

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**

здобувача вищої освіти Роздайбіда Вадим Анатолійович  
 (П.І.Б.)

академічної групи 151-18ск-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 управління технологічним устаткуванням збагачувальної фабрики

(назва за наказом ректора)

Консультанти	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинг.	інституційною	
Керівник кваліфікаційної роботи	ст.викл. Надточий В.В.			
Провідний консультант	ст.викл. Надточий В.В.			
Розробка апаратного забезпечення системи керування	ст.викл. Козарь М.В.			
Визначення моделі об'єкта керування	ст.викл. Бойко О.О.			
Економічна частина	ст. викл. Яремчук І.О.			
Охорона праці	проф. Чеберячко Ю.І.			
Нормоконтролер	ас. Славінський Д.В.			

Дніпро  
2021

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

\_\_\_\_\_ Ткачов В.В.  
(підпис) (прізвище, ініціали)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 року

## ЗАВДАННЯ на кваліфікаційну роботу ступеня бакалавра

здобувача вищої освіти Роздайбіда В.А. академічної групи 151-18ск-1  
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

за освітньо-професійною програмою 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології  
(офіційна назва)

на тему Автоматизація процесу управління технологічним устаткуванням збагачувальної фабрики

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 12.04.2021 № 201с.

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.	31.03.2021
Розробка апаратного забезпечення системи керування	Обрання датчиків, виконавчих пристроїв та пристрою керування, розробка структурних схем, функціональної схеми автоматизації та принципової схеми електричної.	06.05.2021
Визначення моделі об'єкта керування	Розробка методики дослідження об'єкта керування. Виконання експерименту. Обробка результатів експерименту. Створення моделі об'єкта керування. Перевірка отриманої моделі на адекватність.	25.05.2021
Економічна частина	Економічне обґрунтування доцільності витрат на створення системи керування.	02.06.2021
Охорона праці	Розробка організаційно-технічних заходів, щодо реалізації правил безпеки при експлуатації системи.	10.06.2021

**Завдання видано**

\_\_\_\_\_ (підпис п. конс.)

ст.викл. Надточий В.В.  
(прізвище, ініціали)

Дата видачі 01.03.2021

Дата подання до атестаційної комісії 10.06.2021

**Прийнято до виконання**

\_\_\_\_\_ (підпис здобувача)

Роздайбіда В.А.  
(прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота містить \_\_ стор., \_\_ рис., \_\_ табл., \_\_ дод., \_\_ арк. графічного матеріалу формату А4.

Об'єкт розробки: система автоматичного управління завантаження руди в стержневий млин.

Мета кваліфікаційної роботи - розробка системи автоматичного завантаження руди у стержневий млин залізорудної збагачувальної фабрики.

Практична цінність результатів – розробка моделі конвеєра для побудови в подальшому підсистеми регулювання швидкості руху конвеєрної установки як основи системи автоматизації подання руди в стержневий млин.

Економічний ефект від впровадження результатів роботи очікується завдяки зниженню великих економічних втрат пов'язаних з перевантаженням млина і контроль параметрів, які забезпечують стабілізацію системи під час перехідного процесу.

Система автоматизації подання руди в стержневий млин призначена для використання в гірничодобувній промисловості.

КОНВЕЄРНА УСТАНОВКА, ПРОДУКТИВНІСТЬ, ПАРАМЕТРИ РЕГУЛЯТОРА, СТРУКТУРНА СХЕМА, МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

## ЗМІСТ

Зміст .....	4
Перелік скорочень .....	7
Вступ.....	8
1 Стан питання та постановка завдання.....	9
1.1 Галузь промисловості .....	9
1.2 Технологічний процес.....	10
1.3 Об'єкт управління .....	10
1.3.1 Характеристика електроустаткування ділянки подрібнення.....	10
1.3.2 Об'єкт автоматизації.....	11
1.3.3 Аналіз відомих способів автоматизації контролю завантаження руди в млин .....	19
1.3.3.1 Контроль акустичного сигналу, що видається млином .....	20
1.3.3.2 Контроль середньої потужності приводного двигуна млина .....	21
1.3.3.3 Контроль величини тиску в опорних підшипниках млина.....	22
1.3.3.4 Радіоізотопний спосіб контролю заповнення .....	23
1.3.3.5 Система безперервного контролю завантаження .....	24
1.4 Структура системи управління .....	25
1.5 Висновки по розділу .....	25
2 Розробка апаратного забезпечення системи управління.....	27
2.1 Розробка структурної схеми системи управління .....	27
2.2 Розробка структурної схеми інформаційних потоків.....	30
2.3 Вибір апаратного забезпечення системи управління .....	31
2.3.1 Вибір датчиків .....	32
2.3.2 Вибір виконавчих пристроїв .....	36
2.3.3 Вибір пристроїв управління .....	38

	5
2.4 Розробка функціональної схеми автоматизації.....	39
2.5 Розробка схеми електричної принципової .....	40
2.6 Висновки по розділу .....	42
3 Визначення моделі об'єкта управління .....	43
3.1 Розробка структурної схеми інформаційних потоків дослідницької системи .....	43
3.2 Розробка методики дослідження об'єкта управління .....	45
3.3 Виконання експерименту .....	47
3.4 Обробка результатів експерименту .....	52
3.4.1 Підготовка даних.....	52
3.4.2 Структурна ідентифікація .....	54
3.4.3 Параметрична ідентифікація.....	55
3.4.4 Розробка моделі об'єкта управління в Simulink .....	59
3.4.5 Перевірка моделі на адекватність.....	61
3.5 Висновки за розділом.....	62
4 Економіка .....	63
4.1 Розрахунок капітальних витрат .....	63
4.1.1 Розрахунок капітальних витрат на програмне забезпечення .....	65
4.2 Розрахунок експлуатаційних витрат .....	68
4.3 Визначення додаткового прибутку від впровадження системи управління .	72
4.4 Оцінка економічної ефективності проекту.....	73
4.5 Висновок .....	74
5 Охорона праці .....	76
5.1 Аналіз шкідливих і небезпечних чинників.....	76
5.2 Інженерно-технічні заходи по охороні праці .....	77
5.3 Пожежна профілактика.....	82

5.4 Висновок .....	6
Висновки .....	84
Перелік посилань.....	86
Додаток А.....	87
Додаток Б.....	89
Відгуки консультантів кваліфікаційної роботи .....	90
Відгук.....	91
	93

**ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ**

ЗФ	- збагачувальна фабрика;
ГЗК	- гірничо-збагачувальний комбінат;
МС	- млин стержневий;
МК	- млин кульовий;
МД	- магнітний дешламатор;
СПП	- станція перекачування пульпи;
ЦВО	- цех виробництва окатишів;
ПНС	- пульпонасосна станція;
ПІД	- пропорційно - інтегрально - диференціальний закон управління;
ЕРС	- електрорушійна сила;
РБ	- релейний блок;
РРП	- радіоізотопні релейні прилади;
ВП	- вимірювальний пристрій;
САУ	- система автоматичного управління;
ПЗП	- постійний запам'ятовуючий пристрій;
ШІМ	- широко-імпульсна модуляція.

## ВСТУП

Актуальним державним завданням є зниження енерговитрат в усіх галузях промисловості і, в першу чергу, в такій енергоємній галузі, як збагачення руд.

Подрібнення належить основних технологічних процесів збагачувальних фабрик і є дуже енергоємним процесом. Формуючи кінцеві показники процесу збагачення, подрібнення визначає технологічні і техніко-економічні показники роботи фабрики. Від показників подрібнення залежать результати усієї подальшої переробки збагачуваного продукту, передусім такі, як продуктивність фабрики, витягання цінного компонента, зміст його в концентраті, втрати в хвостах. Тому, важливі оптимальні режими роботи подрібнювальних агрегатів.

Відомі методи і датчики контролю завантаження млинів рудою не дозволяють надійно контролювати перевантаження млинів рудою. Статичні характеристики цих датчиків нестабільні в результаті зміни властивостей руди і стану подрібнюючого середовища кульового навантаження і футерування млина. Таким чином, розробка нових ефективніших методів автоматичного контролю перевантаження млинів рудою є актуальним науковим завданням. Рішення цієї задачі дозволяє на діючих збагачувальних фабриках і діючому устаткуванні істотно підвищити виробництво залізородного концентрату.

Метою дослідницької роботи є розробка моделі конвеєра, яка в подальшому буде використана при побудові системи автоматичного завантаження руди в стержневий млин збагачувальної фабрики.

Об'єкт дослідження - технологічний процес подрібнення руди в стержневому млині.

Предмет дослідження – динамічна модель роботи конвеєра завантаження руди стержневий млин.

Практична цінність отриманих результатів полягає у синтезі та дослідженні динамічної моделі конвеєра, як основи при побудові та дослідженні системи автоматизації подання руди в стержневий млин.



# 1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

## 1.1 Галузь промисловості

Стійкий розвиток гірничо-металургійного комплексу України забезпечується зростанням виробництва залізорудного концентрату.

Продуктивність кожного гірничо-збагачувального комбінату по залізорудному концентрату визначається продуктивністю збагачувальних фабрик. Збагачувальна фабрика складається з паралельно працюючих технологічних ліній збагачення. У голові кожної технологічної лінії розташовані кульові і безкульові млини першої стадії подрібнення. Продуктивність млинів першої стадії подрібнення з переробленої руди визначає продуктивність технологічних ліній і збагачувальної фабрики відносно залізорудного концентрату.

Але коливання фізико-механічних властивостей руди, зміну загальної ваги подрібнюючої пульпи і стану футерування часто провокують перевантаження млинів рудою. Це призводить до зупинки млина першої стадії подрібнення і технологічної лінії збагачення, недовипуску концентрату і великих економічних втрат.

За різними оцінками втрати концентрату внаслідок перевантаження млинів досягають 5...10 відсотків від загального виробництва концентрату.

Відомі методи і датчики контролю завантаження млинів рудою не дозволяють надійно контролювати перевантаження млинів рудою. Статичні характеристики цих датчиків нестабільні в результаті зміни властивостей руди і стану подрібнюючого середовища кульового навантаження і футерування млина.

Таким чином, розробка нових ефективніших методів автоматичного контролю перевантаження млинів рудою є актуальним науковим завданням.

Рішення цієї задачі дозволяє на діючих збагачувальних фабриках і діючому устаткуванні істотно підвищити виробництво залізорудного концентрату.

## 1.2 Технологічний процес

Подрібнення належить основних технологічних процесів збагачувальних фабрик. Будучи дуже енергоємним процесом, що формує кінцеві показники процесу збагачення, подрібнення визначає технологічні і техніко-економічні показники роботи фабрики. Від показників подрібнення залежать результати усієї подальшої переробки збагачуваного продукту, передусім такі, як продуктивність фабрики, витягання цінного компонента, зміст його в концентраті, втрати в хвостах. Тому, важливе значення придбаває питання оптимальних режимів роботи подрібнювальних агрегатів.

Все б було добре, якби реальна продуктивність млина не мінялася через постійну зміну властивостей руди, що подавалася, і інших чинників, що примушує оператора міняти завдання по руді, підлаштовуючись під умови, що змінюються. Об'ємне заповнення млина рудою, що постійно змінюється, примушує оператора тримати продуктивність млина нижче оптимального із-за побоювання аварійного перевантаження, пов'язаного з переповнюванням млина. Тобто підтримка стабільного подання руди не дозволяє максимально використати поточну продуктивність млина і в цілому призводить до зниження загальної продуктивності і збільшення енерговитрат.

