої частин з'єднаних між собою за допомогою чотирьох кронштейнів з амортизаторами.

Тензодатчик - фірми НВМ (Німеччина), ступінь захисту від пилу і вологи IP68, нержавіюча сталь, клас С3000.

Датчик швидкості - імпульсний, контактний. Являє собою конструкцію з приводним роликом у вигляді вкритого гумою колеса, розташованого на валу. На валу встановлено кодовий диск фотоелектричного перетворювача кутових переміщень.

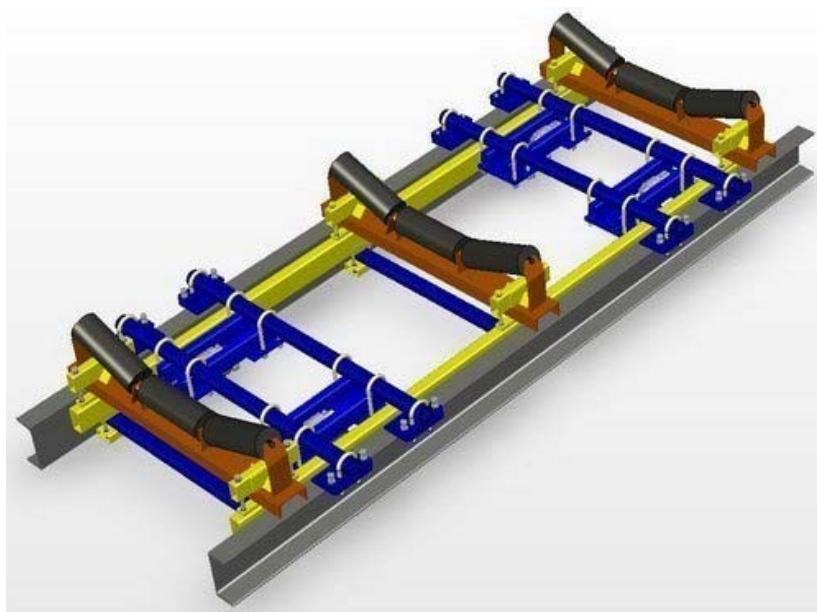


Рисунок 2.2 – Вагова платформа ВК-230м

Електронний блок - ПВ-310-Процесор ваговий ПВ-310 призначений для вимірювання та індикації на цифровому табло поточної продуктивності конвеєра та значення маси зважуваних сипучих і кускових матеріалів наростаючим підсумком під час технологічних операцій, а також для дистанційної передачі:

- наростаючого підсумку на зовнішній лічильник імпульсів;
- даних до зовнішніх пристроїв (персональний комп'ютер або виносне табло), через інтерфейс RS-485;
- сигналу постійного струму (0...5), (0...20) або (4...20) мА, пропорційного поточній продуктивності, з можливістю інтегрування (згладжування) цього сигналу за час від 1 до 200 с.

Додаткові функції процесора вагового ПВ-310.

Індикація на 16-та розрядному алфавітно-цифровому дисплеї:

- поточної та сумарної витрати матеріалу (постійно);
- швидкості конвеєра;
- ваги порожньої стрічки;
- довжини стрічки транспортера;
- навантаження на метр погонний;
- тестів індикатора, АЦП, пристрій вводу-виводу та ін;
- збереження поточних даних під час відключенні напруги харчування.

Технічні характеристики датчика наведені в таблиці 2.1 [13].

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики датчика температури ВК-230м

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	ВК-230м
2	Діапазон робочих температур, °С	5...45
3	Клас захисту	IP68
4	Точність, %	±2,0
5	Діапазон вимірювання, т/год	0...5 000
5	Діапазон вихідного сигналу, мА	4...20
6	Напруга живлення, В	24
7	Потужність споживання, Вт	7

За технічними параметрами необхідно вимірювати продуктивність подачі води у відсаджувальну машину. Продуктивність подачі води коливається в межах 600...6 480 м³/год.

Обрано електромагнітний витратомір Promag 55S, який призначений двонаправленого вимірювання потоку рідини що містять суспензії, абразивні рідини, неоднорідні рідини і рідини з тенденцією до прилипання, наприклад:

- хімічна/механічна м'якоть, целюлоза або деревна м'якоть з вмістом ваги до 15% від загального обсягу;
- м'якоть фруктів, концентрати соку і готові продукти (салатні заправки, супи зі шматочками овочів);
- суміш з високою концентрацією піску і дрібного каменю, що створює абразивний механічний ефект, наприклад: рудний мул або розчин;
- хімічно неоднорідні рідини (наприклад, добавки);

- активований мул.

Основні технічні параметри:

- робоча дальність до 9 600 м³/год;
- робоча температура до +180 °С, макс. робочий тиск: 40 бар;
- розміри кріплення відповідно до DVGW/ISO;
- накладки та вимірювальні електроди.

Матеріали для підкладки: гумові, поліуретанові, PTFE або PFA широкий спектр електродів для різних застосувань.



Рисунок 2.3 – Електромагнітний витратомір Promag 55S

Технічні характеристики датчика наведені в таблиці 2.2 [13].

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики електромагнітного витратоміра Promag 55S

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	Promag 55S
2	Діапазон робочих температур, °С	-40...180
3	Клас захисту	IP68
4	Точність, %	±2,0
5	Діапазон вимірювання, м ³ /год	0...9 600
5	Діапазон вихідного сигналу, мА	4...20
6	Напруга живлення, В	24
7	Потужність споживання, Вт	5
8	Прохідний діаметр DN	15...600
9	Робочий тиск, PN	10...40

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

Таблиця 2.3 – Датчики

№	Назва параметру	Принцип дії	Тип	Діапазон змін	Точність	Значення виходу	Період оновлення	Напруга живлення	Потужність споживання
1	Витрати вугілля (вхід)	Тензодатчик. Цифрова система	Аналоговий	0...5000 т/год	±2,0 %	4...20 мА	0.1 с	24 В	7 Вт
2	Витрати по дрібному вугіллю (вихід)	Тензодатчик. Цифрова система	Аналоговий	0...5000 т/год	±2,0 %	4...20 мА	0.1 с	24 В	7 Вт
3	Витрати по крупному вугіллю (вихід)	Тензодатчик. Цифрова система	Аналоговий	0...5000 т/год	±2,0 %	4...20 мА	0.1 с	24 В	7 Вт
4	Витрати води (вхід)	Ультразвук. Цифрова система	Аналоговий	0...9600 м ³ /год	±2,0 %	4...20 мА	0.1 с	24 В	5 Вт

2.2.2 Вибір виконавчих пристроїв

Електропровідна станція стрічкового дозатор ЛДА-100 подачі вугілля у відсаджувальної машину у своєму складі має три асинхронних двигуна, кожний потужності 500 кВт, які живяться від трьохфазної мережі ~380 В.

Згідно з завданням система керування повинна реалізовувати регулювання продуктивності подачі вугілля у відсаджувальної машину, тобто треба забезпечити регулювання швидкості обертання привідної станції дозатору ЛДА-100. Тобто керування електроприводом повинно бути безперервним, щоб забезпечувати пропорційне керування. Виходячи з цього для керування електроприводом обрано три трьох фазний частотних перетворювачі Частотний перетворювач Hyundai N5000-600-С 550 кВт трифазний ~380 В з аналоговим керування 4...20 мА, або RS-485 для здійснення керування частотою обертів в діапазоні 0...100 % (рис. 2.4) [14].



Рисунок 2.4 – Частотний перетворювач Hyundai N5000-600-C

Технічні характеристики частотного перетворювача наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики частотного перетворювача Hyundai N5000-600-C

Найменування параметра	Значення
Тип	Скалярний
Напруга живлення, В	~320...~550
Потужність, кВт	550
Діапазон частот, Гц	0...240
Діапазон аналогового сигналу керування, мА	4...20
Канал зв'язку	RS-485
Ступінь захисту	IP20
Вага, кг	650

За технічними параметрами необхідно регулювати продуктивність води яка подається у відсаджувальну машину. Продуктивність подачі води коливається в межах 600...6 480 м /год.

Обрано електрозасувку клинову сталеву 30с964нж Ду400 Ру25 (рис. 2.5).

Технічні характеристики частотного перетворювача наведені в таблиці 2.5 [16].

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики електрозасувка клинова сталева 30с964нж Ду400 Ру25

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



Рисунок 2.5 – Електрозасувка 30с964нж Ду400 Ру25

На підставі наведеного вище для виконавчих пристроїв, та їх технічних характеристик складена таблиці 2.6.

Для керування електроприводом засувки 30с964нж Ду400 Ру25 (~220 В/ 10 Вт, реверсивне керування) використаємо трифазне твердотільне реле змінного струму Jotta SSR 60DA, 480 В змінного струму, з керуванням 0...24 В постійної напруги, яке будемо використовувати у дискретному режимі керування [16].



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

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

Найменування параметра	Значення
Тип	NBR
Напруга навантаження, В	~600 В
Струм навантаження, А	0...25
Струм керування, мА	0...20

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

Таблиця 2.7 – Виконавчих пристроїв

№	Назва параметру	Принцип дії	Тип	Діапазон змінення	Лінійність	Період оновлення	Напруга живлення, В	Потужність споживання, Вт
1	Продуктивність подачі вугілля	4...20 мА	Аналоговий	0...100 %	Лінійний	0,1 с	24	1,0
2	Продуктивність подачі води	~220 В	Дискретний, реверсивний	0...100 %	Не лінійний	0,1 с	24	1,0

2.3.3 Вибір пристроїв керування

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

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

До контролеру треба підключити датчик струму, який має уніфікований стандартний тип виходу 4...20 мА.

Для керування продуктивністю вивантаження матеріалу треба аналогове керування 0...100 % з параметрами керування 4...20 мА.

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

Наведеним вимогам відповідає програмований логічний контролер VIPA 214-2BS33. Контролер має час арифметичної операції над речовим числом 40 мкс, об'єм пам'яті програм 144 кбайт, об'єм робочої пам'яті 96 кбайт та інтерфейс RS-485 (рис. 2.7). Технічні характеристики контролеру наведені в таблиці 2.8.



Рисунок 2.7 – Програмований логічний контролер VIPA 214-2BS33

Таблиця 2.8 – Технічні характеристики програмованого логічного контролеру VIPA 214-2BS33

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

Для підключення чотирьох аналогових датчиків - витрати вугілля (вхід), витрати по дрібному вугіллю (вихід), витрати по крупному вугіллю (вихід), витрати води (вхід) які мають стандартні струмові сигнали 4...20 мА, обрано модуль аналогового вводу VIPA 231-1BD40, який має чотири аналогових входів (рис. 2.8). Технічні характеристики модуля наведені в таблиці 2.9.



Рисунок 2.8 – Модуль аналогового вводу VIPA 231-1BD40

Таблиця 2.9 – Технічні характеристики модуля аналогового вводу VIPA 231-1BD40

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

Приклад схеми підключення датчика з типом вихідного сигналу 4...20 мА до модуля аналогового вводу наведена на рисунку 2.9.

До контролеру повинні бути підключені два дискретних канали керування (тип виходу 0, +24 В), тому для підключення цих пристроїв обрано модуль дискретного вводу VIPA 222-1BF00 який має вісім каналів (рис. 2.10). Технічні характеристики модуля наведені в таблиці 2.10.

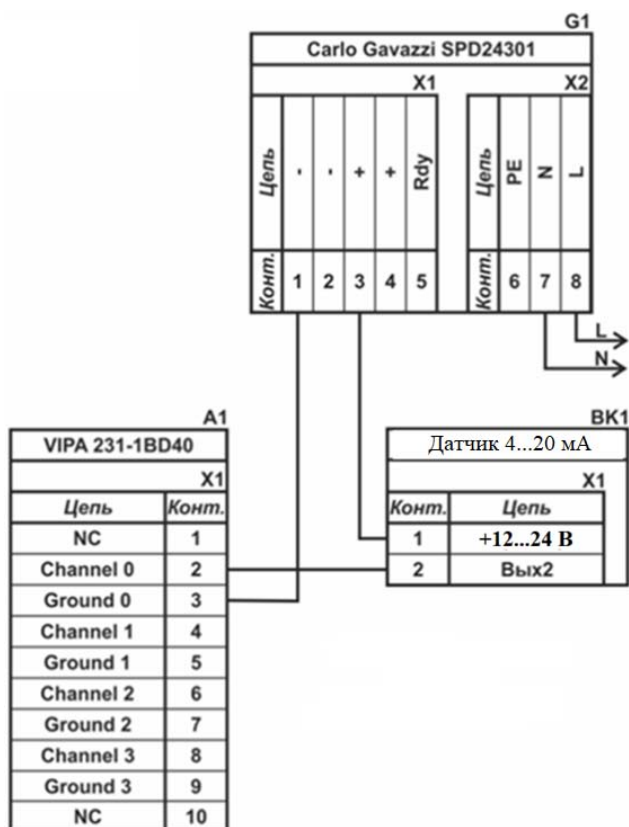


Рисунок 2.9 – Схема підключення датчика з типом вихідного сигналу 4...20 мА



Рисунок 2.11 – Модуль дискретного виводу VIPA 222-1BF00

Таблиця 2.10 – Технічні характеристики модуля дискретного виводу VIPA 222-1BF40

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

Схема підключення до модуля дискретного виводу наведена на рисунку 2.11.

До схеми треба підключити два незалежних дискретних канали, для керування дискретним виконавчим пристроєм з напругою +24 В.

Блок живлення підключено до 1 та 10 входів модуля. Для прикладу показана схема підключення умовного ланцюга 1 (одного з п'яти). Відповідний вихід модуля 2 підключено до входу пристрою узгодження (Ланцюг 1). Земляний вихід пристрою узгодження підключено до земляного входу блока живлення.

Аналогічно підключено інші ланцюги пристроїв узгодження навантаження, але до відповідних до виходів цього модуля.

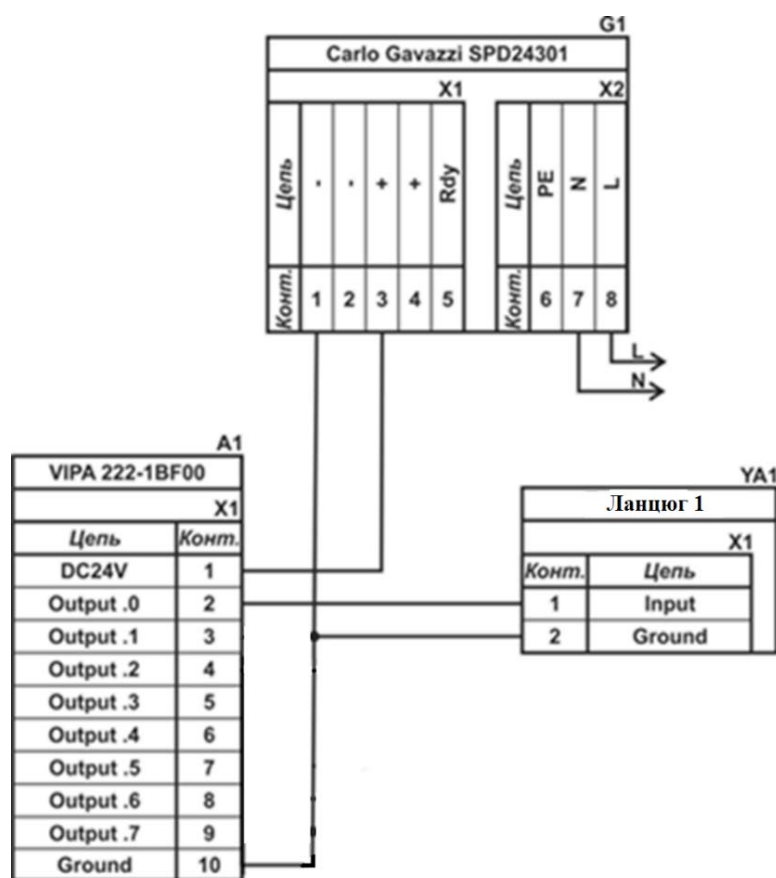


Рисунок 2.12 – Схема підключення дискретних пристроїв узгодження

До контролеру також має бути підключено частотний перетворювач швидкості обертання електроприводу дозатору ЛДА-100 для здійснення регулювання продуктивності подачі вугілля у відсаджувальної машину, який має вхідний струмовий канал керування 4...20 мА, тому потрібен модуль аналогового виводу з діапазоном аналогового вихідного сигналу 4...20 мА. Для підключення цього пристрою обрано модуль VIPA 232-1BD40 у якому є чотири аналогових виходи 4...20 мА (рис. 2.13).

Технічні характеристики модуля наведені в таблиці 2.11.



Рисунок 2.13 – Модуль аналогового виводу VIPA 232-1BD40

Таблиця 2.11 – Технічні характеристики модуля аналогового виводу VIPA 232-1BD40

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

Схема підключення пристрою керування до модуля аналогового виводу наведена на рисунку 2.14.

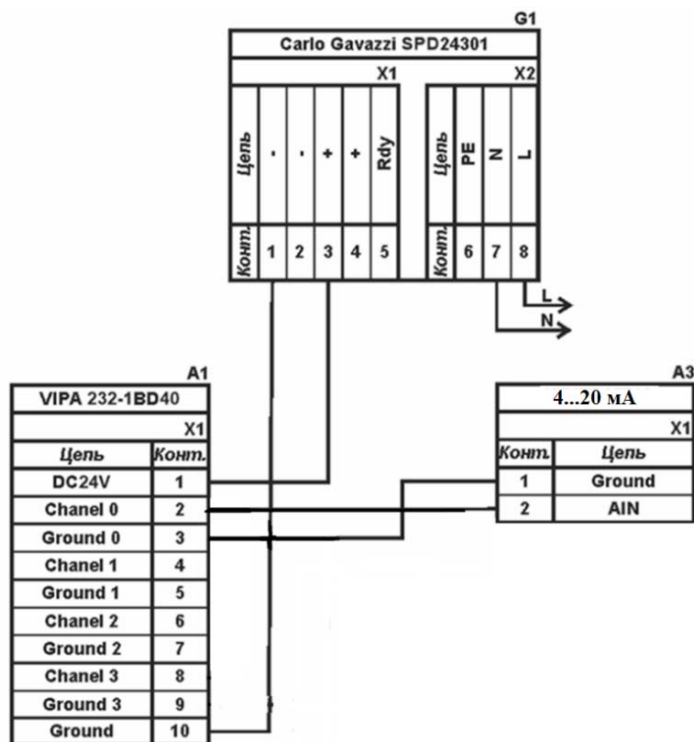


Рисунок 2.14 – Схема підключення до модуля аналогового виводу

Згідно з вимогами до системи керування, в якості котрого виступає програмований логічний контролер, та пультом оператора, в якості якого виступає персональний комп'ютер, необхідно організувати мережу за допомогою інтерфейсу RS-485. Обраний програмований логічний контролер VIPA 214-2BS33 має інтерфейс RS-485. Схема підключення персонального комп'ютеру до програмованого логічного контролеру наведена на рисунку 2.15.

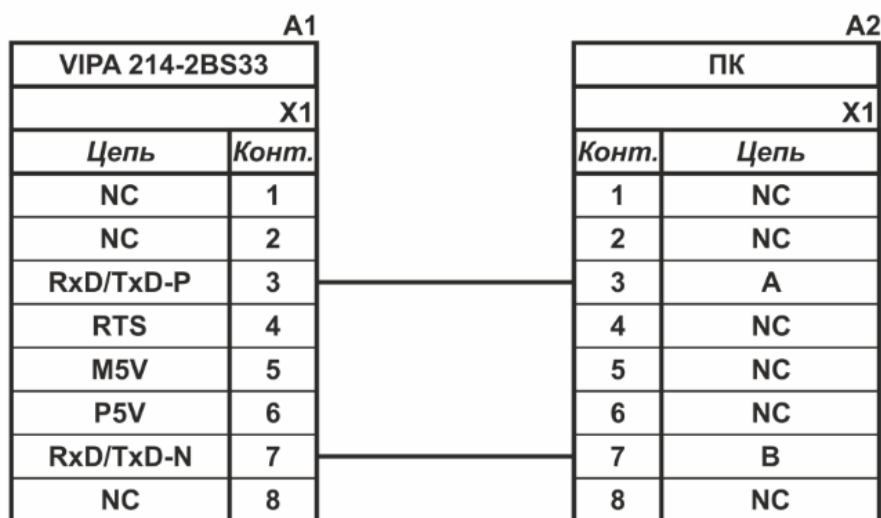


Рисунок 2.15 – Схема підключення по інтерфейсу RS-485

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

Таблиця 2.12 – Пристрій керування та його модулі

№	Назва модуля	Пристрій	Напруга живлення	Потужність споживання
1	VIPA 214-2BS33	Центральний процесорний модуль	24 В	5,0 Вт
		Зв'язок - АСК ТП		
2	VIPA 231-1BD40	Модуль аналогового вводу	24 В	0,6 Вт
		Витрати вугілля (вхід)	24 В	1,0 Вт
		Витрати по дрібному вугіллю (вихід)	24 В	1,0 Вт
		Витрати по крупному вугіллю (вихід)	24 В	1,0 Вт
		Витрати води (вхід)	24 В	1,0 Вт
4	VIPA 222-1BF00	Модуль дискретного виводу	24 В	2,00 Вт
		Електропривод засувки (відкривання);	24 В	1,0 Вт
		Електропривод засувки (закривання);	24 В	1,0 Вт
4	VIPA 232-1BD40	Модуль аналогового виводу	24 В	1,0 Вт
		Продуктивність подачі вугілля	24 В	1,0 Вт

2.3.4 Вибір джерел живлення

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

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

Виходячи з потужності споживання контролеру та його модулів у якості джерела живлення обрано блок живлення SPD24301 з вихідною напругою +24 В та потужністю 30 Вт (рис. 2.16). Технічні характеристики блока живлення наведені в таблиця 2.13.



Рисунок 2.16 – Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики блока живлення Carlo Gavazzi SPD24301

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

Схему підключення програмованого логічного контролера до блока живлення наведена на рисунку 2.17.

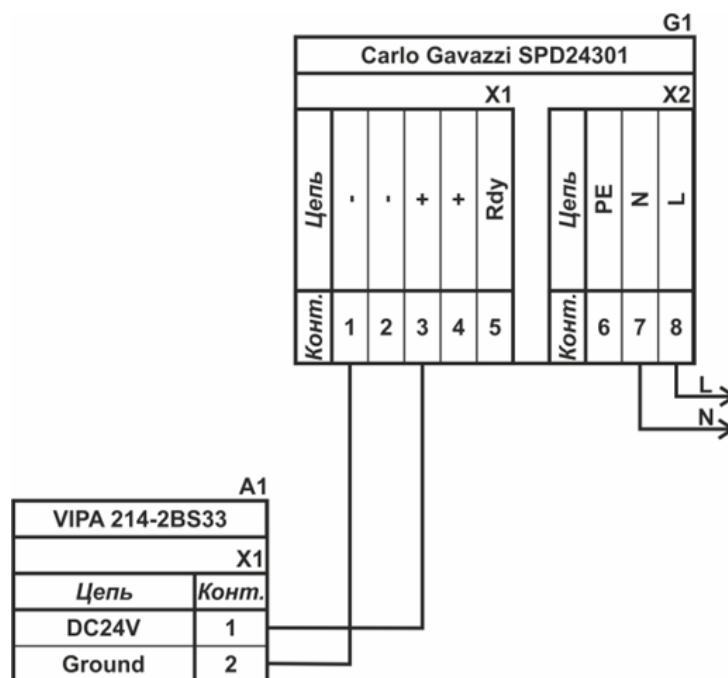


Рисунок 2.17 – Схема підключення програмованого логічного до блока живлення

Виконавши аналіз обраного обладнання можливо зробити вивід, що зовнішній блок живлення потрібен для живлення датчиків та ланцюгів живлення керуючих пристроїв. Таким чином потужність споживання за напругу живлення +24 В становитиме:

$$P = 3 * 7,0 + 5 + 2 * 1,0 = 28,0 \text{ Вт.} \quad (2.2)$$

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

2.4 Розробка функціональної схеми автоматизації

Виходячи з вимог до системи керування технологічним обладнанням процесу збагачення вугілля для обраної відсаджувального комплексу розроблена функціональна схема автоматизації яка і наведена на рисунку 2.18.

У якості пристрою керування використовується програмований логічний контролер (UY 7) - VIPA 214-2BS33. Програмований логічний контролер підключено до технологічного обладнання АСУ ТП, за що відповідає система

автоматизації більш високого рівня (UY 8), зв'язок між ними реалізовано за допомогою інтерфейсу RS-485.

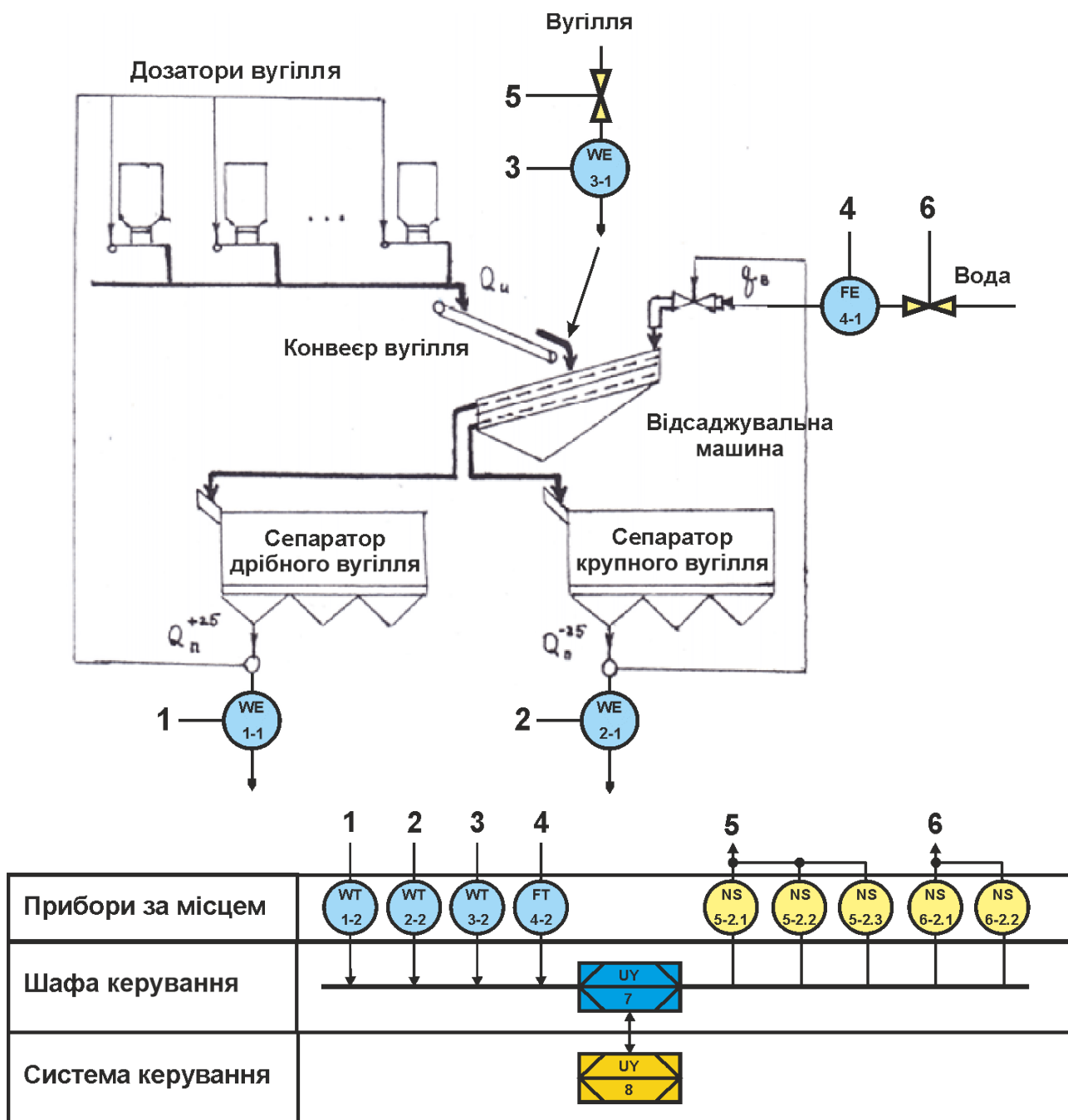


Рисунок 2.18 – Функціональна схема автоматизації відсаджувального комплексу

Для вимірювання маси дрібного вугілля на виході відсаджувального комплексу використовуються конвеєрні ваги (WE 1.1 - ВК-230м) та перетворювач 4...20 мА (WT 1.2 - ВК-230м).