## 1.3 Об'єкт управління

### 1.3.1 Характеристика електроустаткування ділянки подрібнення

Збагачувальна фабрика є декількома паралельними однотипними секціями збагачення, працюючі незалежно один від одного.

Таблиця 1.1 - Електроустаткування цеху подрібнення (РП 0,4 кВ)

№ з/п	Найменування	К-ть	Потужність, кВт	Uном, В	cos (φ)
1	Млин МС-8	1	55	380	0.95
2	Млин ММС-1	1	70	380	0.93
3	Млин СМ6002А	1	90	380	0.9
4	Насос УАВ	2	15	380	0.85
5	Класифікатор	1	40	380	0.85
6	Вентилятор	1	3,2	380	0.9

Млини, як об'єкти електропостачання, цікавлять нас з точки зору розрахунку апаратури для забезпечення їх живлення і автоматичного виключення у разі появи аварійного режиму в схемі електропостачання.

### **1.3.2 Об'єкт автоматизації**

У кваліфікаційній роботі об'єктом автоматизації є конвеєрна установка зі встановленими на ній конвеєрними вагами, призначена для контролю завантаження руди в стержневий млин першої стадії збагачення на ВАТ «Полтавський ГОК». Розглянемо коротку характеристику технологічного процесу збагачення на прикладі першої секції збагачувальної фабрики (рис. 1.1).

Подрібнена руда з приймальних бункерів збагачувальної фабрики через підбункерні телескопічні живильники (для усунення сегрегації руди по великості застосовують не менш 3-х живильників) конвеєром-живильником і похилим конвеєром подається в головний стержневий млин МСЦ-3,6х5,5. Контроль кількості руди, що поступає в стержневий млин робиться шляхом зважування її на тензометричних вагах «Шенк». Стержневе завантаження складає 40 % від об'єму млина. Контроль подання води в млин здійснюється автоматично, витратомірами.

Розвантаження стержневого млина подається в двоспиральний класифікатор 2КСН 3х12,5. Піски класифікатора подрібнюються в кульовому млині МШЦ-4х5, працюючому в замкнутому циклі з цим класифікатором. Кульове завантаження млина складає 45 % від об'єму млина. Злив класифікатора самопливно поступає в перший технологічний зумпф.

Насосами 12 Гр-8 з першого технологічного зумпфа матеріал подається на перший прийом гідроциклонів Ø500 мм де відбувається класифікація матеріалу : піски поступають на до змельчування в кульовий млин з центральним розвантаженням МШР 4х5,5.

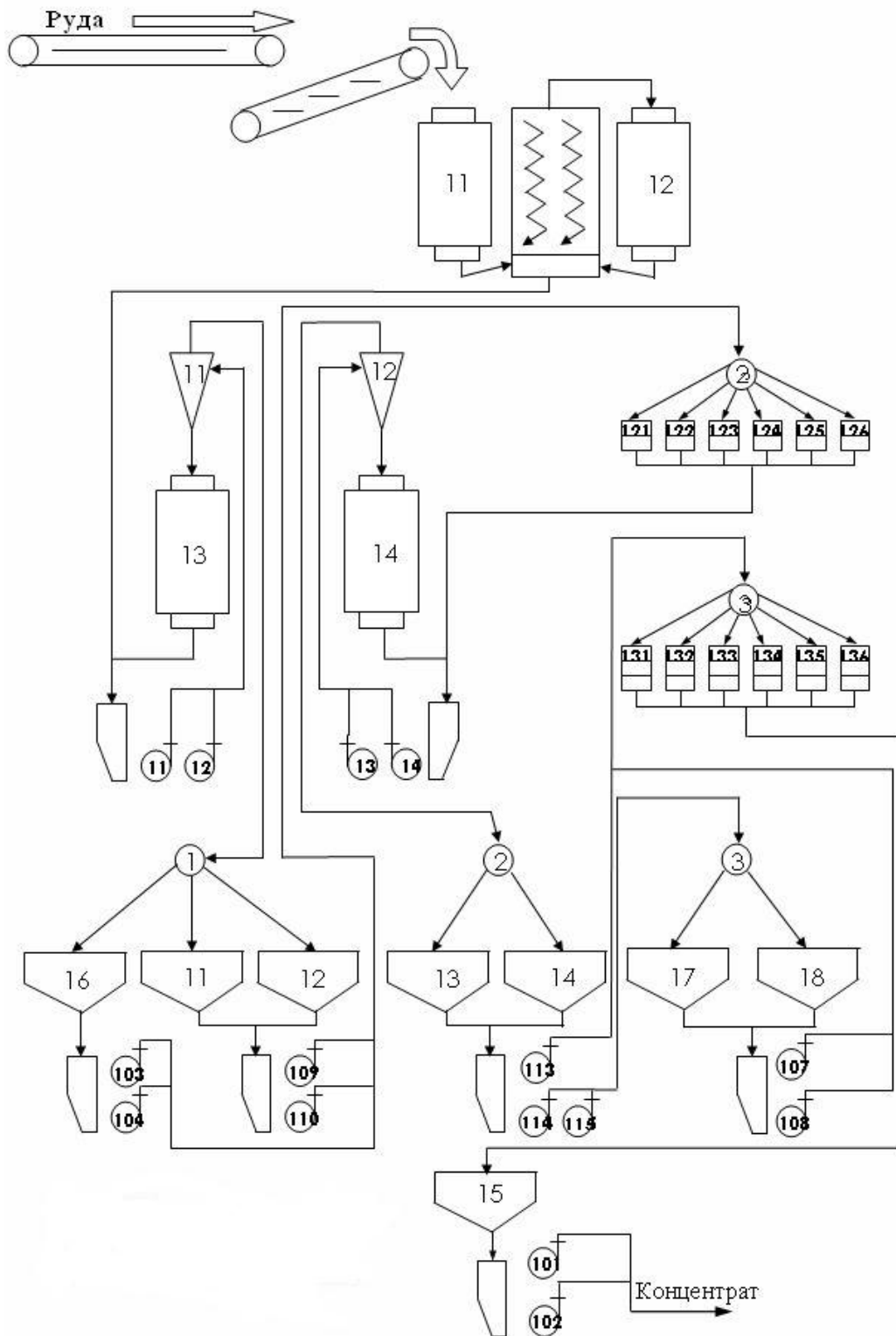


Рисунок 1.1 - Технологічний процес збагачення

Кульове завантаження млина складає 40 % від об'єму. Злив млина поступає в перший технологічний зумпф, злив гідроциклонів першого прийому самопливно подається на перший прийом дешламації, де відбувається знешламлювання промпродукта на магнітних дешламаторах МД-5: шлами(хвости, немагнітний матеріал) самопливно поступають в хвостоканаву,

піски (магнітний матеріал) розвантажуються в зумпф і насосами 5Гр подаються на другу стадію магнітної сепарації, де відбувається збагачення промпродукта на сепараторах ПБМ 90x250 ПП.

При вступі промпродукта на магнітний сепаратор відбувається його розділення: магнітний матеріал притягується до барабана сепаратора, усередині якого розташована нерухома магнітна система, і переноситься в промпродуктовий лоток, не магнітний розвантажуються в хвостовий лоток і самопливно поступає в хвостоканаву.

Промпродукт другої стадії магнітної сепарації поступає в другий технологічний зумпф і насосами 12–Гр подається на прийом гідроциклонів Ø500 мм. Піски гідроциклонів другого прийому поступають в кульовий млин з центральним розвантаженням МШР 4x5,5. Кульове завантаження млина складає 40% від об'єму. Злив гідроциклонів самопливно поступає на другий прийом дешламації : хвости в хвостоканаву, промпродукт поступає в зумпф і насосами 5 Гр подається на третю стадію магнітної сепарації. Хвости третин стадії магнітної сепарації поступають в хвостоканаву, промпродукт самопливно на третій прийом дешламації; хвости дешламації в хвостоканаву; готова продукція (концентрат) в зумпф насосів 5–Гр, насосами 5–Гр подається на СПП (станція перекачування пульпи), звідки насосами 12–Гр перекачується на ЦПО–1 (цех виробництва окатишів) або у бак перемішувач ділянки доведення флотації магнітного концентрату.

Хвости першого, другого, третього прийому дешламації; другий, третій стадії магнітної сепарації по хвостоканаві самопливно подаються в зумпфа пульпонасосної ПНС–1 шламового цеху.

До основних показників, що характеризують роботу секції, можна віднести:

продуктивність секції по готовій руді: 10...18 т/г;

- співвідношення руда - вода в головний млин, масова доля твердого: 75...82%;
- щільність зливу класифікатора: 1 150...1 250 кгс/м<sup>3</sup>, циркулююче навантаження активної потужності приводу спіралі: до 40 кВт;

- рівень в технологічних зумпфах: до 2 м;
- щільність розвантаження дешламатора: 1 500...1 900 кгс/м<sup>3</sup>.

Розглянемо тепер детально окрему ділянку збагачення - подання руди в стержневий млин (рис.1.2.).

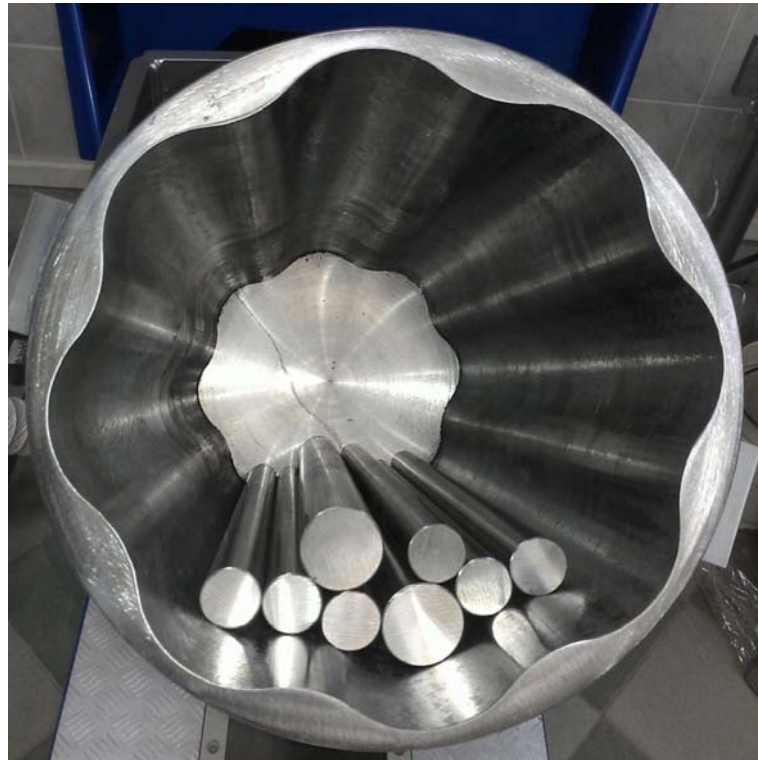
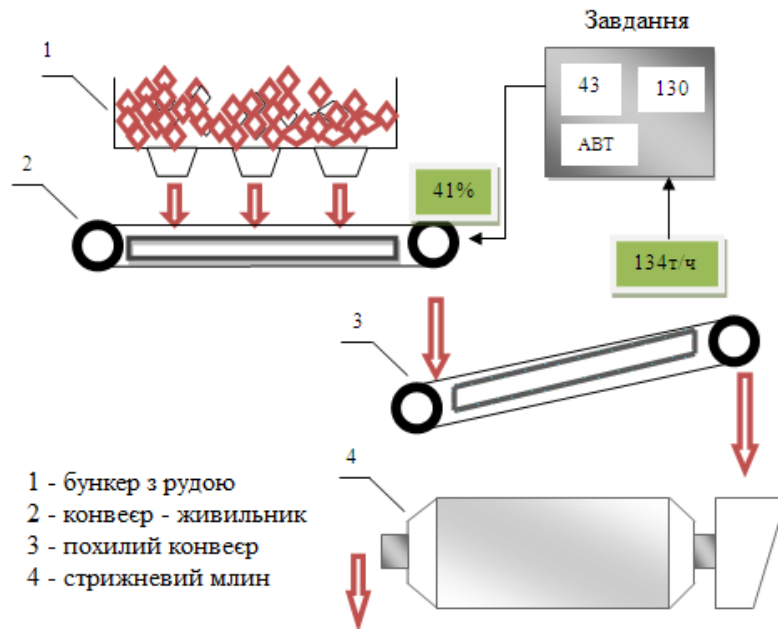


Рисунок 1.2 - Технологічний процес подання руди в стержневий млин

Подрібнена руда з приймальних бункерів подрібнювальної фабрики через підбункерні телескопічні живильники поступає на конвеєр-живильник. Для

усунення сегрегації руди по великості застосовуються 4 живильника. Інтенсивність і кількість подання руди на конвеєр і її властивості не регулюються. Подання руди на конвеєр з бункерів відбувається довільно. Конвеєрна установка на «Полтавському ГОК» складається з горизонтального конвеєра-живильника і похилого конвеєра.