Для вимірювання маси крупного вугілля на виході відсаджувального комплексу використовуються конвеєрні ваги (WE 2.1 - ВК-230м) та перетворювач 4...20 мА (WT 2.2 - ВК-230м).

Для вимірювання маси вугілля на вході відсаджувального комплексу використовуються конвеєрні ваги (WE 3.1 - ВК-230м) та перетворювач 4...20 мА (WT 3.2 - ВК-230м).

Для вимірювання витрат води на вході відсаджувального комплексу використовуються витратомір (FE 4.1 - Promag 55S) та перетворювач 4...20 мА (FT 4.2 - Promag 55S).

На підставі отриманого значення з датчиків програмований логічний контролер (UY 7 - VIPA 214-2BS33) формує керуючий впливи по підтримці заданого режиму роботи відсаджувального комплексу.

Для керування швидкістю обертання конвеєру подачі вугілля у відсаджувальну машину використовуються частотний трійний перетворювач (NS-5.1 -3 x Hyundai N5000-600-C) з перетворювачами 4...20 мА (NS-5.2-1, NS-5.2-2, NS-5.2-3 - Hitachi SJ700D-1320HF3).

Для керування продуктивністю подачі води у відсаджувальну машину використовуються електрична засувка (NS-6.1 - 30с964нж Ду400 Ру25) з двома перетворювачами 4...20 мА для реверсивного керування у дискретному режимі - 4 мА або 20 мА (NS-6.2-1, NS-6.2-1 - Jotta SSR 25DA).

2.5 Розробка схеми електричної принципової

На основі функціональної схеми автоматизації та обраного апаратного забезпечення розроблена схема електрична принципова системи керування технологічним обладнанням – відсаджувальним комплексом (рис. 2.19).

В системі керування використовуються два блока живлення. Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301 (G1) підключено до програмованого логічного контролеру VIPA 214-2BS33 (A1). Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301 (G2) підключено до модулю аналогового вводу VIPA 231-1BD40 (A1 – X3), виводу VIPA 232-1BD40 (A1 – X4), до датчиків (ВК1...ВК4).

Всі датчики підключені до модулю аналогового вводу VIPA 231-1BD40 (A1 – X3) до каналів 0...3 за допомогою стандартного сигналу 4...20 мА.

Для керування частотними перетворювачами трьома електроприводами швидкості подачі вугілля у відсаджувальну машину YA1...YA3 використовується модуль аналогового виводу VIPA 232-1BD40 (A1 – X5), керування YA1...YA3 здійснюється по каналам 0...2 за допомогою стандартного сигналу 4...20 мА.

Для керування засувкою продуктивністю подачі води у відсаджувальну машину YA4, YA5 використовується модуль дискретного виводу VIPA 232-1BF00 (A1 – X4), керування YA4, YA5 здійснюється по каналах 0, 1 за допомогою стандартного сигналу – реверсивне дискретне керування відкриттям/ закриттям засувки.

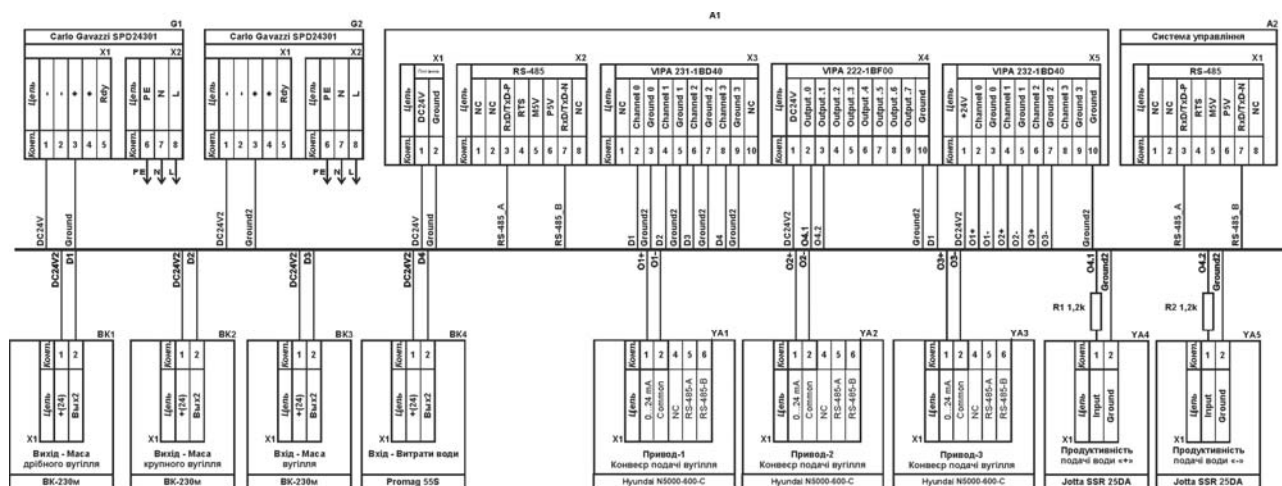


Рисунок 2.19 – Схема електрична принципова системи керування

Зв'язок між програмованим логічним контролером VIPA 214-2BS33 (A1) та АСК ТП верхнього рівня (A2) реалізовано за допомогою інтерфейсу RS-485 (A1 – X2). Налаштування початкових параметрів керування частотним перетворювачем для заданого діапазону швидкості обертання барабану печі YA1 також використовується інтерфейсу RS-485 (A1 – X2).

2.6 Висновки за розділом

Для системи керування технологічним обладнанням процесу збагачення вугілля – відсаджувальним комплексом вибрані апаратно-програмні засоби для її реалізації. Також розроблена функціональна схема автоматизації, розроблена

схема принципова системи керування, складено перелік елементів до схеми електричної принципової.

3 ВИЗНАЧЕННЯ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

3.1 Методика дослідження динамічних характеристик об'єкта автоматичного керування

У загальному випадку динамічні властивості об'єктів вуглезбагачувальної технології описуються досить складними диференціальними рівняннями у частинних похідних зі змінними коефіцієнтами. Однак, якщо точки прикладання вхідних впливів, зокрема керувань, і точки вимірювання вихідних змінних визначені, то відсаджувальну машину можна представити об'єктом із зосередженими параметрами.

Процес збагачення характеризується рухом вихідного матеріалу вздовж машини і масообміном, в результаті якого відбувається його поділ на відповідні компоненти. Для переважної більшості об'єктів автоматизації ВЗФ перехідні функції мають монотонний характер. У першому наближенні їх можна представити як рішення диференціального рівняння першого порядку з чистим запізненням:

$$T \frac{dx(t)}{dt} + x(t) = ku(t - \tau), \quad (3.1)$$

де T – постійна часу об'єкта, τ - чисте транспортне запізнення, k - коефіцієнт посилення.

Об'єкти вуглезбагачувальної технології, як правило, працюють в умовах безперервної дії зовнішніх обурень $u(t)$ та перешкод $z(t)$. У цих умовах при налаштуванні САР необхідно виділити з певною достовірністю час чистого запізнення τ та постійного часу T , що входять до виразу (3.1). Тут поставлено завдання визначення цих параметрів, а також їх довірчих інтервалів із застосуванням методів математичної статистики під час обробки кривих розгону. В результаті такої обробки має бути отримане диференціальне рівняння наступного виду:

$$(T \pm \Delta T) \frac{dx(t)}{dt} + x(t) = ku(t - \tau), \quad (3.2)$$

Крім того, статичні характеристики процесу відсадження мають деяку нелінійність. Таким чином, строго кажучи, такі об'єкти можуть розглядатися як послідовні з'єднання без інерційних нелінійних та інерційних ланок із чистим запізненням. Найпростіше диференціальне рівняння такого роду об'єктів можна представити у такому вигляді:

$$(T \pm \Delta T) \frac{dx(t)}{dt} + x(t) = f[u(t - \tau)], \quad (3.3)$$

де $f[u(t - \tau)]$ – нелінійна функція.

Вуглезбагачувальний об'єкт, що розглядається, працює в умовах постійно діючих на нього низькочастотних обурень (зміна якості рядового вугілля, зміни параметрів системи, знос вуглезбагачувальних апаратів та ін.), що призводить до відповідних коливань вихідної змінної.

Розглянемо вуглезбагачувальний об'єкт на вхід якого подаються періодичні обурення $u(t)$ (рис.3.1), на форму яких накладаються такі обмеження:

- функція на ділянках від u_0 до u_1 безперервна, однозначна і має зворотну диференційовану функцію $t = \varphi(u)$;
- області значень $u = u_0$ і $u = u_1$ відсутній злам кривої $u(t)$.

З рисунку 3.1 видно, що на часовому інтервалі T_1 :

$$u(t - \tau) = u(t) - \Delta u_\tau \quad (3.4)$$

При $\tau = const$ величина Δu_τ визначається фіксованим значенням t і, отже, $u(t)$:

$$\Delta u_\tau = f_1[u(t)] \quad (3.5)$$

Права частина рівняння (3.5) може бути представлена як:

$$f[u(t - \tau)] = f\{u(t) - f_1[u(t)]\} = f_2[u(t)] \quad (3.6)$$

Рівняння вуглезбагачувального об'єкту:

$$T \frac{dx(t)}{dt} + x(t) = f_2[u(t)], \quad (3.7)$$

Диференціюємо вираз $t = \varphi(u)$, знаходимо:

$$dt = \frac{d\varphi}{du} du \quad (3.8)$$

Підставивши значення dt в (3.7), зробивши тотожні перетворення, отримаємо:

$$\frac{dx}{du} + \frac{1}{T} \frac{d\varphi}{du} x = f_2(u) \frac{1}{T} \frac{d\varphi}{du} \quad (3.9)$$

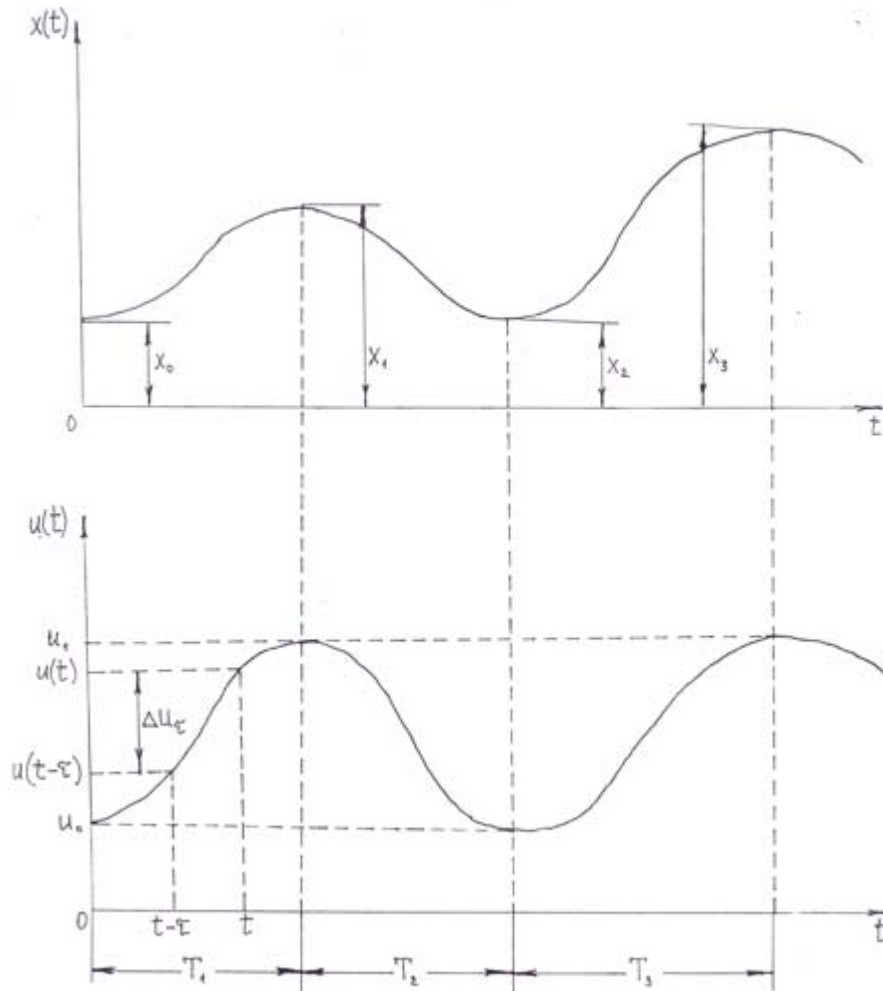


Рисунок 3.1 – Зміни вхідної і вихідної величин об'єкта керування

Рівняння (3.9) має рішення:

$$X = \exp\left(-\frac{1}{T} \int_{u_i}^{u_k} \frac{d\varphi}{du} du\right) \left(C + \frac{1}{T} \int_{u_i}^{u_k} f_2(u) \frac{d\varphi}{du} du\right) \cdot \exp\left(\frac{1}{T} \int_{u_i}^{u_k} \frac{d\varphi}{du} du\right) \quad (3.10)$$

де u_i, u_k - межі інтегрування, що визначаються граничними значеннями вхідної змінної, C - постійна інтегрування.

$$x_1 = \exp\left(-\frac{1}{T} \int_{u_0}^{u_1} \frac{d\varphi}{du} du\right) \left(x_0 + \frac{1}{T} \int_{u_0}^{u_1} f_2(u) \frac{d\varphi}{du} du\right) \cdot \exp\left(\frac{1}{T} \int_{u_0}^{u_1} \frac{d\varphi}{du} du\right) \quad (3.11)$$

$$x_3 = \exp\left(-\frac{1}{T} \int_{u_0}^{u_1} \frac{d\varphi}{du} du\right) \left(x_2 + \frac{1}{T} \int_{u_0}^{u_1} f_2(u) \frac{d\varphi}{du} du\right) \cdot \exp\left(\frac{1}{T} \int_{u_0}^{u_1} \frac{d\varphi}{du} du\right) \quad (3.12)$$

де x_1, x_2 - значення вихідної змінної в кінці зростання u від u_0 до u_1 в першому і другому періодах обурення, x_0, x_2 - значення вихідний змінної напочатку та наприкінці першого періоду обурення.