Потім руда з конвеєра-живильника поступає на похилий конвеєр, де вона зважується, а потім в стержневий млин першої стадії збагачення.

Завдання по кількості руди поступає в стержневий млин задається оператором. Контроль кількості руди, що поступає в стержневий млин, робиться шляхом зважування її на багатороликових конвеєрних вагах, виконаних у вигляді похилого конвеєра. Залежно від інтенсивності подання, що змінюється, на похилий конвеєр міняється швидкість конвеєра-живильника. Швидкість похилого конвеєра постійна

Для безперервного виміру кількості і інтенсивності подання матеріалу в стержневий млин застосовуються багатороликові конвеєрні ваги MULTIBELT® компанії SCHENCK. Вони сконструйовані для установки на безперервно працюючих конвеєрах і досягають точності  $\pm 0,25\%$ .

Сфера застосування ваг:

- вимір витрати і споживання у виробництві;
- реєстрація подання і витрати;
- сигналізація про граничне завантаження;
- завантаження на навантажувальних станціях;
- зважування в цілях калібрування;
- регулювання дозатора.

Багатороликові конвеєрні ваги включають вагову платформу для установки на неї роликовій станції, захищений від перевантаження ваговий датчик з високим класом захисту, датчик для виміру швидкості, розподільна шафа для підключення датчиків.

За допомогою конвеєрних ваг можна вимірювати інтенсивність безперервного потоку матеріалу, що міняється. За допомогою вагових датчиків, конвеєрні ваги вимірюють вагу матюкала на певній ділянці конвеєрної стрічки.

За допомогою датчика швидкості вимірюється швидкість руху стрічки. Результат обох вимірів дає поточну продуктивність. Шляхом інтеграції продуктивності отримують величину подання.

Таблиця 1.3 - Технічні характеристики конвеєрних ваг

Багаторолик ові конвеєрні ваги	Точність без датчика швидкості	Проду ктивні сть	Вага	Швидкі сть стрічки	Нахил конвеєра
ВМР	±0,25 % від номінальної продуктивності ±0,5 % від поточної продуктивності	До 15.000 т/ч	≈200 кг ширина стрічки до 1 400 м ≈400 кг ширина стрічки до 1 600 м	До 6 м/с	~20° (ніяких відносних рухів матеріалу)

Сигнал з тензодатчика поступає через клемну коробку у ваговий контролер, де перетвориться в цифрову форму, там же здійснюється накопичення і обробка результатів вимірів, а також їх відображення в одиницях виміру ваги на дисплеї. Виміряна вага за певний інтервал часу складається в лічильнику інтеграторі, утворюючи величину, що характеризує поточну продуктивність.



Рисунок 1.3 - Електронні конвеєрні ваги з двома штатними роликооперами



Ваги вбудовуються в став конвеєра, на них встановлюються штатні роликові опори.

Принцип роботи конвеєрних ваг заснований на вимірі вихідного сигналу тензодатчика, який пропорційний механічному зусиллю при завантаженні стрічкового конвеєра, прикладеному на грузоприймальний пристрій.

Датчик швидкості виробляє імпульси, пропорційні швидкості руху стрічки конвеєра, і передає результати вимірів в інтегратор.

Конструкція гарантує вимір тільки вертикального складового навантаження незалежно від положення матеріалу на стрічці. Ділянка конвеєрної стрічки, обмежена двома роликовими опорами ваг дозволяє збільшити область зважування і досягти більш високої точності виміру, чим при використанні однієї роликової опори.

Електроніка INTECONT® PLUS застосовується для обробки даних зважування у безперервних технологічних процесах.

Вона розроблена для точного виміру і збору даних по потоку сипкого матеріалу за допомогою конвеєрних ваг MULTIBELT®.

Електроніка обробки даних INTECONT PLUS розроблена в першу чергу для тих випадків, коли споживач окрім основних завдань виміру, пред'являє до електроніки вимоги по зручності обслуговування, відображення даних і функціям контролю. Ця електроніка забезпечує точність повторення.

Управління нею здійснюється за допомогою ергономічної, розділеної по функціональних і сервісних функціях, клавіатури. Дворядковий безблискавний дисплей з підсвічуванням забезпечує зручність зчитування результатів. При оснащенні відповідним комунікаційним модулем INTECONT PLUS оптимально включається по польових шинах в системи автоматизації.

Залежно від використовуваної механіки поточна продуктивність визначається виходячи з навантаження на стрічку і швидкості стрічки у конвеєрних ваг. Разом з базовими функціями реалізуються наступні специфічні можливості зважування :

- точний вимір швидкості стрічки;
- компенсація впливу стрічки (КВС);

- контроль тієї, що пробуксувала і прослизання стрічки;
- зміщення зважування в точку розвантаження.

Контроль швидкості конвеєрних стрічок і наявності металевих предметів на них.

Контроль швидкості стрічок конвеєрів і інших транспортних засобів для твердих матеріалів потрібний для своєчасного виявлення тієї, що пробуксувала або повної зупинки стрічки при працюючому приводі.

Швидкість руху конвеєрних стрічок визначається по частоті обертання одного з підтримувальних роликів або барабана конвеєра, що відхиляє, яка відповідає швидкості руху стрічки.

Пристрої, призначені для такого контролю, називаються реле швидкості.

Первинний перетворювач реле швидкості (рис. 1.4.) складається з вмонтованих в корпус 1 залізного сердечника 2 з котушкою 3, поміщених усередині постійного магніту 4. З одного торця котушка закрита сталеву кришкою 5 з бронзовою втулкою 6, внаслідок чого між кришкою 5 і сердечником 2 утворюється розімкнений магнітопровід.

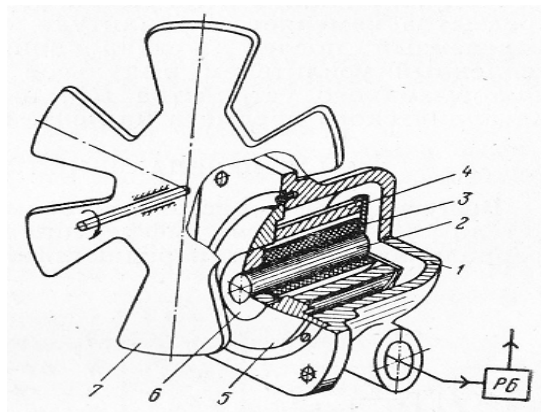


Рисунок 1.4 - Реле швидкості

Первинний перетворювач встановлюється біля сталеву диска 7 з вирізами, укріплену на осі підтримувальну ролика або барабана конвеєра (іноді подовжні вирізи виконуються безпосередньо в ролику, у бічної поверхні якого встановлюється первинний перетворювач), що відхиляє.

Обертаючись, диск змінює магнітне поле і в котушці індукується електрорушійна сила. Величина ЕПС залежить від частоти обертання диска, а, отже, і від швидкості руху стрічки.

Сигнал з котушки подається на релейний блок РБ. Якщо розмір сигналу стане менше деякого порогового значення, то з витримкою часу з'являється сигнал на виході РБ.

На конвеєри збагачувальних фабрик разом з рудою можуть поступати металеві предмети, попадання яких в технологічне устаткування відгукнеться серйозними аваріями і тривалими простоями.

Для запуску конвеєрів і зміни швидкості стрічки на конвеєрі-живильнику використовується асинхронний двигун з короткозамкнутим ротором типу АИР 112 М4У2. Характеристики двигуна представлені в табл. 1.3.

Таблиця 1.3 - Характеристики двигуна

Параметр	Величина
Потужність	5,5 кВт
Навантаження	380 В
Струм	20,4/11,2 А
З'єднання	Δ/У
Число оборотів	1435 об./хв.
ККД	84 %
cos φ	0,82
Клас ізоляції	f
Вага	г

### 1.3.3 Аналіз відомих способів автоматизації контролю завантаження руди в млин

Стабілізація витрати руди являється, безумовно, важливим завданням, без неї у край скрутне отримання якого-небудь ефекту, тому 20...30 років тому саме з неї розпочиналася автоматизація подрібнення. Все б було добре, якби реальна продуктивність млина не мінялася через постійну зміну властивостей руди, що подавалася, і інших чинників, що примушує оператора міняти завдання по руді, підлаштовуючись під умови, що змінюються. Об'ємне заповнення млина рудою, що постійно змінюється, примушує оператора тримати продуктивність млина нижче оптимального із-за побоювання аварійного перевантаження, пов'язаного з

переповнюванням млина. Тобто підтримка стабільного подання руди не дозволяє максимально використати поточну продуктивність млина і в цілому призводить до зниження загальної продуктивності і збільшення енерговитрат.

У цій кваліфікаційній роботі процес завантаження руди в стержневий млин ми регулюємо конвеєрними вагами, які легкі в управлінні і дають досить точний результат (погрішність 1 %).

Нині на збагачувальних фабриках міру заповнення млина найчастіше контролюють за допомогою таких методів:

- контроль акустичного сигналу, що видається млином;
- контроль середньої потужності приводного двигуна млина;
- контроль величини тиску в опорних підшипниках млина;
- захист від переповнювання млина по частоті виходу з неї шматків гальки певного розміру;
- радіоізотопний спосіб контролю заповнення;
- система безперервного контролю завантаження.

Тепер розглянемо деякі з методів заповнення млина окремо.

### **1.3.3.1 Контроль акустичного сигналу, що видається млином**

Виявлено, що характер шуму подрібнювального агрегату змінюється при різній мірі заповненої барабана млина. Впровадженню звукометричних пристроїв, контролюючих заповнену барабана, тривалий час заважала відсутність достатніх даних, що характеризують шуми млина і технологічних об'єктів, що оточують її. Нині встановлено, що звукометричні перетворювачі заповненої барабана мають виборчу чутливість.

Якщо розмістити зблизька мікрофон, то можна виявити, що в діапазоні частот від 0 до 1 000 Гц на амплітуду звукових коливань дуже сильно впливають шуми сусідніх агрегатів і шум редуктора млина. У діапазоні частот 4 000 Гц і більше вплив шумів сусідніх агрегатів знижується, але різко знижується загальна чутливість звукометричного перетворювача. У проміжному ж діапазоні частот 2 000...2 500 Гц є частоти, що дозволяють з найменшою погрішністю судити про міру заповненої барабана млина. Компонувальні варіанти звукометричних

перетворювачів дуже різноманітні. Проте, в усіх випадках функції первинного перетворювача - датчика виконує мікрофон, що встановлюється або у бічної поверхні барабана проти області падіння тіл, або у розвантажувальній горловини. Для зменшення впливу сторонніх шумів мікрофон робиться спрямованим. Один із способів забезпечення спрямованості полягає в розміщенні мікрофону в камері, передня стінка якої, звернена до млина, складається з двох-трьох перегородок з отворами. В результаті шуми, що поступають ззаду і збоку, проникаючи в камеру до мікрофону, різко втрачають свою інтенсивність. Робочі ж шуми млина знижуються в значно меншому ступені.

Вторинним перетворювачем є, як правило, електронний підсилювач, налаштований на певну вузьку область частот ЕРС мікрофону. Оскільки навіть в спектрі частот робочого шуму міститься велика кількість випадкових сигналів, потрібне ретельне настроювання вторинного перетворювача від цих перешкод. Тому вихідний сигнал електронного підсилювача повинен спочатку поступати в інерційну ланку, фільтру, що грає роль. Вибравши необхідну постійну часу, можна забезпечити різну міру згладжування вихідного сигналу. Перетворення електронним підсилювачем ЕРС мікрофону у вигляді посиленої і згладженої ЕРС постійного струму подається на автоматичний потенціометр.

### **1.3.3.2 Контроль середньої потужності приводного двигуна млина**

Перспективним напрямом для інтенсифікації процесу подрібнення є використання змінної складовою сигналу активної потужності, споживаного приводним двигуном млина. Вимірювальний пристрій контролює миттєве значення корисної потужності, а перетворювачі за допомогою вузькосмугових фільтрів виділяють вузькі смуги частот зі змінної складової сигналу. Спектральна щільність змінної складової містить дещо явно виражених піків в діапазоні частот. Інтегральна амплітуда піків у вказаних діапазонах частот характеризує частоту обертання барабана, першу і третю гармоніки коливань малорухомої центральної частини внутрішньомлинового заповнення, власні коливання електромеханічної системи барабан млина - синхронний привід, а

також амплітуду коливань електромеханічної системи, з якою ліфтери входять в рудне навантаження.

У таких САР величину внутрішньомлинового заповнення оцінюють за значенням активній потужності  $P$  за допомогою статичної характеристики  $P=f(\varphi)$ . Схема цієї системи стабілізації приведена на рис. 1.5.

Вимірювальне облаштування ІУ контролює значення активної потужності. Сигнал поступає на вхід перетворювача і потім на те, що регулює облаштувань  $P$ . При зміні активної потужності,  $P$  відхиляється від заданого, внаслідок чого виконавчий механізм ІМ змінює положення регулюючого органу 2 (живильника), що призводить до зміни витрати матеріалу з бункера 1 на конвеєр 3, тобто до зміни  $Q$  (витрата руди).

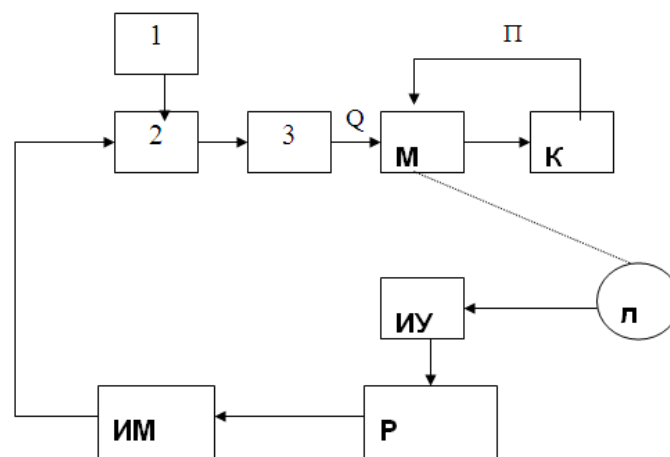


Рисунок 1.5 – Схема стабілізації заповнення млинів за значенням активній потужності  $P = \text{const}$

Недолік: в даних САР коливання гранулометричного складу початкового живлення призводить до значних змін продуктивності млинів по знову освіченому готовому продукту.

### 1.3.3.3 Контроль величини тиску в опорних підшипниках млина

Для управління процесом мокрого самозмельчення використовують спосіб, заснований на контролі міри внутрішньомлинового заповнення по тиску олії в опорних підшипниках барабана млина. Переваги цього способу полягають в простоті, відсутності електричних перешкод, що мають місце в сигналі

активної потужності. Проте, як і розглянуті вище САР при коливаннях великості початкової руди ця система не може забезпечити стабільних показників процесу мокрого самозмельчення.

#### **1.3.3.4 Радіоізотопний спосіб контролю заповнення**

При автоматизації виробничих процесів найбільш широке застосування знайшли радіоізотопні релейні прилади (РРП). Принцип дії РРП заснований на стрибкоподібній зміні вихідного стану приладу при деякому, визначеному параметрами приладу, зміні потоку іонізуючого випромінювання на вході. РРП використовують для контролю наявності або відсутності матеріалу на об'єкті, позиційного контролю рівня рідких і сипких матеріалів; рахунки однорідних предметів; контролю розділу двох середовищ; безконтактного блокування руху і зупинки механізмів; дозування рідких і сипких матеріалів; контролю забивання тічок і жолобів.

Радіоізотопні щільноміри призначені для безконтактного безперервного виміру щільності рідких середовищ і пульпи, суспензій, розчинів і інших. Принцип дії щільномірів заснований на залежності міри послаблення потоку іонізуючого випромінювання від щільності або об'ємної маси контрольованого матеріалу.

У автоматичному регулюванні подрібнення руди при збагаченні дуже поширений метод радіоізотопного контролю заповнення. Традиційним методом регулювання необхідного гранулометричного складу продуктів мокрого подрібнення є регулювання щільності зливу млина або класифікуючого апарату, поданням додаткової води. Враховуючи конструктивні особливості транспортних комунікацій пульпи - трубопроводи, жолоби, безконтактний радіоізотопний метод виміру щільності тут не має альтернативи.

Іншим важливим застосуванням радіоізотопної техніки в контролі процесів подрібнення є визначення об'ємного заповнення млинів матеріалом по мірі відображення гамма-випромінювання від матеріалу в млині. Цей метод дозволяє визначати об'ємне заповнення млинів самоподрібнення

(напівсамоподріблення) з точністю до 5 % і надійно визначати передаварійні режими перевантаження кульових млинів.

Основний недолік цього методу і відповідно використання цих радіоізотопних приладів - можливі негативні екологічні наслідки від неправильної експлуатації і безгосподарного відношення до джерела радіоактивного випромінювання.

### **1.3.3.5 Система безперервного контролю завантаження**

Система безперервного контролю завантаження (Continuous Charge Monitor, CCM) створена для збільшення ефективності роботи млинів, за рахунок виміру в масштабі реального часу об'єму завантаження і динамічного кута укусу. Наявність таких даних і їх аналіз дають яснішу картину завантаження млина і дозволяють краще регулювати живлення млина і робочі умови, що призводить до потенційно більш високої продуктивності і / або тоншого помелу.

Робоче середовище кульового млина також є прекрасним об'єктом для застосування CCM. Безперервний контроль рівня куль, що мелють, дозволяє безперервно управляти поповненням сталевого середовища, що дробить, - що дає можливість оптимально використати потужність млина і оптимально здійснювати подрібнення матеріалу.

Багато хто вважає, що CCM є однією з самих новаторських розробок в області приладів контролю для індустрії збагачення корисних копалини. Проста за задумом і нескладна в здійсненні, система дає виключно корисну інформацію про протікання процесу, необхідну для оптимізації роботи млина і управління. Система побудована з матеріалів, вживаних в ракетобудуванні, гарантуючих її надійну роботу в умовах найагресивніших середовищ.

У CCM використовується вбудований тензометричний датчик для виміру деформації гумового ліфтера, коли під час обертання млина він проходить через її вміст. Ця деформація пов'язана як з об'ємом завантаження, так і з кутом укусу завантаження млина.

Система CCM сприятливо впливає, як на механічні, так і на експлуатаційні характеристики млинів. За рахунок контролю руху пульпи в масштабі реального



часу, система ССМ дає яснішу картину завантаження млина і дозволяє ефективніше регулювати живлення млина і умови її роботи. ССМ сприяє:

- зниженню міри руйнування сталевих тіл, що мелють, і зносу футерування/ліфтерів;
- визначенню максимального кута укосу при каскадному падінні матеріалу і об'єму завантаження млина;
- запобіганню передчасному відцентровому віджиманню матеріалу завантаження і забивання ліфтерів;
- оптимізації характеристик млина за рахунок збільшення пропускної спроможності або поліпшення подрібнення зерен.

#### **1.4 Структура системи управління**

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

Згідно з завданням та розробленим апаратним забезпеченням підсистеми до контуру управління швидкістю конвеєра входять об'єкт управління в якості котрого виступає електромеханічна частина конвеєра, датчик швидкості стрічки конвеєра, пристрій управління, в якості котрого виступає програмований логічний контролер та електропривід конвеєра.

Візуалізація процесу управління відбувається за допомогою персонального комп'ютера з SCADA системою.

#### **1.5 Висновки по розділу**

Система автоматизації повинна забезпечувати безперебійну роботу усього технологічного ланцюжка подрібнення і класифікації(конвеєрів, млина, класифікатора), а автоматичне управління конвеєрної установки - контроль подання руди в стержневий млин.

Для проведення дослідження потрібні вихідні дані параметрів системи. Необхідно сформулювати вимоги до системи, скласти математичний опис окремих елементів системи, розробити математичну модель системи і досліджувати її різними методами для отримання найкращих параметрів, розробити апаратну частину і програмне забезпечення.

## 2 РОЗРОБКА АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

### 2.1 Розробка структурної схеми системи управління

Виходячи з вимог, розробляється автоматизована система управління подання руди в стержневий млин МСЦ 1500 x 3000 (СМ6002А) для мокрого подрібнення матеріалів середньої твердості.

Стержневі млини застосовуються при подрібненні матеріалу (зазвичай руди), крупність частинок якого становить 13,2+3,2 мм.