Віднімаючи з (3.11) вираз (3.12) і вирішивши отриману різницю щодо постійної часу T , остаточно отримаємо:

$$T = \frac{T_1}{\ln \frac{x_0 - x_2}{x_1 - x_3}} \quad (3.13)$$

де T_1 - час зростання величини u , $T_1 = \varphi(u_1) - \varphi(u_0)$.

Потрібно оцінити динаміку об'єкта відповідно до диференціального рівняння (3.2).

Відомо, що для експоненційного перехідного процесу справедлива така рівність:

$$x_{i+1} = bx_i, \quad i = \overline{1, n} \quad (3.14)$$

де $b = e^{-\frac{\Delta t}{T}}$, n - кількість інтервалів часу Δt , на які розбивається перехідний процес; x_i, x_{i+1} - дві сусідні ординати перехідного процесу.

Логарифмуючи коефіцієнт в (3.14), отримаємо:

$$\ln b = -\frac{\Delta t}{T} \quad (3.15)$$

звідки

$$T = -\frac{\Delta t}{\ln b} \quad (3.16)$$

Для експериментальних кривих розгону значення коефіцієнта b можна визначити з рівняння регресії:

$$x_{i+1} - \bar{x}_{i+1} = b(x_i - \bar{x}_i), \quad i = \overline{1, n} \quad (3.17)$$

$$\text{де } \bar{x}_{i+1} = \frac{\sum_{i=1}^n x_{i+1}}{n}, \quad \bar{x}_i = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n},$$

Вираз (3.17) перетворюється на вид:

$$x_{i+1}^* = a + bx_i, \quad (3.18)$$

де x_{i+1}^* - значення x_{i+1} , що обчислюються по формулі (3.18).

Коефіцієнти b і a можна обчислити за формулами:

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta x_{i+1} \Delta x_i}{\sum_{i=1}^n \Delta x_i^2}, \quad a = \bar{x}_{i+1} - b\bar{x}_i \quad (3.19)$$

$$\text{де } \Delta x_{i+1} = x_{i+1} - \bar{x}_{i+1}; \quad \Delta x_i = x_i - \bar{x}_i.$$

Помилка обчислення коефіцієнта регресії визначається за такою формулою:

$$\sigma_b = \sigma_{\text{зал}} \sqrt{\frac{1}{\sum_{i=1}^n \Delta x_i^2}} \quad (3.20)$$

де $\sigma_{\text{зал}}$ - залишкова дисперсія, що характеризує розсіювання експериментальних даних за рахунок впливу різних випадкових факторів:

$$\sigma_{\text{зал}} = \left(\frac{1}{n-2} \left(\sum_{i=1}^n \Delta x_{i+1}^2 - b \sum_{i=1}^n \Delta x_i \Delta x_{i+1} \right) \right)^{-1/2} \quad (3.21)$$

Довірчі інтервали коефіцієнта регресії обчислюються за формулою:

$$\Delta b = \pm t \sigma_{\text{зал}} \quad (3.22)$$

де t - коефіцієнт, що визначається за таблицею Стюдента при числі ступенів свободи $\nu = n' - 2$ і заданій довірчій ймовірності P , n' - кількість дослідів без урахування транспортного запізнення.

Підставляючи знайдене значення коефіцієнта b у вираз з урахуванням довірчих інтервалів, отримаємо:

$$T_{\min} < T < T_{\max} = \frac{-\Delta t}{2,3 \lg(b \pm \Delta b)} \quad (3.23)$$

Застосування запропонованої методики ефективно для обробки експериментальних кривих розгону об'єктів автоматизації ВЗФ, у яких за умов експлуатації можливе завдання штучних обурень. Обробка результатів експериментів у цьому випадку значно простіше, ніж визначення динамічних характеристик по автокореляційних та взаємкореляційних функцій входів та виходів об'єктів.

3.2 Визначення структури і параметрів об'єкта керування

Оцінимо динамічні властивості об'єкта керування відповідно до методики, викладеної в 3.1.

На рисунку 3.2...3.5 суцільною лінією показані усереднені криві розгону, отримані по 5 різних точках статичної характеристики каналів керування відсаджувальною машиною. По каналах $q_B - Q_n$ “витрата води на гідрогрохочення – продуктивність відсаджувальної машини вугілля по породі” виміри проводилися з інтервалом $\Delta t = 18$ с, а по каналам $Q_{вх} - Q_n$ “навантаження по вихідному вугіллю - продуктивність відсаджувальної машини вугілля” $\Delta t = 40$ с.

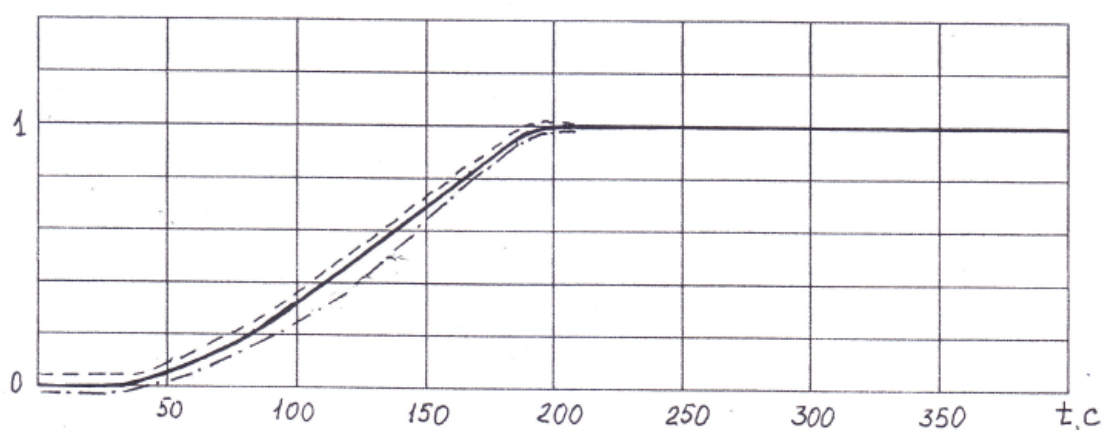


Рисунок 3.2 – Крива розгону по каналу “витрата води на гідрогрохочення – продуктивність відсаджувальної машини великого вугілля по породі”

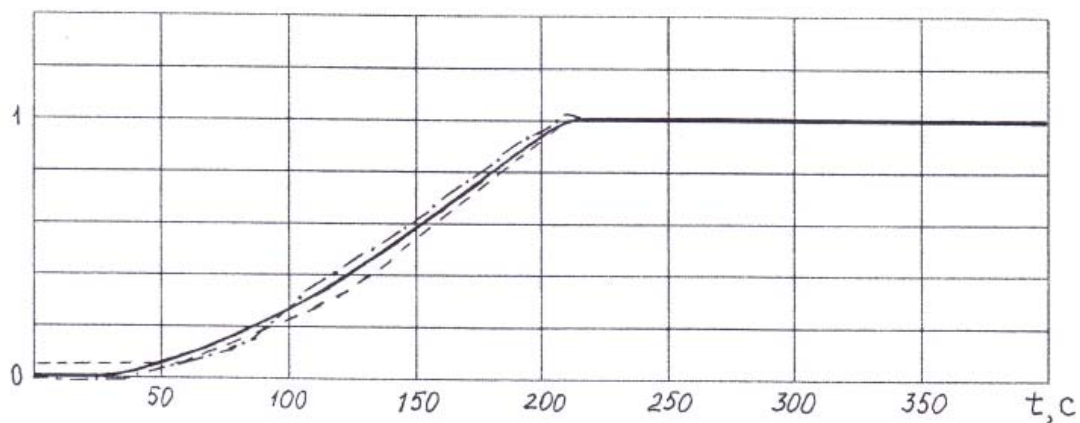


Рисунок 3.3 – Крива розгону по каналу “витрата води на гідрогрохочення – продуктивність відсаджувальної машини дрібного вугілля по породі”

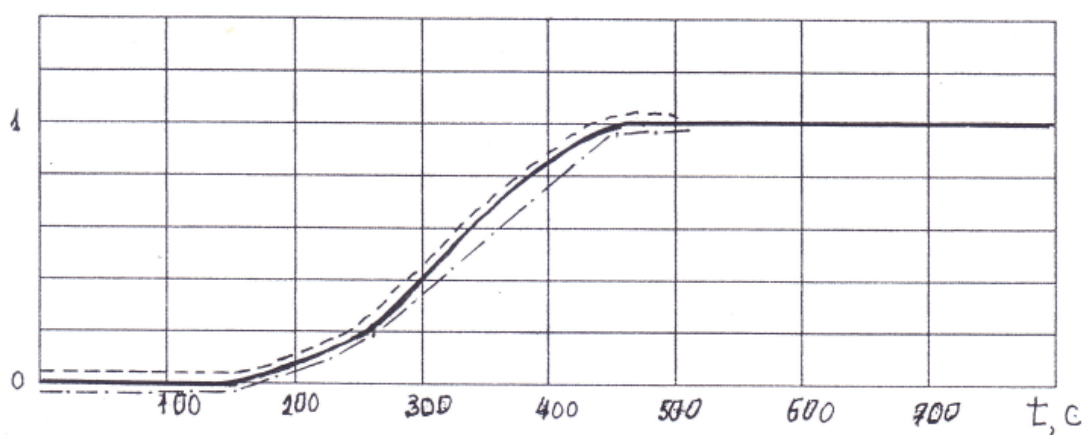


Рисунок 3.4 - Крива розгону каналом завдання “навантаження по вихідному вугіллю - продуктивність відсаджувальної машини дрібного вугілля”

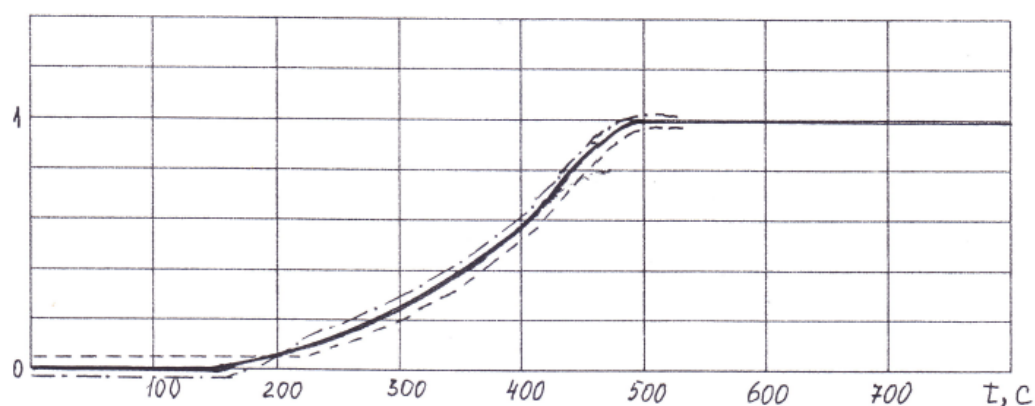


Рисунок 3.5 - Крива розгону по каналу завдання “навантаження по вихідному вугіллю - продуктивність відсаджувальної машини великого вугілля”

У таблицях 3.1...3.2 наведено середні значення вихідної величини об'єкти керування для кривих розгону по кожному каналу:

1. $Q_{\text{ВХ}} - Q_n^{+25}$;
2. $q_B - Q_n^{1-25}$;
3. $Q_{\text{ВХ}} - Q_n^{1-25}$;
4. $q_B - Q_n^{+25}$.

З рисунків 3.2...3.3 видно, що час транспортного запізнення τ у диференціальному рівнянні (3.2) можна прийняти рівним $\tau = 35$ с, а з рисунків 3.4...3.5 $\tau = 160$ с. Це означає, що початок перехідних функцій переноситься до точки x_3 (табл. 3.1) та в точку x_5 (3.2).

Оскільки розв'язання диференціального рівняння (3.1) призводить до експоненційної кривої, то, використовуючи (3.14...3.18), отримаємо рівняння:

$$\begin{aligned} x_{i+1} &= 0,0687 + 0,8927x_i, \\ x_{i+1} &= 0,0923 + 0,898x_i, \\ x_{i+1} &= 0,0841 + 0,89x_i, \\ x_{i+1} &= 0,0797 + 0,893x_i. \end{aligned} \quad (3.24)$$

Середні значення продуктивності по породі відсаджувальної машини за каналом - $q_B - Q_n$, наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Продуктивність відсаджувальної машин, канал - $q_B - Q_n$

N виміру, i	Час вимірів, t_i , с	Відсаджувальна машина крупного вугілля		Відсаджувальна машина мілкового вугілля	
		$X_i Q_n^{+25}, \frac{\text{Т}}{\text{ГОД}}$	$\sigma_{X_i Q_n^{+25}}, \%$	$X_i Q_n^{1-25}, \frac{\text{Т}}{\text{ГОД}}$	$\sigma_{X_i Q_n^{1-25}}, \%$
1	0	9,3	$1,5 \cdot 10^{-3}$	19,0	$2,5 \cdot 10^{-3}$
2	18	9,2	$6,4 \cdot 10^{-3}$	18,9	$9,8 \cdot 10^{-3}$
3	36	9,5	$7,4 \cdot 10^{-3}$	19,2	$7,5 \cdot 10^{-2}$
4	54	20,9	$3,7 \cdot 10^{-2}$	25,4	$1,0 \cdot 10^{-2}$
5	72	26,3	$2,3 \cdot 10^{-2}$	28,7	$4,9 \cdot 10^{-2}$
6	90	30,8	$5,9 \cdot 10^{-2}$	32,0	$2,5 \cdot 10^{-2}$
7	108	34,9	$7,4 \cdot 10^{-2}$	33,5	$6,1 \cdot 10^{-2}$
8	126	38,2	$4,9 \cdot 10^{-2}$	34,4	$2,7 \cdot 10^{-1}$
9	144	39,0	$6,1 \cdot 10^{-2}$	34,8	$3,3 \cdot 10^{-2}$
10	162	39,0	$3,4 \cdot 10^{-2}$	35,1	$3,6 \cdot 10^{-2}$
11	180	40,5	$4,3 \cdot 10^{-2}$	36,0	$2,9 \cdot 10^{-3}$
12	198	41,4	$7,2 \cdot 10^{-2}$	36,2	$9,9 \cdot 10^{-3}$
13	216	41,9	$7,1 \cdot 10^{-2}$	36,2	$1,4 \cdot 10^{-4}$
14	234	42,1	$2,0 \cdot 10^{-2}$	36,2	$3,4 \cdot 10^{-5}$
15	252	42,6	$1,8 \cdot 10^{-3}$	36,2	$2,7 \cdot 10^{-6}$
16	270	42,6	$1,1 \cdot 10^{-5}$	36,2	$1,3 \cdot 10^{-11}$

Помилки коефіцієнта регресії b дорівнюють відповідно 0,0403; 0,0308; 0,0302; 0,0521, які довірчі інтервали $\pm 0,0557$; $\pm 0,0430$; $\pm 0,0412$; $\pm 0,0618$.

За формулою (3.23) розраховуються довірчі інтервали постійного часу T для кривих розгону:

$$\begin{aligned}
 1. \quad & T_{min} = 81 \text{ c} < T_1 = 93 \text{ c} < T_{max} = 113 \text{ c}, \\
 2. \quad & T_{min} = 30 \text{ c} < T_2 = 42 \text{ c} < T_{max} = 59 \text{ c}, \\
 3. \quad & T_{min} = 84 \text{ c} < T_3 = 95 \text{ c} < T_{max} = 107 \text{ c}, \\
 4. \quad & T_{min} = 34 \text{ c} < T_4 = 40 \text{ c} < T_{max} = 50 \text{ c},
 \end{aligned}
 \tag{3.25}$$

Середні значення продуктивності по породі відсаджувальних машин каналом - $Q_{вх} - Q_n$

Таблиця 3.2 - Продуктивність відсаджувальної машин, канал - $Q_{вх} - Q_n$

N виміру, i	Час вимірів, t_i , с	Відсаджувальна машина крупного вугілля		Відсаджувальна машина мілкового вугілля	
		$X_{i Q_n^{1-25}}, \frac{\text{Т}}{\text{ГОД}}$	$\sigma_{X_i Q_n^{1-25}}, \%$	$X_{i Q_n^{+25}}, \frac{\text{Т}}{\text{ГОД}}$	$\sigma_{X_i Q_n^{+25}}, \%$
1	0	16,9	$4,1 \cdot 10^{-3}$	10,9	$3,7 \cdot 10^{-4}$
2	40	16,8	$1,9 \cdot 10^{-3}$	11,0	$7,6 \cdot 10^{-3}$
3	80	16,7	$2,9 \cdot 10^{-2}$	10,7	$4,5 \cdot 10^{-3}$
4	120	16,9	$3,2 \cdot 10^{-2}$	10,8	$2,4 \cdot 10^{-2}$
5	160	17,0	$4,5 \cdot 10^{-2}$	10,9	$2,0 \cdot 10^{-2}$
6	200	21,1	$7,5 \cdot 10^{-2}$	16,0	$2,8 \cdot 10^{-2}$
7	240	25,4	$2,0 \cdot 10^{-2}$	22,0	$4,4 \cdot 10^{-2}$
8	280	30,2	$1,8 \cdot 10^{-1}$	26,1	$6,5 \cdot 10^{-2}$
9	320	32,6	$7,1 \cdot 10^{-2}$	30,3	$1,0 \cdot 10^{-2}$
10	360	34,9	$2,4 \cdot 10^{-2}$	32,8	$6,3 \cdot 10^{-2}$
11	400	37,8	$3,0 \cdot 10^{-2}$	38,0	$5,1 \cdot 10^{-2}$
12	440	38,6	$4,5 \cdot 10^{-2}$	40,6	$1,5 \cdot 10^{-2}$
13	480	38,6	$2,0 \cdot 10^{-2}$	40,8	$4,5 \cdot 10^{-2}$
14	520	38,6	$3,0 \cdot 10^{-3}$	40,8	$3,0 \cdot 10^{-3}$
15	560	38,6	$1,0 \cdot 10^{-3}$	40,8	$2,8 \cdot 10^{-6}$
16	600	38,6	$7,0 \cdot 10^{-3}$	40,8	$2,0 \cdot 10^{-6}$

Коефіцієнт підсилення об'єкта обчислюється за експериментальними даними:

$$k = \frac{\Delta x}{\Delta u} \tag{3.26}$$

і відповідно дорівнює:

$$\begin{aligned}
 1. \quad & k_1 = 0,11, \\
 2. \quad & k_2 = 0,0035 \text{ м}^3/\text{с}, \\
 3. \quad & k_3 = 0,22, \\
 4. \quad & k_4 = -0,002 \text{ м}^3/\text{с},
 \end{aligned}
 \tag{3.27}$$

Запишемо диференціальні рівняння 1-го порядку з кожного каналу керування:

$$\begin{aligned}
 93 \frac{dx_1(t)}{dt} + x_1(t) &= 0,11u_1(t - 160), \\
 42 \frac{dx_2(t)}{dt} + x_2(t) &= 0,0035u_2(t - 35), \\
 95 \frac{dx_3(t)}{dt} + x_3(t) &= 0,22u_1(t - 160), \\
 40 \frac{dx_4(t)}{dt} + x_4(t) &= -0,002u_2(t - 35),
 \end{aligned} \tag{3.28}$$

Внаслідок того, що довірчі інтервали постійної часу T для кривих розгону в рівняннях (3.28) малі, об'єкт керування з великим ступенем ймовірності досить точно можна описати лінійними диференціальними рівняннями (3.1).

Загальний час запізнення в системі не перевищує 5 хв, що допустимо, оскільки час спаду кореляційної функції дорівнює 33 хв.

При керуванні навантаженням по породі відсаджувальних машин дрібного та крупного вугілля дозаторами бункерів постійна часу становить відповідно 95 с і 93 с, а з подачею води – 42 с та 40 с. Так як навантаження по породі відсаджувальної машини дрібного вугілля піддає весь процес збагачення сильнішому впливу, то її необхідно регулювати менш інерційним каналом: витрата води на гідрогрохочення - навантаження на відсаджувальну машину дрібного вугілля по породі.

3.3 Висновки за розділом

З позицій задач керування процес відсаджування вугілля слід розглядати як багато зв'язний. Розглянуті канали керування можуть бути представлені аперіодичною ланкою першого порядку з запізненням. Оскільки статична характеристика даного процесу є нелінійною - є змінними постійні часу динамічних ланок.

За відомою методикою розраховані коефіцієнти підсилення і динамічні коефіцієнти. А також розраховані довірчі інтервали динамічних коефіцієнтів за такими каналами регулювання:

- витрата води на гідрограхочення – продуктивність відсаджувальної машини крупного вугілля по породі;
- витрата води на гідрограхочення – продуктивність відсаджувальної машини мілкового вугілля по породі;
- витрата вхідної руди – продуктивність відсаджувальної машини крупного вугілля по породі;
- витрата вхідної руди – продуктивність відсаджувальної машини мілкового вугілля по породі.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування впровадження системи керування

У кваліфікаційній роботі бакалавра розглядається економічна доцільність розробки системи автоматизації процесу відсадження вугілля.

Розвиток технічних, апаратних і програмних засобів, дає можливість підприємствам зменшувати витрати, підвищувати якість продукції, збільшувати швидкість виробництва, автоматизувати процеси та приймати безліч інших рішень.

Автоматизована система керування, що розроблена в кваліфікаційній роботі бакалавра, має такі переваги:

- висока точність підтримки заданих технологічних параметрів;
- висока інформативність, яка дає гарні передумови для створення повністю автоматизованої системи керування підприємством;
- висока надійність обладнання сучасної технічної бази системи керування.

4.2 Розрахунок капітальних витрат пов'язаних з впровадженням системи керування

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

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

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

Вартість основного та допоміжного обладнання наведена в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Зведення капітальних витрат C_{OB} [13...17]

№	Найменування	Одиниці виміру	Кількість	Вартість (грн.)	Сума (грн.)
1	ПЛЛ VIPA 214DPM (214-1BM02)	од.	1	13 774,40	13 774,40
2	Модуль аналогового вводу VIPA 231-1BD40	од.	1	4 740,30	4 740,30
3	Модуль аналогового виводу VIPA 232-1BD40	од.	1	4 242,30	4 242,30
4	Модуль дискретного виводу VIPA 222-1BF00	од.	1	2 335,80	2 335,80
5	Ваги ВК-230м	од.	3	28 070,00	84 210,00
6	Електромагнітний витратомір Promag 55S	од.	1	14 820,00	14 820,00
7	Частотний перетворювач Hyundai N5000-600-C	од.	3	167 184,00	501 552,00
7	Електрозасувка 30с964нж Ду400 Ру25	од.	1	13 739,60	13 739,60
7	Реле Jotta SSR 25DA (3х~380В, 0...24 В)	од.	2	239,60	479,20
8	Мережний кабель	м	235	28,00	6 580,00
9	Система керування, виконана на базі ПК	од.	1	37 213,00	37 213,00
10	Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301	од	2	1 450,00	2 900,00
	Разом				686 586,60

Вартість основного та допоміжного обладнання $C_{OB} = 686\,586,60$ грн.

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

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

Витрати на транспортно-заготівельні і складські роботи складають:

$$D_{TP} = 686\,586,60 \cdot 0,08 = 54\,926,93 \text{ (грн.)}.$$

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

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

Витрати на монтажна-налагоджувальні роботи складають:

$$M_{MH} = 686\,586,60 \cdot 0,07 = 48\,061,07 \text{ (грн.)}.$$

4.3 Розрахунок капітальних витрат на програмне забезпечення

4.3.1 Розрахунок часу на розробку програмного забезпечення

Трудомісткість розробки програмного забезпечення розраховується як:

$$t = t_o + t_u + t_a + t_n + t_{OT} + t_g, \text{ (люд. - год.)} \quad (4.4)$$

де t – трудомісткість розробки програмного забезпечення (люд.-год.),
 t_o – витрати праці на підготовку і опис поставленого завдання (люд.-год.),
 t_u – витрати праці на дослідження алгоритму керування (люд.-год.), t_a – витрати праці на розробку схеми алгоритму (люд.-год.), t_n – витрати праці на програмування по готовій схемі алгоритму (люд.-год.), t_n – витрати праці на налаштування програмного забезпечення (люд.-год.), t_g – витрати праці на підготовку документації по завданню (люд.-год.).

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

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

де Q – умовна кількість операторів в програмному забезпеченні,
 q – кількість операторів у програмному забезпеченні, c – коефіцієнт складності програми (приймаємо $c = 1,35$), p – коефіцієнт корекції програми в процесі її обробки (приймаємо $p = 0,1$).

Виходячи з програмного забезпечення, як правило розробленого на мові Structured Text типове значення для подібних систем керування має діапазон 400 ... 800, приймаємо $q = 650$;

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

$$Q = 650 * 1,35 * (1 + 0,1) \approx 966$$

Витрат праці на підготовку і опис завдання в кваліфікаційній роботі складають $t_o = 64$ (люд. - год.).

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

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

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

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

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_u = 966 * 1,5 / (80 * 1,2) \approx 16 \text{ (люд. –год.)}.$$

Витрати на розробку алгоритму керування визначаються як:

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

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_a = 966 / (20 * 1,2) \approx 41 \text{ (люд. –год.)}.$$

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

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

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_n = 966 / (20 * 1,2) \approx 41 \text{ (люд. –год.)}.$$

Витрати праці на налаштування програми розраховуються як:

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

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_h = 966 / (4 * 1,2) \approx 202 \text{ (люд. –год.)}.$$

Витрати праці на підготовку документації по завданню визначаються як:

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

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

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

Трудомісткість підготовки матеріалів до написання визначається як:

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

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_{др} = 966 / (15 * 1,2) \approx 54 \text{ (люд. –год.)}.$$

Трудомісткість редагування, друку та оформлення документації визначається як:

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

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_{до} = 0,75 * 54 = 41 \text{ (люд. – год.)}$$

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

$$t_g = 54 + 41 = 95 \text{ (люд. – год.)}$$

Таким чином трудомісткість розробки програмного забезпечення становить:

$$t = 64 + 16 + 41 + 41 + 202 + 95 = 459 \text{ (люд. – год.)}$$

4.3.2 Розрахунок витрат на розробку програмного забезпечення

Витрати на розробку програмного забезпечення (ПЗ) визначається як:

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

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

Заробітна плата розробника програмного забезпечення визначається як:

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

де t – час розробки ПЗ, год, $C_{пр}$ – середня годинна тарифна ставка розробника програмного забезпечення, приймаємо $C_{пр} = 125,00$ (грн./год.).