Система управління повинна забезпечувати її завантаження на оптимальному рівні, що може бути досягнуто тільки за наявності інформації про дійсну масу її завантаження (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 - Стержневий млин СМ6002А

Технічні характеристики млина приведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 - Технічні характеристики млина СМ6002А

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип млина	МСЦ
2	Індекс млина	СМ6002А
3	Номинальний об'єм барабана, м <sup>3</sup>	4,2
4	Внутрішній діаметр барабана(без футерування), мм	1 500
5	Довжина барабана(без футерування), мм	3 100
6	Номинальна частота обертання барабана, про/мін	25
7	Продуктивність при помелі руди, т/г	10 ÷ 18
8	Маса млина (без тіл, що мелють), т	21
9	Маса тіл, що мелють, т	10,5
10	Потужність електродвигуна, кВт	90
11	Частота обертання електродвигуна, об/хв	1 480
12	Передатне число редуктора	12,5

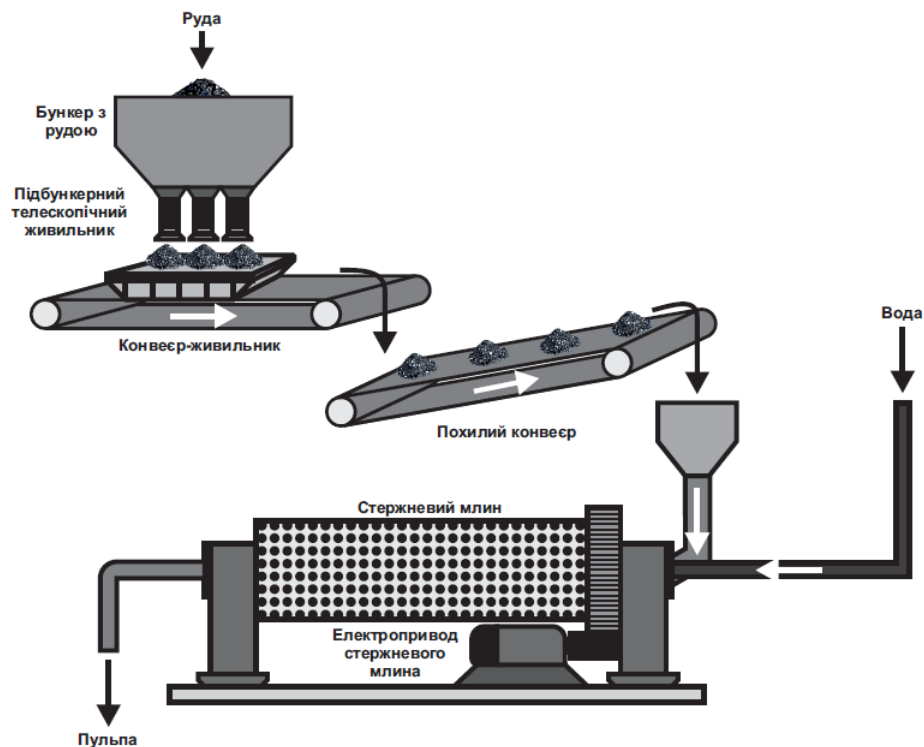


Рисунок 2.2 - Технологічний процес завантаження стержневого млина

Аналіз існуючих рішень показав, що ефективним способом визначення завантаження млина сухого подрібнення є вимір маси сировини, що поступає в неї, і маси сировини, що виходить з неї. Це рішення не може бути використане на млинах мокрого подрібнення, оскільки на виході з них виходить пульпа, що утворюється в результаті змішування води, що подається в млин, і подрібненої сировини. Отже, для визначення маси сировини, що виходить з млина, необхідно контролювати об'єм води, що подається в млин, об'єм пульпи, що виходить з млина, а так само щільність пульпи. Структура системи приведена на рис. 2.4.

Виходячи з вимог до системи, а так само запропонованої структури для виміру маси руди що поступає в стержневий млин на конвеєр необхідно встановити ваги. Ваги повинні виконувати зважування в реальному часі, контролювати швидкість конвеєрної стрічки і мати один із загальнопромислових інтерфейсів.

Вхідними параметрами об'єкту управління є сигнали управління швидкості конвеєра подачі. Вихідними параметрами об'єкту управління є витрати води, витрати пульпи, щільність пульпи, вага матеріалу на конвеєрі та його швидкість.

Виходячи з цього, підсистема управління повинна включати датчики витрати води, витрати пульпи, щільність пульпи, маси матеріалу на конвеєрі та його швидкість, пристрій управління, пристрій управління швидкістю конвеєра, та модуль під'єднання до загально промислової мережі (рис. 2.3).

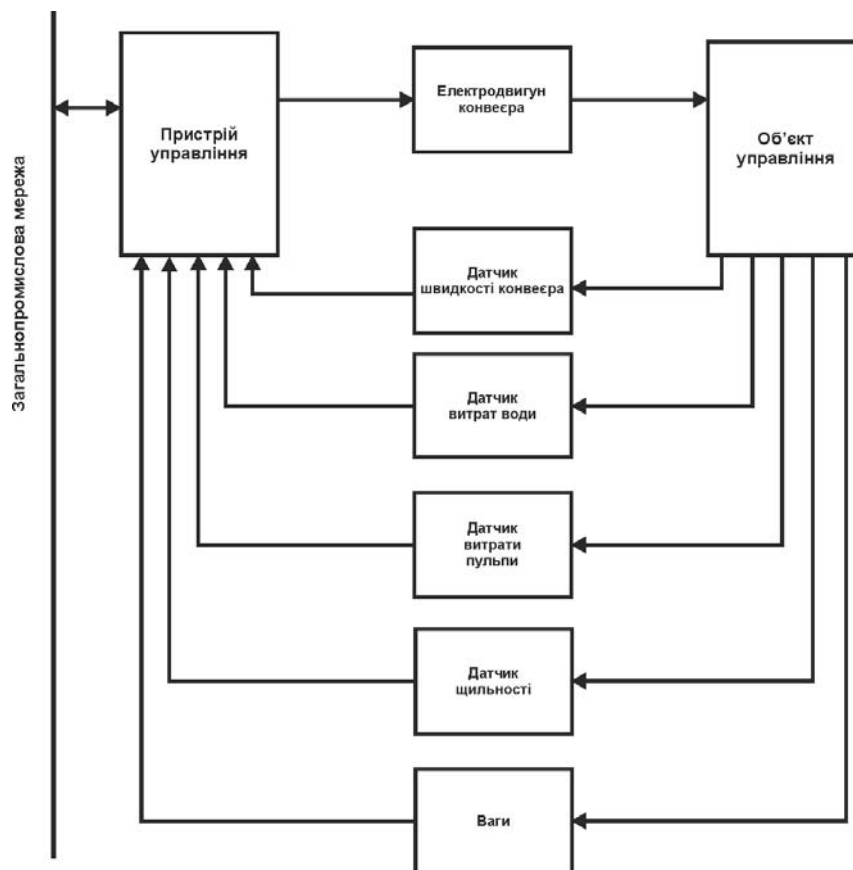


Рисунок 2.3 – Структурна схема підсистеми управління

## 2.2 Розробка структурної схеми інформаційних потоків

Крім того система повинна забезпечувати візуалізацію і контроль функціонування заповнення млина, тому вона повинна включати підсистему інформаційного забезпечення роботи оператора. Ця підсистема включає реєстрацію параметрів процесів, людино-машинний інтерфейс і сигналізацію досягнення параметрами управління заданих значень. Так само система повинна забезпечувати архівацію протікаючих технологічних процесів, тому в ній має бути присутньою підсистема ведення архівів параметрів і подій, що включає базу даних і резервне сховище.

З урахуванням перерахованих вимог функціональна структура системи має вигляд, приведений на рис. 2.4.

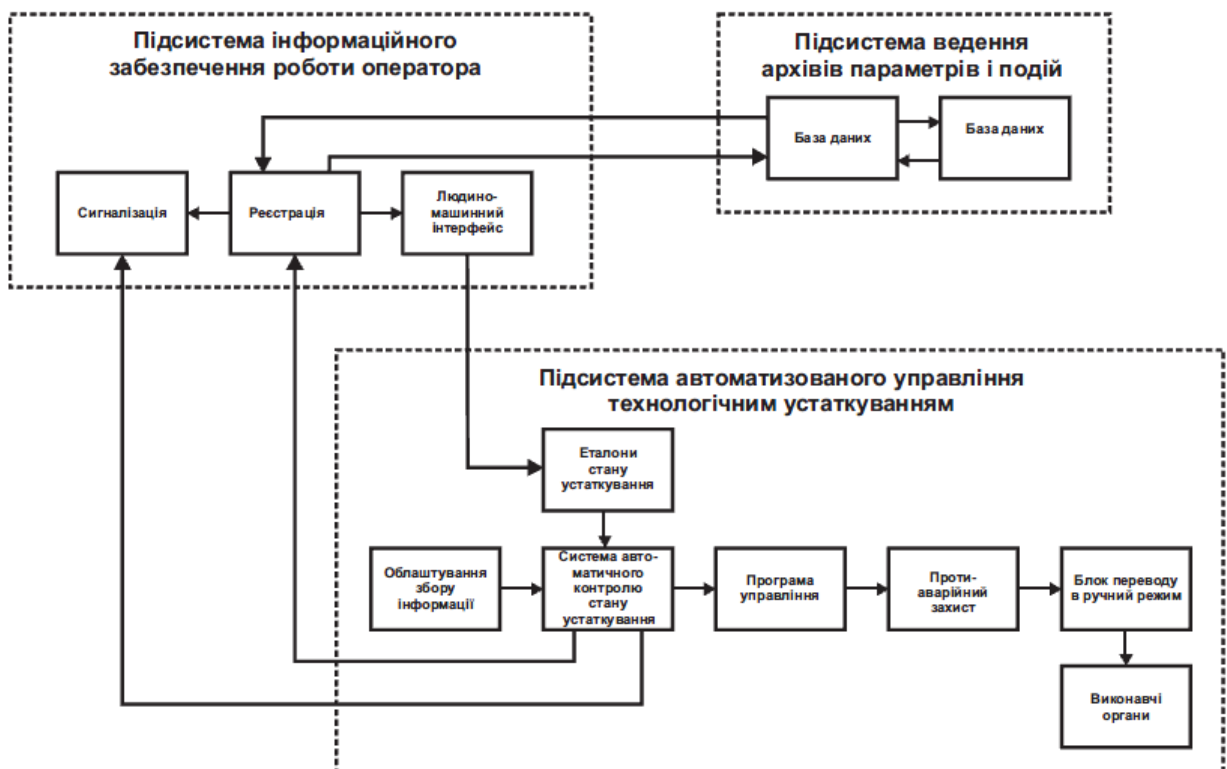


Рисунок 2.4 - Функціональна структурна схема

Така структура системи забезпечує управління, збір інформації, її реєстрацію, візуалізацію, збереження у базі даних і створення резервних копій. Крім того забезпечується контроль, за устаткуванням і сигналізація досягнення параметрами управління заданих значень.

### 2.3 Вибір апаратного забезпечення системи управління

Для забезпечення найбільш ефективної побудови блоку управління необхідно вибрати елементну базу для створення програмного пристрою (контролера), що забезпечує логіку управління стрижневим млином і інформаційного (послідовного) каналу зв'язку, що забезпечує організацію єдиної інформаційної мережі для управління технологічним процесом виробництва.

Для полегшення розуміння роботи системи управління на рис. 2.5 наглядно показано розташування датчиків та виконавчих пристроїв системи управління.