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$Z_{зп} = 459 * 125,00 = 57\,375,00 \text{ (грн.)}$$

Вартість машинного часу, необхідного для налаштування програми визначається як:

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

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

Приймаємо $C_{мч} = 13,66$ (грн./год.), тоді вартість витрат на програмне забезпечення, що розробляється становить:

$$Z_{мі} = 41 * 13,66 = 560,06 \text{ (грн.)}$$

Витрати на розробку програмного забезпечення системи керування становлять:

$$K_{ПЗ} = 57\,375,00 + 560,06 = 57\,935,06 \text{ (грн.)}$$

Очікувана тривалість розробки програмного забезпечення:

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

де T – тривалість розробки програмного забезпечення (міс.);

B_k – кількість розробників (приймаємо $B_k = 1$);

F_p – місячний фонд робочого часу ($F_p = 176$ (год./міс.)).

$$T = 459 / (1 * 176) \approx 2,5 \text{ (міс.)}.$$

Таким чином проектні капітальні витрати:

$$K_{\text{ПКВ}} = 686\,586,60 + 54\,926,93 + 48\,061,07 + 57\,935,06 \approx \\ \approx 847\,509,66 \text{ (грн.)}.$$

4.4 Розрахунок експлуатаційних витрат

Річні експлуатаційні витрати розраховуються як:

$$C_e = C_a + C_3 + C_c + C_{\text{РО}} + C_{ee} + C_{\text{Інш}}, \text{ (грн.)} \quad (4.17)$$

де C_e – річні поточні витрати, пов'язані із застосуванням системи керування (грн.), C_a – амортизація основних фондів (грн.), C_3 – заробітна плата обслуговуючого персоналу (грн.), C_c – відрахування на соціальні заходи (грн.), $C_{\text{РО}}$ – витрати на технічне обслуговування та поточний ремонт обладнання (грн.), C_{ee} – вартість електроенергії (грн.), $C_{\text{Інш}}$ – інші витрати (грн.).

Визначимо експлуатаційні витрати при впровадженні системи керування.

4.4.1 Амортизація основних фондів

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

Обладнання, розробленої в кваліфікаційній роботі системи керування, належить до 4 групи (машини та обладнання). Передбачуваний термін експлуатації системи становить 5 років.

При використанні методу прискореного зменшення залишкової вартості норма амортизації визначається як:

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

де H_a – норма амортизації (%);

T – термін корисного використання об'єкта (років).

Амортизація основних фондів визначається як:

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

де C_a – річна амортизація основних фондів (грн.);

ПВ – первинна вартість (ПВ = $K_{ПКВ}$) (грн).

Отже, норма амортизації для проекрованої системи керування складає:

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

Сума амортизації для проекрованої і базової системи становить:

$$C_a = 847\,509,66 \cdot 40/100 = 339\,003,87 \text{ (грн.)},$$

4.4.2 Розрахунок фонду заробітної плати

Номінальний річний фонд робочого часу одного працівника:

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

де $T_{НР}$ – номінальний річний фонд робочого часу одного працівника (год.);

T_K – календарний фонд робочого часу ($T_K = 365$ (днів));

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

T_B – відпустка ($T_B = 21$ (день));

T_3 – тривалість зміни ($T_3 = 8$ (год.)).

Таким чином, річний фонд робочого часу працівника складе:

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

У процесі керування задіяний 1 оператор людино-машинного інтерфейсу та - кожна зміну та 1 інженер-технолог і 1 наладчик електроустаткування - одна зміна на добу. Графік роботи у три зміни, так як процес безперервний.

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

Таблиця 4.2 – Розрахунок заробітної плати персоналу

№ п/п	Найменування професії робітників	Число працюючих, чол.	Годинна тарифна ставка, грн./год.	Номінальний річний фонд робочого часу (год.)	Пряма заробітна плата, грн.	Додаткова заробітна плата (8%), грн.	Доплати (7%), грн.	Всього заробітна плата, грн.
1	Оператор НМІ	3	94,10	1 840	519 432,00	41 554,56	36 360,24	597 346,80
2	Інженер-технолог	3	120,15	1 840	663 228,00	53 058,24	46 425,96	762 712,20
3	Наладчик	1	105,50	1 840	194 120,00	15 529,60	13 588,40	223 238,00
Разом								1 583 297,00

Заробітна плата персоналу проектної системи керування

$$C_3 = 1\,583\,297,00 \text{ (грн.)}$$

4.4.3 Відрахування на соціальні заходи

Відрахування на соціальні заходи визначаються як:

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

Відповідно до цього відрахування становлять:

$$C_c = 0,22 * 1\,583\,297,00 = 348\,325,34 \text{ (грн.)}$$

4.4.4 Розрахунок витрат на технічне обслуговування та ремонт

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

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

Відповідно до цього витрати становлять:

$$C_{PO} = 0,05 * 847\,509,66 = 42\,375,49 \text{ (грн.)}$$

4.4.5 Витрати на електроенергію

Вартість електроенергії, споживаної системою керування, розробленої у проекті:

$$C_{ee} = K_e \cdot K_{рД} \cdot T_3 \cdot T_e, \text{ (грн.)} \quad (4.23)$$

де K_e – кількість електроенергії, спожите проектною системою керування (приймаємо $K_e = 0,95$ (кВт · год.)), T_3 – кількість часу роботи за сутки ($T_3 = 24$ (год.)), $K_{рД}$ – кількість робочих днів у році ($K_{рД} = 365$ (день)), T_e – тариф на електроенергію для підприємств (для користувачів електроенергії 2 класу тариф складає 0,93998 грн.-кВт з ПДВ).

Таким чином вартість електроенергії становить:

$$C_{ee} = 0,95 * 365 * 24 * 0,93998 = 7\,822,52 \text{ (грн.)},$$

4.4.6 Інші витрати

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

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

Таким чином інші витрати становлять:

$$C_{інш} = 0,04 * 1\,583\,297,00 = 63\,331,88 \text{ (грн.)}.$$

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

$$C = 339\,003,87 + 1\,583\,297,00 + 348\,325,34 + 42\,375,49 + 7\,822,52 + 63\,331,88 = 2\,384\,156,10 \text{ (грн.)}.$$

Таблиця 4.4 – Експлуатаційні витрати

№ п/п	Назва показника	Сума, грн.
1	Амортизація	339 003,87
2	Фонд заробітної плати	1 583 297,00
3	Відрахування на соціальні виплати	348 325,34
4	Ремонт та технічне обслуговування	42 375,49
5	Електроенергія	7 822,52
6	Інше	63 331,88
7	Загалом	2 384 156,10

4.5 Висновки за розділом

При впровадженні проектованої системи капітальні витрати складають 850 тис. грн., час розробки ПЗ становитиме 2,5 місяці.

Річні експлуатаційні витрати, пов'язані з впровадженням системи становитимуть приблизно 2,4 млн. грн.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

У кваліфікаційній роботі бакалавра розглядається розробка системи автоматизації процесу відсадження вугілля.

5.1 Загальні відомості

Сучасні вуглепереробні заводи - це високо механізовані підприємства, де практично всі виробничі процеси здійснюються машинами і механізмами. Складність конструкцій машин і наявність швидко обертаються або швидко рухаються деталей вимагають від працівників, які обслуговують машини, щоб добре знати їх конструкцію, правила експлуатації та дотримання правил безпеки [24].

Таблиця 5.1 - Системний аналіз процесів дроблення та шліфування

Шкідливі і небезпечні фактори	Характеристика шкідливих і небезпечних факторів	Характеристика наслідків шкідливих і небезпечних факторів	Причина професійного захворювання або нещасного випадку	Заходи щодо усунення цих факторів
1.Рухомі обертові механізми (дробарки, молотки, ротори, конвеєри, екрани)	швидкість обертання відцентрового ротора становить від 500-1000 об / хв	контакт обслуговуючого персоналу з рухомими частинами машин або хапанням одягу і рук, що може призвести до травмування або смерті працівника	Роботи проводилися без огорожі обертових або рухомих частин машин.	Обертові або рухомі частини машин огорожені на висоту не менше 2 м від підлоги. Огорожі повинні бути встановлені на межі небезпечних ділянок, куди можуть літати частини зламаної частини, інструменту або відходів переробленого матеріалу.

Шкідливі і небезпечні фактори	Характеристика шкідливих і небезпечних факторів	Характеристика наслідків шкідливих і небезпечних факторів	Причина професійного захворювання або нещасного випадку	Заходи щодо усунення цих факторів
2. Робота на висоті при обслуговуванні машин і апаратів, розташованих на висоті 1,5 м і більше	$H_{хв} = 0,5 \text{ м}$ $H_{\text{max}} = 2 \text{ м}$	Падіння обслуговуючого персоналу з висоти	Роботи проводилися на висоті понад 1,5 м без ременя безпеки при відсутності сервісних платформ	Машини і апарати, розташовані на висоті 1,5 м і більше, повинні мати спеціальні платформи і сходи, обгороджені перилами висотою 0,9 м, і суцільну борону внизу висотою не менше 14 см.
3. Падіння об'єктів	Дробильний матеріал $m = 5 \text{ кг}$ $d_{\text{avg}} = 10 \text{ см}$	Механічні пошкодження	Відсутність знаків безпеки; відсутність небезпечної зони огорожі	наявність огорож небезпечної зони; захисні сітки по висоті; засоби індивідуального захисту
4. Електричний струм	Всі електроустановки, згідно з Правилами безпеки експлуатації електроустановок промислових підприємств, діляться на спожиту напругу до 1000В і вище 1000В	Ураження електричним струмом для робочого персоналу	Електрична несправність, витік струму	Застосування безпечного струму напруги; захисне заземлення, занулення, захисне відключення і застосування запобіжників; регулярний контроль за станом електрообладнання та його своєчасним ремонтом; використання засобів індивідуального захисту від ураження електричним струмом

Шкідливі і небезпечні фактори	Характеристика шкідливих і небезпечних факторів	Характеристика наслідків шкідливих і небезпечних факторів	Причина професійного захворювання або нещасного випадку	Заходи щодо усунення цих факторів
5. Шум	механічні; аеродинамічні; постійний, широкосмуговий зв'язок	Впливає на центральну нервову систему, що може призвести до зниження працездатності обслуговуючого персоналу	Відсутність механічних корпусів; відсутність звукопоглинаючих пристроїв	Використання двигунів з меншою швидкістю, своєчасні профілактичні та ремонтні роботи з усунення віконниць і заміни зношених редукторів; використовувати антишум як засоби індивідуального захисту
6 Вібрація	Технологічній Транспортно-технологічній, загальній	Тривалий вплив вібрацій і струсів може викликати вібраційну хворобу – неврит з інвалідністю	Відсутність вібраційних ізоляторів	Монтаж обладнання на спеціальні фундаменти та вібраційні ізолятори; зміна жорсткості кріплення обладнання до фундаменту для зменшення амплітуди коливань.
7 Аномальне освітлення	Згідно з встановленими нормами, освітлення буде: газорозрядними (люмінесцентними) лампами 100-150 люкс; лампами розжарювання 30-50 люкс	Постійне переміщення погляду з добре освітленого місця в напівтемне може призвести до професійного захворювання - ністагму	Недостатнє або нерациональне освітлення	Необхідно проводити регулярне очищення ламп і ламп; огляд і ремонт освітлювальних приладів

Шкідливі і небезпечні фактори	Характеристика шкідливих і небезпечних факторів	Характеристика наслідків шкідливих і небезпечних факторів	Причина професійного захворювання або нещасного випадку	Заходи щодо усунення цих факторів
8. Вугільний пил	ГДК для пилу становить 4 мг/м ³ , за вмістом вільного діоксиду кремнію в ньому становить 2-10%. Температура займання або вибуху вугільного пилу 750-850°C; нижня межа концентрації вибуху (NPVP) -16-20 г/м ³ ; верхня межа (ВКПВ) – 1500-2000 г/м ³	Захворювання опорно-рухового апарату; респіраторні захворювання, пиловий бронхіт; бронхіальна астма	Процеси відсіву, дроблення, сушіння, а також механічного і гравітаційного транспортування вугілля і продуктів збагачення	Використовувати перед збагаченням шлаку або вологої класифікації вугілля; застосування механізації та автоматизації всіх технологічних процесів збагачення, транспортування вугілля
9. Аномальний мікроклімат	t не менше 14°C; вологість близько 80%; швидкість повітря не більше 0,2 м/с; в холодний період не більше 0,3 м/с;	Переохолодження призводить до інфекційних захворювань верхніх дихальних шляхів і легенів, а також до травм.	Висока відносна вологість (70-75%) при високих і низьких температурах навколишнього середовища	Повітряні теплові штори; подвійне скління, теплоізоляція поверхні опалювального обладнання

Розглянувши основні шкідливі і небезпечні фактори за допомогою системного аналізу, переходимо до їх детального аналізу, розподіляючи їх за трьома основними напрямками: шкідливість при обслуговуванні машин і механізмів, токсичні речовини і пиловий фактор, пожежна безпека.

5.2 Шкідливі та небезпечні фактори в обслуговуванні машин на вуглепереробному заводі

Практика показує, що більше половини всіх аварій на вуглепереробних заводах пов'язані з обслуговуванням і ремонтом машин і механізмів. Найбільш поширеними причинами аварій є змащення і протирання деталей машин в процесі їх експлуатації, а також очищення і очищення конвеєрів без їх зупинки. Значна кількість травм також виникає в результаті захоплення одягу і кінцівок робітника ременями, шківками, шестернями, ключами від валів та іншими швидко обертаються частинами машин, які недостатньо огорожені або огорожені [25]

Операція дроблення. Для дробарок, що використовуються на заводі, основною небезпекою є їх обертові деталі: шківки, шестерні, приводні ремені, кінці валу, стирчать ключі, а також місця, де завантажуються оригінальний виріб і вивантажуються подрібнений виріб.

Особливу небезпеку в роботі дробарок представляють металеві предмети, які потрапили в них разом з вугіллям, великими шматками дерева або піритом. Ці предмети не піддаються дробленню, варенню і зупинці рулонів дробарки, викликаючи зчеплення коліс, шестерні, скручування валів або розрив приводного шківки. Такі аварії небезпечні для обслуговуючого персоналу, так як шматки металу, що відлітають при цьому, можуть викликати серйозні травми.

Операції просіювання. За характером руху просіюючої поверхні екрани поділяються на стаціонарні, що обертаються, розмахують і вібрують [26] Нерухомі екрани менш небезпечні для експлуатації, ніж механічні з обертовими і розмахуючи деталями.

У рулонних екранах особливу небезпеку представляють ланцюгові передачі, через які обертання передається в рулони екрану. Як і всі ланцюгові передачі, вони створюють внутрішні і зовнішні небезпечні зони для обслуговуючого персоналу.

Специфічні небезпеки скринінгових операцій, особливо брязкання сухим шахтним вугіллям, включають велику емісію пилу, що ускладнює умови обслуговування екранів.

Скидаючі машини. Для видалення вугілля у водному середовищі вуглепереробний завод використовує в основному два види відсадочних машин, поршневі і поршневі. Основна вимога з точки зору безпеки при експлуатації відсадочних машин наступна: всі рухомі і обертові частини відсадочних машин повинні мати надійні легко знімні огорожі, що забезпечують повну безпеку обслуговуючого персоналу і дозволяють їм легко оглядати і змащувати. що відведення вугілля відбувається у водному середовищі, особливу увагу слід приділити заземленню електрообладнання машин, а також утепленню струмопровідних деталей.

Миття жолобів. З усіх збагачувальних машин і апаратів, що використовуються для вологих методів збагачення вугілля, промивні жолоби найменш насичені механічними пристроями.

Прилади для збагачення у важких умовах. Для збагачення вугілля у важких середовищах (мінеральних суспензіях) використовуються спеціальні важкі мультіпристрої - сепаратори.

Прилади для пневматичного збагачення. Істотним недоліком пневматичного сухого збагачення вугілля є велике пилоутворення. Основними осередками утворення пилу при збагаченні вугілля на пневматичних сепараторах є місця, де вугілля падає на сепараторну палубу і місця, де концентрат, проміжний продукт і камінь падають з палуби на приймальні воронки жолобів.

Флотаційні машини та допоміжне обладнання флотаційних установок. Залежно від способу аерації (насичення пульпи бульбашками повітря) флотаційні машини поділяються на механічні і пневматичні [28]. Застосування отруйних і легкозаймистих реагентів значно ускладнює умови експлуатації флотаційних машин, і, крім загальних заходів безпеки, що проводяться для більшості машин і механізмів заводів, необхідні спеціальні заходи для запобігання токсичного впливу реагентів на організм людини і заходів протипожежної профілактики. Флотаційні відсіки повинні експлуатуватися з особливими запобіжними заходами.

Стрічкові конвеєри. Небезпечними місцями стрічкових конвеєрів є всі обертові частини приводу, барабани і ролики, а також конвеєрна стрічка.

Транспортні ліфти. Коли станції приводу ліфтів розташовані в загальних виробничих потужностях, їх слід огородити перилами або сітчастими огорожами.

Сушильні установки. Сушильні установки є найнебезпечнішим обладнанням на заводах по відношенню до вибухів і пожеж, тому зазвичай вони розташовані в окремих негорючих приміщеннях. Основною причиною вибухів на сушильних установках є розпушування і закручення пилу, який може вибухнути при появі джерела займання.

5.3 Правила техніки безпеки при відсадженню вугілля

Експлуатація комплексу відсадки повинна проводитись відповідно до технічної документації заводу-виробника.

Відсадна машина повинна бути забезпечена зручними робочими майданчиками для обслуговування та проведення профілактичного ремонту.

Очищення внутрішніх поверхонь корпусів відсаджувальної машини від шламу та осілого матеріалу повинне проводитися не менше ніж двома робітниками з використанням запобіжних ременів за нарядом-допуском на виконання робіт підвищеної небезпеки.

Прибирання просипів, мастило механізмів, налагодження регулюючих органів комплексу відсадки повинні проводитися після зупинки відсаджувальної машини.

Борти завантажувальних та розвантажувальних жолобів повинні мати висоту, необхідну для запобігання розбризкуванню та переливу води.

Відкриття засувки на магістралях подачі транспортної та підгратової води повинно здійснюватися плавно, щоб уникнути гідравлічних ударів. Засувки повинні бути у справному стані та відкриватися без помітних зусиль.

При перевантаженні багер-елеватора розшамування його має проводитися в такій послідовності:

- а) випускають воду з черевика багер-елеватора;
- б) відпускають затискні гвинти, відкривають люки і виробляють розшлямування.

Апаратник, що відкриває люк, повинен знаходитися поза отвором, збоку, залишаючи вільним проходом маси вугілля, що випускається.

Забороняється відкривати люк черевика багер-елеватора, а також ремонтувати люки (лази) у корпусі відсаджувальної машини, попередньо не випустивши з них воду.

У період профілактичних ремонтів на пульт пускової апаратури має вивішуватися плакат «Не включати! Працюють люди».

Забороняється пуск відсаджувальної машини:

- а) при зашлямованому обсязі відсаджувальної машини;
- б) у разі несправності обладнання комплексу відсаджувальної машини;
- в) при знятих огорожах вузлів і деталей, що обертаються.

Відсадна машина повинна бути обладнана системами контрольнo-вимірювальних пристроїв (КВП) та автоматичного регулювання.

5.4 Джерела пилоутворення, токсичні речовини та основні вимоги до виробничих процесів та обладнання для пилового фактору

Основними джерелами пилоутворення на вуглепереробному заводі з вологими способами збагачення (осадження, промивання жолобів, флотації і т. п.) відносяться такі виробничі процеси, як відсів, дроблення, сушіння, а також механічне і самопливне транспортування вугілля і продуктів збагачення. Найбільш інтенсивне утворення пилу супроводжується перевантаженням висушеного концентрату з високим вмістом дрібних фракцій. Запиленість в цих місцях досягає 40 мг /м³. Крім інтенсивного утворення пилу, транспортування висушеного концентрату також супроводжується інтенсивною випаровуванням, що ускладнює дедусування. На фабриці з сухими способами збагачення джерелами пилоутворення є місця, де продукти збагачення перевалюються з відмітних знаків сепараторів і пневматичних відсаджочних машин до складальних

ліній і при подальшому транспортуванні. 100, а запиленість в цих місцях становить до 200...300 мг/м³. Інтенсивність утворення пилу залежить від багатьох факторів: фізико-механічних властивостей переробленого вугілля, таких як крихкість, грубість і вологість; спосіб переміщення вугілля і продуктів його збагачення; рух і вологість повітря, а також герметичність пиловидаючого обладнання [29]

Пилоутворення при транспортуванні вугілля і продуктів його збагачення залежить в основному від типу конвеєра, швидкості руху тягового органу і технічного стану обладнання. Якщо конвеєрна стрічка зношена або її недостатня ширина, транспортоване вугілля може потрапити на нижню (вільну) гілку, звідки вона розкидана по металевих конструкціях конвеєра.

Найпоширенішим джерелом викиду пилу на заводі є гравітаційне (гравітаційне) транспортування, яке зазвичай здійснюється в закритих жолобах і використовується для заливки матеріалу з одного конвеєра або обладнання на інший. У всіх випадках матеріал, що підлягає перезавантаженню, спочатку надходить в воронку, прилеглу до технологічного обладнання, або встановлюється в точці розвантаження конвеєра, потім, під впливом власної ваги, переміщається по похилих або вертикальних жолобах і надходить на нижній транспортер або технологічне обладнання. При цьому розлитий матеріал викидає повітря, закачуючи його в укриття. Під впливом отриманого надмірного тиску повітря з пилом переноситься в приміщення. Характерною особливістю перевантажень гарячих матеріалів є наявність конвективних повітряних струмів, що виникають в результаті теплообміну і призводять до перерозподілу надлишкового тиску в укриттях і жолобах [30].

З урахуванням того, що вугільний пил є специфічною шкідливою речовиною вуглепереробних заводів, боротьба з пилом ведеться на всіх етапах, від початку проектування до останнього дня роботи станції. Проектування всіх виробничих процесів здійснюється з урахуванням заходів контролю пилу, а монтаж технологічного і транспортного обладнання здійснюється одночасно із засобами дедукції [31].

Основні способи і засоби контролю пилу на заводі:

- максимальна герметизація технологічного обладнання та укриття всіх місць видобутку пилу; аспірація з очищенням повітря, що викидається в атмосферу від пилу; зволоження вугілля в межах, дозволених технологічним процесом;
- очищення від осілого пилу.

Максимальне герметизація технологічного обладнання та укриття всіх місць видалення пилу. В умовах вуглепереробних заводів і брикетних заводів найпоширенішим способом боротьби з запиленістю є ізоляція і герметизація джерел пилу.

Герметизація обладнання - це пристрій спеціальних герметичних укриттів (кожухів), за допомогою яких він захищений від навколишнього середовища.

Залежно від типу і конструкції огороженого обладнання, а також характеру утворення пилу, його герметизація може бути повною або частковою. При повному герметизації закриті обладнання повністю укладається в герметичне укриття, а при частковому герметизації частково герметизуються окремі частини цього обладнання, які є джерелами пилоутворення або задіяні в них. Дробарки, годівниці, решітки, пневматичні сепаратори, скребок і шнекові конвеєри підлягають повному герметизації на вуглепереробному заводі.

Укриття для повного герметизації виготовляються повністю металевими з жорстким каркасом з безперервною обшивкою листовим залізом товщиною 4-5 мм. Їх конструкція повинна передбачати можливість швидкого з'єднання стиків окремих вузлів, надійного герметизації роз'ємів, герметизуючих пристроїв в місцях виходу з укриттів валів (важелів) і установки гумових прокладок. Укриття повинно бути побудоване таким чином, щоб воно не заважало нормальній роботі обладнання і було простим в обслуговуванні, мало мінімальну кількість отворів і витоків, дозволяло періодичне очищення або промивання відстояного пилу, а існуючі оглядові вікна, отвори і ремонтні люки швидко і надійно закривалися, коли вони не використовуються.

Аспірація з очищенням повітря, що виділяється в атмосферу. Аспірація полягає в висмоктуванні з під укриття пилового технологічного і транспортного обладнання, бункерів і місць перевалки вугілля і продуктів збагачення такої кількості повітря, що створює необхідний вакуум під укриттями, запобігаючи виносу пилу в приміщення.

Зволоження вугілля і видалення пилу. З урахуванням того, що при вологості вугілля в 6 % ускладнюються процеси відсіву і збагачення на пневматичних сепараторах і відсадочних машинах, а при вологості 8...10 % порушується весь технологічний процес, зволоження вугілля як методу боротьби з пилом на заводі отримало обмежене застосування. допускається технологічним процесом і умовами транспортування.

Для зволоження вугілля можна використовувати воду, пару або паровий туман. Однак перевагу слід віддавати парово-водяному туману, який забезпечує найкращу втомлюваність.

Без регулярного очищення відстояного пилу неможливо забезпечити пило-небезпечний і вибухонебезпечний і гігієнічний стан в приміщеннях вуглепереробного заводу. Пил очищається вологим методом - змиваючи відстояний пил струменем розпорошеної води або парового туману [12]

Пил очищають не рідше одного разу на зміну. Витрата води для промивання пилу береться з розрахунку 4 літри на 1^{м2} оброблюваної ділянки з часом промивання 6 хв. Сухе, пневматичне, пилозахисне видалення здійснюється за принципом поглинання пилу в місцях його осадження. Система пневматичного очищення пилу розташована таким чином, щоб можна було обслуговувати всю ділянку.

5.5 Пожежна профілактика

Причини пожеж на промислових підприємствах можна розділити на дві групи: загальні, властиві всім і більшості підприємств, і специфічні, властиві тільки одному або групі суміжних підприємств.

Загальні причини включають:

- необережне або необережне поводження з вогнем;
- куріння в легкозаймистих і вибухонебезпечних приміщеннях;
- несправності опалювальних приладів і опалювальних установок, порушення правил їх експлуатації;
- несправності машин, що призводять до перегріву підшипників або інших розтираних деталей;
- іскри в електричних апаратах і машинах; іскри від електростатичних розрядів і ударів блискавки.

До основних так званих конкретних причин пожеж на вуглепереробних заводах можна віднести:

- порушення пило-газового режиму, що призводить до накопичення легкозаймистих і вибухонебезпечних концентрацій горючих сумішей вугільних повітряних суспензій (пилу) або метану;
- порушення технологічного процесу при сушінні вугілля: наявність вогнищ горіння в сушильному тракті, відсутність або несправність запобіжних клапанів, несправності системи пожежогасіння, несправності обладнання проточних пристроїв, підвищення температури газів на виході сушарки більш ніж на 1200С, перевищення встановлених норм об'ємного вмісту кисню у вихлопних газах, несправності укріттів обладнання та промислових систем вентиляції, відсутність
- вода у вологих пилосбірниках і системі охолодження димових вихлопних підшипників, відсутність або несправність приладів, сигналізації та блокування.

Цей список не вичерпує всіх причин пожежі. Але оскільки ці причини є основними для вуглепереробного заводу, заходи протипожежної профілактики повинні бути в основному спрямовані на їх усунення [33].

Підключення промислового майданчика і заводу до районного водопроводу до Баранівського кільця середньої зони, що проходить поруч з заводом.

Тригодинні недоторканні пожежні і аварійні запаси води зберігаються в підземному резервуарі ємністю 1 000^{м3}, який з'єднаний з Барановським кільцем.

Система пожежогасіння високого тиску.

Головка під час пожежі створюється пожежними насосами №1 і №2 типу 1ДЗ15/50, які з'єднуються трубопроводом з підземним баком.