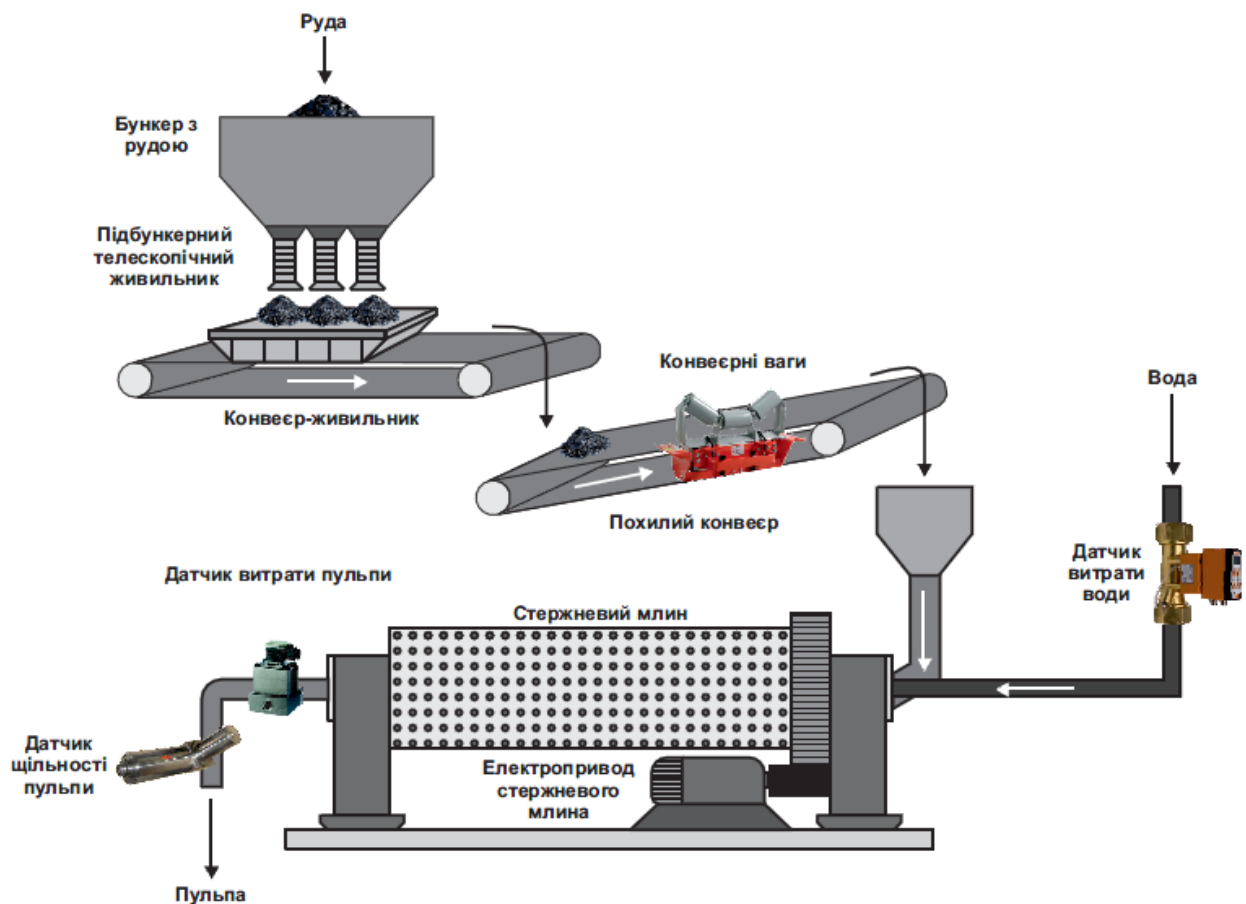


Рисунок 2.5 – Розташування датчиків та виконавчих пристроїв системи управління

Відповідно до вимог система управління взаємодіє з об'єктом управління, тому в ній необхідно передбачити підсистему управління технологічним устаткуванням, до складу якої треба включити облаштування збору інформації



(датчики), еталони і стани устаткування (обмеження), систему контролю стану устаткування, програму управління завантаженням стержневого млина, протиаварійний захист, блок переключу в ручний режим управління і виконавчі органи.

### 2.3.1 Вибір датчиків

Ваги безперервної дії конвеєрні автоматичні ВНКА призначені для зважування вугілля, руди і інших матеріалів, а так само RS, що мають, – 485 інтерфейс (рис. 2.6).

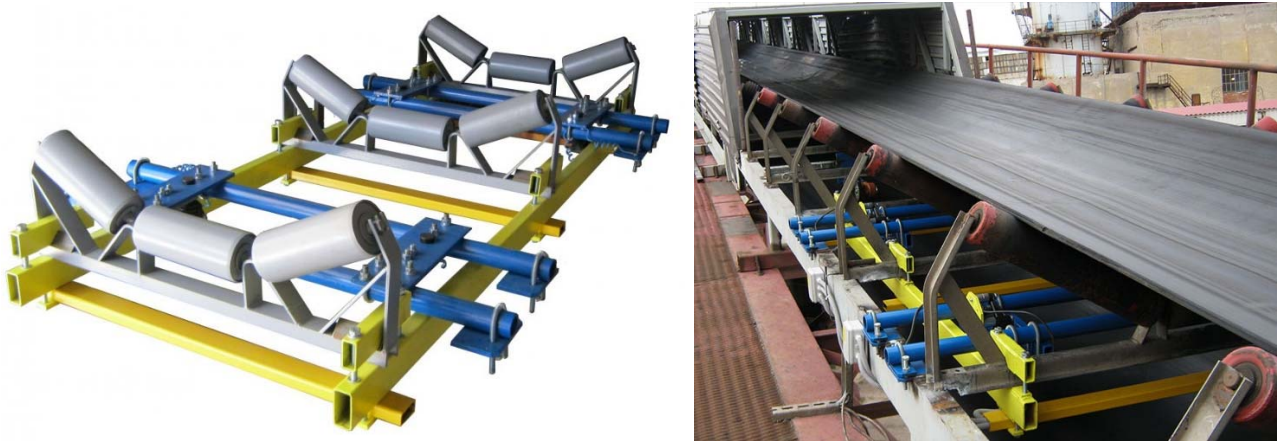


Рисунок 2.6 - Конвеєрні ваги ВНКА

Технічні характеристики ваг безперервної дії конвеєрних автоматичних ВНКА приведені в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 - Технічні характеристики конвеєрних ваг ВНКА

№	Найменування параметра	Значення
1	Межа погрішності, %	$\pm 0,5 \div 2,0$
2	Максимальна швидкість стрічки конвеєра, м/с	5
3	Максимальна насипна щільність матеріалу, т/м <sup>3</sup>	5
4	Найменша прибудова зважування матеріалу впродовж 1 години	0,1 від маси
5	Відстань від грузопримального пристрою до вагомірного приладу, м	не більше 100
6	Діапазон робочих температур, °	$-30 \div +40$
7	Середній термін служби, років	10
8	Інтерфейс	RS – 485/422
9	Напруга живлення, В	3 фазне, $\sim 380$ В



Для контролю швидкості конвеєра необхідно використати імпульсний датчик швидкості компанії МЕТРА М4207 призначений для використання у складі конвеєрних дозаторів, датчик працює при швидкостях від 2 мм/с і видає 18 імпульсів на оберт (рис. 2.7).



Рисунок 2.7 - Імпульсний датчик швидкості МЕТРА М4207

Технічні характеристики датчика швидкості приведені в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 - Технічні характеристики датчика МЕТРА М4207

№	Найменування параметра	Значення
1	Діаметр вимірювального колеса, мм	160
2	Кількість імпульсів на 1 оборот колеса, штук	18
3	Довжина сполучного кабелю, м	не більше 100
4	Напруга живлення постійного струму, В	9 ÷ 24
5	Споживана потужність, Вт	не більше 1
6	Маса, кг	2
7	Середній термін служби, років	не менше 10

Відповідно до технічних характеристик, витрата води в млині складає від 50 до 90 л/хв. Отже, датчик витрати води повинен забезпечувати вимір в діапазоні від 20 до 100 л/хв, а так само мати стандартний аналоговий вихід. Цим вимогам задовольняє витратомір компанії Kobold RCD – 1141GC34N – С з діапазоном виміру від 20 до 140 л/мін і аналоговим виходом 4...20 мА (рис. 2.8).

Технічні характеристики датчика витрати води приведені в табл. 2.4.



Рисунок 2.8 - Датчик витрати води Kobold RCD – 1141GC34N – С

Таблиця 2.4 - Технічні характеристики датчика витрати води

№	Найменування параметра	Значення
1	Діапазон виміру, л/мін	20 ÷ 140
2	Діаметр труби, мм	33,5
3	Різьблення	N9, 2"
4	Тип індикатора	Електронний
5	Тип аналогового виходу	4 ÷ 20 мА
6	Тип дискретного виходу	NPN
7	Калібрування	по воді
8	Напруга живлення, В	24
9	Максимальний споживаний струм, мА	80

Відповідно до технічних характеристик, витрата пульпи в млині складає від 150 до 300 л/хв. Отже, датчик витрати повинен забезпечувати вимір в діапазоні від 100 до 350 л/хв, працювати з рідиною в'язкістю 500 мм<sup>2</sup>/с і мати стандартний аналоговий вихід. Цим вимогам задовольняє витратомір компанії Kobold DZR–3006F017 з діапазоном виміру від 2 до 600 л/хв і аналоговим виходом 4...20 мА (рис. 2.9).



Рисунок 2.9 - Датчик витрати пульпи Kobold DZR - 3006F017

Технічні характеристики датчика витрати пульпи приведені в табл. 2.5.

Таблиця 2.5 - Технічні характеристики датчика витрати пульпи

№	Найменування параметра	Значення
1	Діапазон виміру, л/мін	2 ÷ 600
2	Максимальний розмір частки, мкм	50
3	Фланцеве кріплення	Є
4	Тип аналогового виходу	4 ÷ 20 мА
5	Тип дискретного виходу	NPN
6	Напруга живлення, В	24
7	Максимальний споживаний струм, мА	120

Для виміру щільності пульпи стандартним рішенням є використання радіоізотопного щільноміра. Його основні переваги - безконтактність, точність і надійність. У зв'язку з обмеженнями на переміщення радіоактивних компонентів датчик повинен робитися на території України. Крім того датчик повинен мати один із стандартних аналогових виходів. Цим вимогам задовольняє датчик, що виробляється в м. Харкові компанією ТОВ «НПП ТЕТРА» ПРИЗ-Т (рис. 2.10).



Рисунок 2.10 - Радіоізотопний щільномір ПРИЗ–Т

Технічні характеристики щільноміра ПРИЗ–Т приведені в табл. 2.6.

Таблиця 2.6 - Технічні характеристики щільноміра ПРИЗ–Т

№	Найменування параметра	Значення
1	Щільність рідин, кг/м <sup>3</sup>	0 ÷ 3000
2	Абсолютна погрішність, кг/м <sup>3</sup>	±0,02
3	Частота вимірів, Гц	1000
4	Нестабільність свідчень при добовій і більше роботі	0,5 погрішності
5	Час виходу на робочий режим, мін	30
6	Аналоговий вихід, мА	0 ÷ 20
7	Аналоговий вихід, мА	4 ÷ 20
8	Аналоговий вихід, В	0 ÷ 5
9	Послідовний інтерфейс	RS – 485/RS – 422
10	Напруга живлення, В	~187 ÷ 242 В

### 2.3.2 Вибір виконавчих пристроїв

Відповідно до вимог система, що розробляється, повинна управляти завантаженням млина шляхом зміни швидкості конвеєра. Як привід конвеєра використовується асинхронний трифазний електродвигун потужністю 22 кВт. Для управління швидкістю обертання асинхронних трифазних двигунів використовуються частотні перетворювачі. Виходячи з вимог, для управління швидкістю конвеєра, вибраний частотний перетворювач компанії Lenze 8200 E82EV223K4B201, потужністю 22 кВт, що живиться від трифазної мережі ~380 В (рис. 2.11).

Технічні характеристики частотного перетворювача Lenze 8200 E82EV223K4B201 приведені в табл. 2.7.



Рисунок 2.11 - Частотний перетворювач Lenze 8200 E82EV223K4B201

Таблиця 2.7 - Технічні характеристики Lenze 8200 E82EV223K4B201

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

На підставі вибраного устаткування розроблений перелік вхідних і вихідних сигналів системи управління приведений в табл. 2.8.

Таблиця 2.8 - Перелік вхідних і вихідних сигналів

№ з/п	Найменування інформації (сигнали, дані)	Ідентифікатори	Напр. вх./вих.	Функція	Вид	Джерело/Одержувач	Форма представлення (розрядність, точність)		Період вв./вих., сік
							Зовнішня	Внутрішня	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Швидкість конвеєра	1-1	Вихід.	Управл.	Аналоговий	ПЛК / ЧП E82EV223K4B201	0÷5 В	10 біт	0,1
2	Робота конвеєра	2-1	Вихід.	Управл.	Дискретний	ПЛК / ЧП E82EV223K4B201	24 В	1 біт	0,1
3	Напрямок конвеєра	3-1	Вихід.	Управл.	Дискретний	ПЛК / ЧП E82EV223K4B201	24 В	1 біт	0,1
4	Вага руди	4-1	Вхід.	Контроль	Дискретний	ВНКА / ПЛК		32 біт	0,01
5	Витрата води	5-1	Вхід.	Контроль	Аналоговий	RCD - 1141GC34N С / ПЛК	4÷20 мА	10 біт	0,01
6	Витрата пульпи	6-1	Вхід.	Контроль	Аналоговий	DZR - 3006F017 / ПЛК	4÷20 мА	10 біт	0,01
7	Щільність пульпи	7-1	Вхід.	Контроль	Аналоговий	ПРИЗ-Т / ПЛК	4÷20 мА	10 біт	0,01

### 2.3.3 Вибір пристроїв управління

Відповідно до вимог до системи робочий цикл програмованого логічного контролера повинен тривати не більше 10 мс, для забезпечення реєстрації ваги руди, витрати води, витрати пульпи і щільності пульпи. Крім того контролер повинен мати 1 аналоговий вихід, 2 дискретні виходи, 3 аналогові входи і інтерфейс RS – 485 або PtP.

Цим вимогам задовольняє програмований логічний контролер компанії VIPA 314 – 6CF02 що забезпечує час робочого циклу 1 мс і об'єм пам'яті програм 2 048 кбайт і об'єм робочої пам'яті 512 кбайт (рис. 2.12), що має.

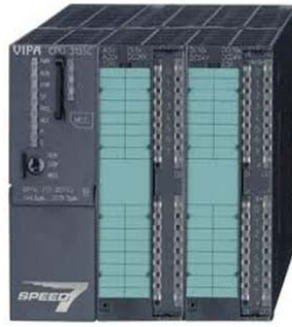


Рисунок 2.12 - ПЛК VIPA 314-6CF02

В якості джерела живлення для контролера вибраний блок живлення компанії VIPA PS 307 – 1BA00 з вихідною напругою 24 В і максимальною здатністю навантаження 2,5 А.

В якості джерела живлення для розв'язаних входів і виходів контролера, а так само датчиків і виконавчих механізмів вибраний блок живлення SPD 2460 з вихідною напругою 24 В і максимальною здатністю навантаження 2,5 А.

#### **2.4 Розробка функціональної схеми автоматизації**

На підставі вимог до системи автоматизованого управління завантаженням стержневого млина і вибраного апаратного забезпечення розроблена функціональна схема автоматизації, приведена на рис. 2.13.

Налаштування параметрів роботи системи управління виконується за допомогою людино-машинного інтерфейсу UYR (панель оператора). Налаштування від панелі оператора передаються контролеру UY (контролер, VIPA 314\_6CF02) за допомогою інтерфейсу Ethernet.

Програмований логічний контролер отримує від перетворювача WE 4\_3 (проміжний перетворювач маси, ВНКА) поточна вага руди на погонний метр, від перетворювача FT 5\_2 (проміжний перетворювач витрати, RCD\_1141GC34N\_C) поточне значення витрати води, від перетворювача FT 6\_2 (DZR 3006F017) поточне значення витрати пульпи і від перетворювача DT 7\_3 (проміжний перетворювач щільності, ПРИЗ\_T) поточне значення щільності пульпи. На підставі отриманих значень, а так само значень отриманих на попередніх циклах програмований логічний контролер визначає поточну вагу завантаження стержневого млина.

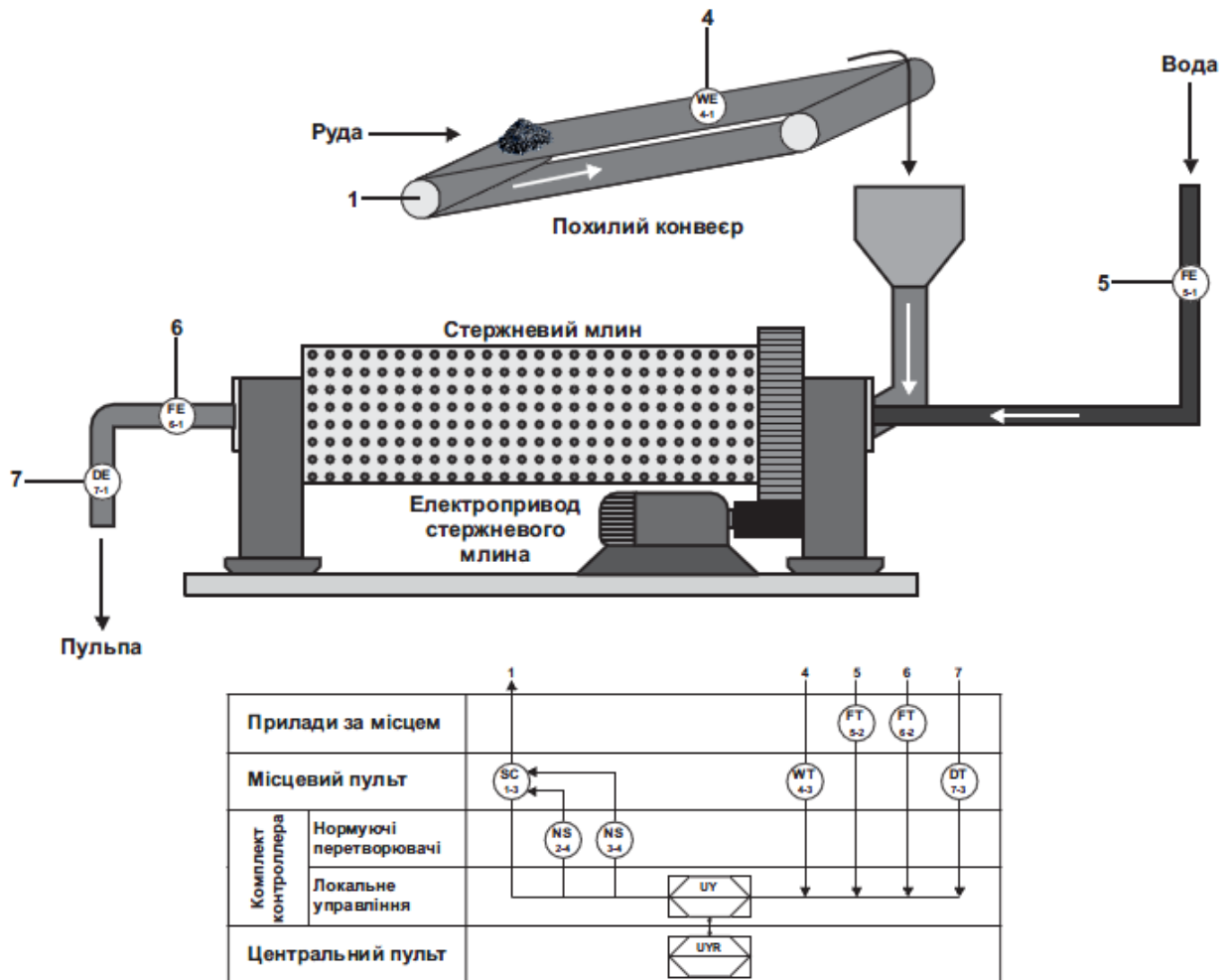


Рисунок 2.13 - Функціональна схема автоматизації

Далі ПІД регулятор той, що реалізується програмою контролера розраховує значення дії, що управляє, що відповідає швидкості конвеєра. Після чого контролер задає отримане значення швидкості частотному перетворювачу SC 1\_3 (регулятор швидкості, E82EV223K4B201), який у свою чергу управляє двигуном конвеєра.

Розраховані значення, а так само поточні стани датчиків і виконавчих механізмів програмований логічний контролер передає на панель оператора, яка візуалізує їх за допомогою людино-машинного інтерфейсу.

## 2.5 Розробка схеми електричної принципової

На основі функціональної схеми автоматизації і вибраного апаратного забезпечення розроблена схема електрична принципова системи



автоматизованої управління завантаженням стержневого млина приведена на рис. 2.14.

У системі використовуються два незалежні джерела живлення, перший для програмованого логічного контролера, а другий для датчиків витрати, щільності і швидкості конвеєра. Панель оператора, частотний перетворювач і конвеєрні ваги живляться безпосередньо від силової мережі. Таким чином, силові, сигнальні і інформаційні ланцюги мають різні джерела живлення і розв'язані між собою, за рахунок вбудованих в них гальванічних розв'язок.

Зв'язок між програмованим логічним контролером і панелью оператора організований за допомогою інтерфейсу Ethernet, а з конвеєрними вагами за допомогою інтерфейсу RS - 485 під'єднань «Point - to - Point» (Точка-точка). В якості майстра інтерфейсу RS - 485 виступає програмований логічний контролер VIPA 314-6CF02.

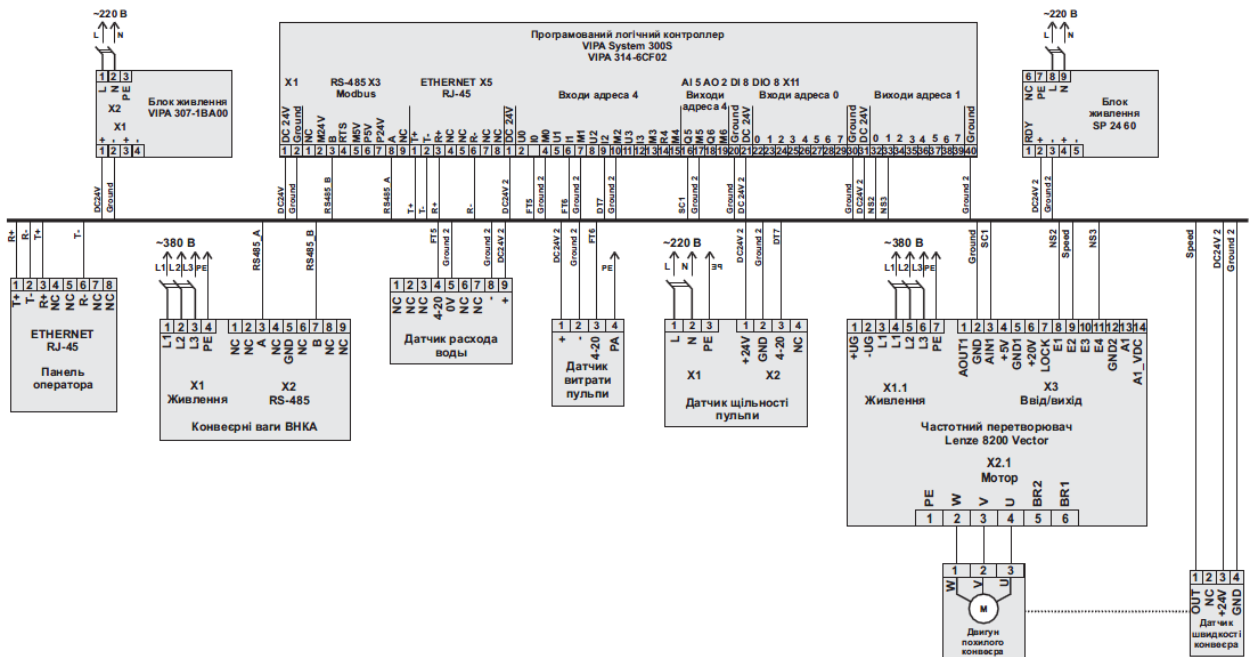


Рисунок 2.14 - Схема електрична принципова

Програмований логічний контролер безпосередньо розташовується біля частотного перетворювача, це пов'язано з використанням для управління їм аналогового сигналу напруги від 0 до 5 В, такі лінії слабо захищені від електромагнітних завад. Датчики ж використовують аналоговий сигнал струму від 4 до 20 мА, такі лінії можуть досягати декількох сотень метрів, і не схильні

до електромагнітних завад. Нижня межа для значення вимірюваної величини в цих лініях визначається рівнем струму рівним 4 мА, у випадку ушкодження лінії струм стає рівним 0 мА, а програмований логічний контролер реєструє обрив датчика.