Насоси встановлюються в будівлі насоса, затиснутий компресором. Включення насосів здійснюється згідно з інструкцією, затвердженою головним інженером заводу.

На території заводу, відповідно до чинних будівельних норм і норм, розміщуються пожежні гідранти в кількості 10 одиниць.

В'їзди і проїзди безкоштовні для проїзду пожежних машин. Відмітні знаки розміщуються біля гідрантів.

Система оповіщення про пожежу здійснюється за допомогою гучномовця і телефону.

У разі виникнення пожежі працівники та інженерно-технічні працівники ПФ діють відповідно до оперативної частини плану ліквідації аварії та «Правил ведення працівників на підприємстві у разі виникнення аварії».

Схеми планів поверхів всередині заводу вказують на місця установки протипожежних гайок, пожежних рукавів, ящиків з піском, вогнегасників ОНВР, ОУ.

Забороняється використовувати пожежну техніку для інших цілей. Протипожежні гайки різуть на заводській позначці в систему протипожежного захисту трубопроводу.

На підприємстві створено: рятувальну службу, добровільну пожежну команду, які в разі аварії приступають до ліквідації. Діяти відповідно до вказівок відповідального керівника по роботі.

Плануються і проводяться практичні заняття з плану реагування на аварію.

З метою безпечної експлуатації, без урахування можливості виникнення пожежі, для цілей заводу, згідно із затвердженим «Графіком очищення

вугільного пилу», проводиться вологе очищення вугільного пилу, очищення вугільних насипів.

Для очищення приміщень в блоці головного корпусу і сушильно-пічного відділу, а також аспірації в сушильно-пічному цеху використовується вода з гідравлічного відвалу.

У роботі беруть участь аспіраційні системи. Герметизація виконується в місцях запилення. Здійснюється постійний контроль за дотриманням пило-газового режиму.

Відповідно до «Інструкції з організації безпечних протипожежних робіт на вибухонебезпечних і пожежно-небезпечних об'єктах» видається дозвіл на виробництво газоелектричних зварювальних робіт.

Заходи з порятунку людей та ліквідації аварій: парова котельня, промислові будівлі, адміністративно-побутова будівля, склад магнетиту, муловий басейн, матеріальний склад, пожежні насоси та компресори.

5.6 Висновки за розділом

У розділі охорона праці проведено аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників, розроблені інженерно-технічні заходи по охороні праці, розглянуті заходи протипожежної профілактики.

ВИСНОВКИ

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

Основними висновками і результатами роботи є наступне:

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

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Залознова Ю. С. Економічні та соціальні проблеми розвитку промисловості: монографія. Київ, 2017. 288 с. Режим доступу: <http://ier.donetsk.ua/publish/mono/Zaloznova2017.pdf>
2. Дробот Я. В., Ільїнський В. В. Інноваційний розвиток підприємств вугільної галузі в контексті забезпечення енергетичної безпеки України. 2017. Режим доступу: http://www.confcontact.com/2017-ekonomika-imenedzhment/2_drobot.htm
3. Бобро Д. Г. Вугільна промисловість України в умовах гібридної війни: аналітична записка. Національний інститут стратегічних досліджень: сайт. 2018. Режим доступу: <http://www.niss.gov.ua/articles/1890>
4. Амоша О. І., Стариченко Л. Л., Череватський Д. Ю. Стан, основні проблеми і перспективи вугільної промисловості України: наук. доп. / НАН України, Інст економіки пром-сті. Донецьк, 2013. 44 с
5. Смирнов В. О. Гравітаційні процеси збагачення корисних копалин : [навч. посібник] / В. О. Смирнов, В. С. Білецький. – Донецьк : Східний видавничий дім, 2005. – 300 с
6. Смирнов В.О., Сергєєв П.В., Білецький В.С. Технологія збагачення вугілля : [навчальний посібник]. – Донецьк : Східний видавничий дім, 2011. – 476 с. – іл.; бібл. 25. ISBN 978-966-317-082-4
7. Білецький В.С., Смирнов В.О. Б 61 Технологія збагачення корисних копалин (видання друге). – Донецьк: Східний видавничий дім, 2009. – 272 с. ISBN 966-7804-70-4
8. Методичні рекомендації для студентів бакалаврів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» Ткачов В.В., Бубліков А.В., Цвіркун Л.І., Проценко С.М., Бойко О.О., Славинський Д.В., .– Д.: «НГУ», 2016. – 27 с.
9. Бойко О.О. Методичні вказівки до лабораторних робіт з проектування систем автоматизації для студентів напрямку підготовки «Автоматизація та

- комп'ютерно-інтегровані технології» / О.О. Бойко – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2017. – 109 с. – Режим доступу: <https://goo.gl/Ev6J4Z>. – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
10. Бойко О.О., Проценко С.М. Методичні вказівки до лабораторних робіт з програмування систем реального часу для студентів напрямків підготовки «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», «Комп'ютерна інженерія» / О.О. Бойко, С.М. Проценко – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2017. – 168 с. – Режим доступу: <https://goo.gl/rVf8Zm>. – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
 11. Бойко О.О. Методичні вказівки до лабораторних робіт з теорії автоматичного керування для студентів напрямку підготовки «Комп'ютерна інженерія» / Укл.: О.О. Бойко – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2017. – 107 с. – Режим доступу: <https://goo.gl/nUMtFE>. – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
 12. Голінько В.І., Фрундін В.Ю. Охорона праці в галузі електротехніки та електромеханіки – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2011. – 235 с.
 13. Конвеєрні ваги СВЕДА ВК-230. Режим доступу: <https://www.vostok.dp.ua/ukr/catalog/scale/conveyer/product.html?id=165#>
 14. Hyundai N5000 AC Drive / Inverter. Режим доступу: http://www.olinsys.com/hyundai_n5000.html
 15. Электромагнитный расходомер Promag 55S. Режим доступу: <https://www.pkimpex.ru/opisanie/raskhodomer-promag-55s>.
 16. Задвижка 30с964нж Ду350 Ру25. Режим доступу: <https://www.pkimpex.ru/opisanie/raskhodomer-promag-55s>
 17. Електронний ресурс: <https://aliradar.com/item/33024886141-Trehfaznoe-tverdotelnoe-rele-peremennogo-toka-Jotta-SSR-10DA25DA40DA60DA-480-V-peremennogo-toka-3-32-V-postoyannogo-toka>
 18. Коваль А.В. Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів: навч. посібник / А.В. Коваль. – Житомир : ЖДТУ, 2018. – 133 с.

19. Літнарівич Р.М. Побудова і дослідження математичної моделі за джерелами експериментальних даних методами регресійного аналізу. Навчальний посібник, МЕНУ, Рівне, 2011.-140 с
20. Міждержавний стандарт ГОСТ 12.0.003-74 (1999) ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».
21. ДСН 3.3.6.042-99 „Державні санітарні норми параметрів мікроклімату” - К.: МОЗ України, 2000.
22. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування.
23. ДСТУ Б.А.3.2-12:2009. Система стандартів безпеки праці. Системи вентиляційні. Загальні вимоги ДНАОП 0.03-33.14-85. Санітарні норми допустимих рівнів шуму на робочих місцях.
24. Правила улаштування електроустановок Мінпаливвугілля України. – 2017 – 617с.
25. «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості на небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». № 528 - 2001.
26. Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями, затверджені наказом Мінсоцполітики від 14.02.2018 № 207.
27. Методичні рекомендації з виконання заходів стосовно охорони праці при роботі з ПЕОМ та розрахунку освітлення у дипломних проектах студентів усіх спеціальностей/ Уклад. В.І. Голінько, В.Ю. Фрундін, Ю.І. Чеберячко, М.Ю. Іконніков. - Дніпропетровськ: ДВНЗ «Національний гірничий університет», 2013.- 12 с.
28. ДСанПіН 3.3.2-007-98 Державні санітарні правила і норми. Гігієнічні вимоги до організації роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин
29. ДСТУ 7234:2011 Дизайн і ергономіка. Обладнання виробниче. Загальні вимоги дизайну та ергономіки

30. ДСТУ 7950:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце під час виконання робіт стоячи. Загальні ергономічні вимоги.
31. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги
32. ДСТУ 3191-95 (ГОСТ 12 2.137-96) Обладнання для кондиціонування повітря та вентиляції
33. ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».
34. Внутренние санитарно-технические устройства / Под ред. И. Г. Староверова: Ч.2. Вентиляция и кондиционирование воздуха. - М.: Стройиздат, 1978.-509.
35. ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення».
36. ДСН 3.3.6.037–99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку».
37. ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації».
38. ДСТУ ГОСТ 26568: 2009 «Вибрация методы и средства защиты».
39. ДСТУ ІЕС 61140: 2015 «Захист проти ураження електричним струмом. Загальні аспекти щодо установок та обладнання».
40. ДБН В.1.1-7-2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва».
41. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухо-пожежною та пожежною небезпекою».
42. ДСТУ 3675-98 «Пожежна техніка. Вогнегасники переносні. Загальні технічні вимоги та методи випробувань».
43. ДБН В.2.5-56-2014 «Системи протипожежного захисту».
44. ДСТУ Б В.2.5-38:2008 «Улаштування блискавкозахисту будівель та споруд».

ДОДАТОК А

Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Шифр документу	Примітка
1			Документація			
2						
3	A4	KIBС.KBP.151.19.07.ПЗ	Пояснювальна записка		ПЗ	
4						
5			Графічна частина			
6						
7	A2	KIBС.KBP.151.19.07.E2	Функціональна схема			
8			автоматизації	1	E2	
9						
10	A2	KIBС.KBP.151.19.07.E3	Схема електрична			
11			принципова	1	E3	
12						
13	A4	KIBС.KBP.151.19.07.ПЕЗ	Перелік елементів	1	ПЕ	
14						
15	A4	KIBС.KBP.151.19.07.Д	Презентація		Д	
16						
17		KIBС.KBP.151.19.07.ВДЕ	Носій інформації	1	ВДЕ	
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
			Підп.	Дата	KIBС.KBP.151.19.07.ТП	
Зм.	Арк.	№ докум.				
Розробив		Кулик		29.05.22	Літ.	Аркуш
П. конс.		Трипутень				Аркушів
						1
						1
Н.контроль		Воскобойник			Національний ТУ «Дніпровська політехніка», ЕТФ, 151-19ск-1	
					Автоматизація процесу відсадження вугілля.	
					Відомість проекту	

ВІДГУКИ КОНСУЛЬТАНТІВ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

ВІДГУК

на кваліфікаційну роботу ступеню бакалавра
на тему: «Автоматизація процесу відсадження вугілля»
здобувач вищої освіти академічної групи
151-19ск-1 Кулик Владислав Русланович

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

Актуальність роботи полягає в тому, що розробка нової системи керування дозволить стабілізувати вхідні навантаження відсаджувальних машин крупного і дрібного вугілля.

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

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

У третьому розділі вирішено завдання структурної і параметричної ідентифікації каналів керування процесом відсадки. Виконана оцінка довірчих інтервалів динамічних коефіцієнтів моделей відповідних каналів.

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

При вирішенні завдань у розділах кваліфікаційної роботи студент підтвердив компетенції:

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

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

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

- K14 - здатність застосовувати методи системного аналізу, математичного моделювання, ідентифікації та числові методи для розроблення математичних моделей окремих елементів та систем автоматизації в цілому, для

аналізу якості їх функціонування із використанням новітніх комп'ютерних технологій;

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

Повнота та глибина вирішення поставлених завдань в кваліфікаційній роботі достатня.

В цілому кваліфікаційна робота ступеню бакалавра заслуговує оцінки _____ балів при відповідному захисті, а здобувач Кулик В.Р. присвоєння кваліфікації “бакалавр” за спеціальністю “151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології”.

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

_____ Трипутень М.М.
(підпис)

_____ (дата)

РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну роботу ступеню бакалавра
на тему: «Автоматизація процесу відсадження вугілля»
здобувач вищої освіти академічної групи
151-19ск-1 Кулик Владислав Русланович

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

Актуальність роботи полягає в тому, що розробка нової системи керування дозволить підвищити ефективність процесу відсадки вугілля за рахунок стабілізації вхідних навантажень відсаджувальних машин крупного і дрібного вугілля.

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

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

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

Основними результатами кваліфікаційної роботи є визначення структури і параметрів моделей каналів керування процесу відсадки вугілля.

Повнота та глибина вирішення поставлених завдань в кваліфікаційній роботі достатня.

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

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувачем кафедри
кіберфізичних та інформаційно-
вимірювальних систем

_____ Бубліковим А.В.

«_____» _____ 2022 року

ВИСНОВОК

Про рівень запозичень у кваліфікаційній роботі бакалавра на тему «Автоматизація процесу відсадження вугілля», здобувача вищої освіти, групи 151-19ск-1, Кулик Владислав Русланович.

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

Нормоконтролер,
посада, ас. каф. КФІВС
ступінь

(підпис)

Воскобойник Є.К.

(дата)

Ім'я користувача:
Олег Бойко

ID перевірки:
1011476602

Дата перевірки:
06.06.2022 19:33:05 EEST

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
06.06.2022 19:34:18 EEST

ID користувача:
100008838

Назва документа: 01_151_-19ск_Кулик_В_Р_-_ПЗС

Кількість сторінок: 80 Кількість слів: 13748 Кількість символів: 100744 Розмір файлу: 1.66 MB ID файлу: 1011354349

Виявлено модифікації тексту (можуть впливати на відсоток схожості)

16.4% Схожість

Найбільша схожість: 8.34% з Інтернет-джерелом (<http://ir.nmu.org.ua/bitstream/handle/123456789/158781/%D0%9A%D..>)

16.4% Джерела з Інтернету

207

Сторінка 82

Не знайдено джерел з Бібліотеки

0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

15% Вилучень

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

Немає вилучених Інтернет-джерел

15% Вилученого тексту з Бібліотеки

42

Сторінка 82

Модифікації

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

Замінені символи

109

Підозріле форматування

13
сторінок