## **2.6 Висновки по розділу**

В ході виконання кваліфікаційної роботи була розроблена: система автоматичного управління завантаження руди в стержневий млин.

Відповідно до вимог детально розроблена підсистема управління технологічним устаткуванням.

Для підсистеми управління технологічним устаткуванням була розроблена функціональна, структурна, електрична і схема з'єднань.

## 3 ВИЗНАЧЕННЯ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТА УПРАВЛІННЯ

### 3.1 Розробка структурної схеми інформаційних потоків дослідницької системи

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

Згідно з завданням та розробленим апаратним забезпеченням для системи автоматизації завантаженням стержневого млина SM6002A, продуктивністю при помелі руди 10...18 т/г.

Згідно з аналізом роботи стержневого млина, як об'єкта автоматичного керування за завантаженням рудою, треба в першу чергу синтезувати модель похилого конвеєра як об'єкта автоматичного керування, яка залежить від його електромеханічної частини.

Згідно з завданням та розробленим апаратним забезпеченням підсистеми до контуру управління швидкістю конвеєра входять об'єкт управління, в якості котрого, виступає електромеханічна частина конвеєра, датчик швидкості стрічки конвеєра, пристрій управління, в якості котрого виступає програмований логічний контролер та електропривід конвеєра.

Візуалізація процесу управління відбувається за допомогою персонального комп'ютера з SCADA системою.

Для контролю швидкості конвеєра використовується імпульсний датчик швидкості компанії МЕТРА М4207. Датчик працює при швидкостях від 2 мм/с і видає 18 імпульсів на оберт (діаметр вимірювального колеса 160 мм).

Система має управляти завантаженням млина шляхом зміни швидкості конвеєра. Для привіду конвеєра використовується асинхронний трифазний електродвигун АИР 180S4 (Білорусь) потужністю 22 кВт, 1500 об./хв. Для управління швидкістю обертання використовуються частотний перетворювачі, Lenze 8200 E82EV223K4B201, потужністю 22 кВт, що живиться від трифазної

мережі  $\sim 380$  В, частота управляється за допомогою аналогового сигналу 4...20 мА.

Згідно з завданням система управління повинна реалізувати безпечний розгін та підтримку заданої швидкості стрічки (продуктивності млина).

При максимальній швидкості стрічки конвеєра 1,65 м/с завантаження стержневого млина SM6002A при помелі руди складає 18 т/г.

Візуалізація процесу управління відбувається за допомогою персонального комп'ютера з програмним комплексом SCADA-система zenon. Така система дозволяє крім функцій управління виконувати функції дослідження об'єкту для чого достатньо використати дослідницьке програмне забезпечення. Виходячи з цього розроблена структурна схема інформаційних потоків дослідницької системи яка наведена на рис. 3.1.

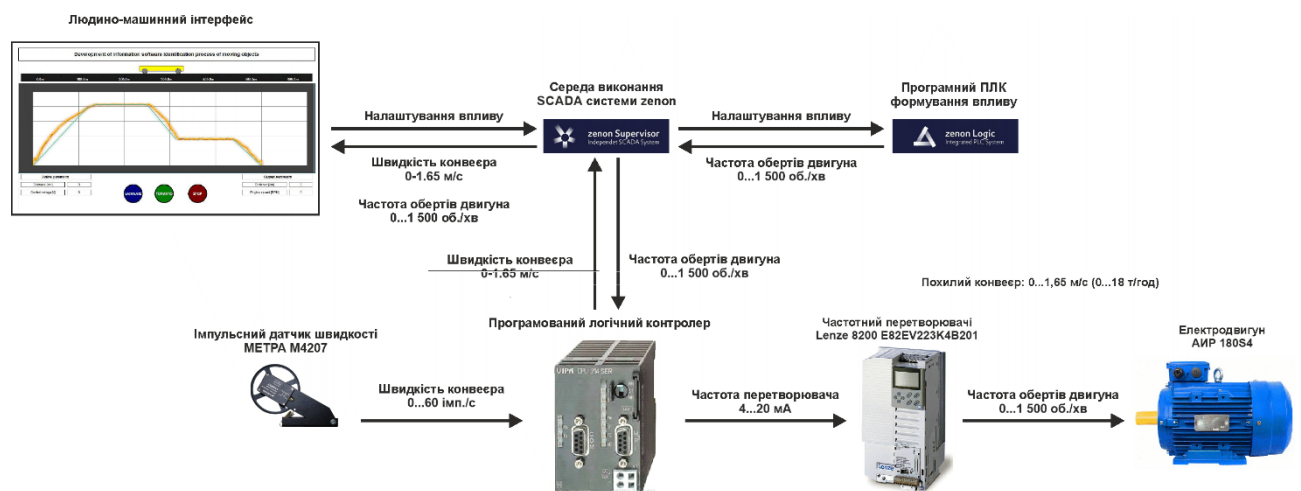


Рисунок 3.1 – Структурна схема інформаційних потоків дослідницької системи

Згідно з структурною схемою система дослідження може формувати керуючий вплив, у якості якого виступає швидкість конвеєра, пропорційна обертам електроприводу у діапазоні 0-1 500 об.<sup>3</sup>/хв. Система може контролювати швидкість стрічки конвеєра, за допомогою датчика швидкості, відповідно у діапазоні 0...60 імп./с ( $1.65 * 18 / (3.14259 * 0.16)$ ). За розгін та підтримку заданого швидкісного режиму відповідає VIPA 214-2BS33.

Зв'язок між програмованим логічним контролером та персональним комп'ютером з програмним комплексом SCADA-система zenon реалізується за допомогою інтерфейсу Ethernet.

### 3.2 Розробка методики дослідження об'єкта управління

Система дослідження дозволяє формування різноманітних керуючих впливів та поданнях їх на виконавчий пристрій. При цьому об'єкт управління накладає ні яких обмежень на керуючий вплив. Виходячи з цього об'єкт управління може бути досліджено за допомогою метода активного експерименту.

Для виконання ідентифікації об'єкта управління необхідно отримати його динамічну, статичну характеристику та перевіірочні данні.

З метою виконання ідентифікації об'єкта управління використовуючи метод активного експерименту необхідно отримати його динамічну характеристику, данні для побудови статичної характеристики, характеристику при П-образному керуючому впливі та перевіірочні данні. Виходячи з цього складено план експерименту:

1. Налаштувати систему дослідження.
2. Отримати динамічну характеристику.
  - 2.1. Привести об'єкт управління до початкових умов, задання частоти обертів двигуна 0 об./хв., відповідно стрічки конвеєра 0 м/с.
  - 2.2. Запустити процес реєстрування.
  - 2.3. Подати у якості керуючого впливу задання частоти обертів двигуна 3 000 об./хв. (100 %) дочекатися досягнення усталеного режиму швидкості стрічки конвеєра.
  - 2.4. Зупинити швидкість двигуна, дочекатися досягнення усталеного режиму швидкості стрічки конвеєра 0 м/с.
  - 2.5. Зупинити процес реєстрації.
3. Отримання даних при П-образному впливі.
  - 3.1 Привести об'єкт управління до початкових умов (дивись п. 2.1).
  - 3.2 Запустити процес реєстрування.
  - 3.3. Задати частоту обертів двигуна 100 % (3 000 об./хв), дочекатися досягнення усталеного режиму.
  - 3.4. Задати частоту обертів двигуна 0 % (0 об./хв), дочекатися досягнення усталеного режиму (дивись п. 2.1).

3.5. Зупинити процес реєстрації.

4. Отримання перевірочних даних.

4.1. Привести об'єкт управління до початкових умов (дивись п. 2.1).

4.2. Налаштувати псевдовипадковий вплив таким чином, щоб період зміни впливу бажано був у п'ять разів менший за час перехідного процесу, а амплітуда впливу змінювалася в дискретно в діапазоні 0...100 % (частота обертів двигуна 0...3 000 об./хв).

4.3. Запустити процес реєстрування.

4.4. Запустити формування псевдовипадкового впливу.

4.5. Виконувати реєстрацію бажано на протязі часу не менш за десяти перехідних процесів.

4.6. Зупинити процес реєстрації.

5. Отримання даних за для побудови статичної характеристики.

5.1. Привести об'єкт управління до початкових умов (дивись п. 2.1).

5.2. Запустити процес реєстрування.

5.3. Подати у якості керуючого впливу завдання частоти обертів двигуна 600 об./хв. (20 %) дочекатися досягнення усталеного режиму швидкості стрічки конвеєра.

5.4. Подати у якості керуючого впливу завдання частоти обертів двигуна 1 200 об./хв. (40 %) дочекатися досягнення усталеного режиму швидкості стрічки конвеєра.

5.5. Подати у якості керуючого впливу завдання частоти обертів двигуна 1 800 об./хв. (60 %) дочекатися досягнення усталеного режиму швидкості стрічки конвеєра.

5.6. Подати у якості керуючого впливу завдання частоти обертів двигуна 2 400 об./хв. (80 %) дочекатися досягнення усталеного режиму швидкості стрічки конвеєра.

5.7. Подати у якості керуючого впливу завдання частоти обертів двигуна 3 000 об./хв. (100 %) дочекатися досягнення усталеного режиму швидкості стрічки конвеєра.

5.8. Зупинити процес реєстрації.

Формування керуючих впливів та реєстрування даних буде виконуватися програмованим логічним контролером з подальшою передачею результатів до програмного комплексу zenon.

### 3.3 Виконання експерименту

Для імітаційної моделі похилого конвеєра за каналом керування «частота обертів електроприводу конвеєра – продуктивність стержневого млина», вихідними даними для проведення ідентифікації об'єкта керування є експериментальні криві розгону, при цьому вхідною величиною є частота обертів електроприводу конвеєра, а вихідною – продуктивність стержневого млина.

Початкові дані по входу і виходу об'єкта керування дорівнюють 0.

На першому етапі проведення експерименту виконано налаштування системи дослідження таким чином, що керуючий вплив може знаходитися дискретно в діапазоні 0...100 % (частота обертів двигуна 0...3 000 м/с), а значення продуктивності млина (за рахунок швидкості конвеєра 0...1,65 м/с) відповідно складатиме 0...18 т/год.

На другому етапі було виконано отримання динамічної характеристики об'єкта управління (рис. 3.2).

Для цього було встановлено завдання на вході об'єкту керування 0 %. Після досягнення усталеного режиму на виході об'єкта керування було встановлено завдання на вході об'єкту керування 100 %. Після досягнення усталеного режиму на виході об'єкта керування експеримент було закінчено.

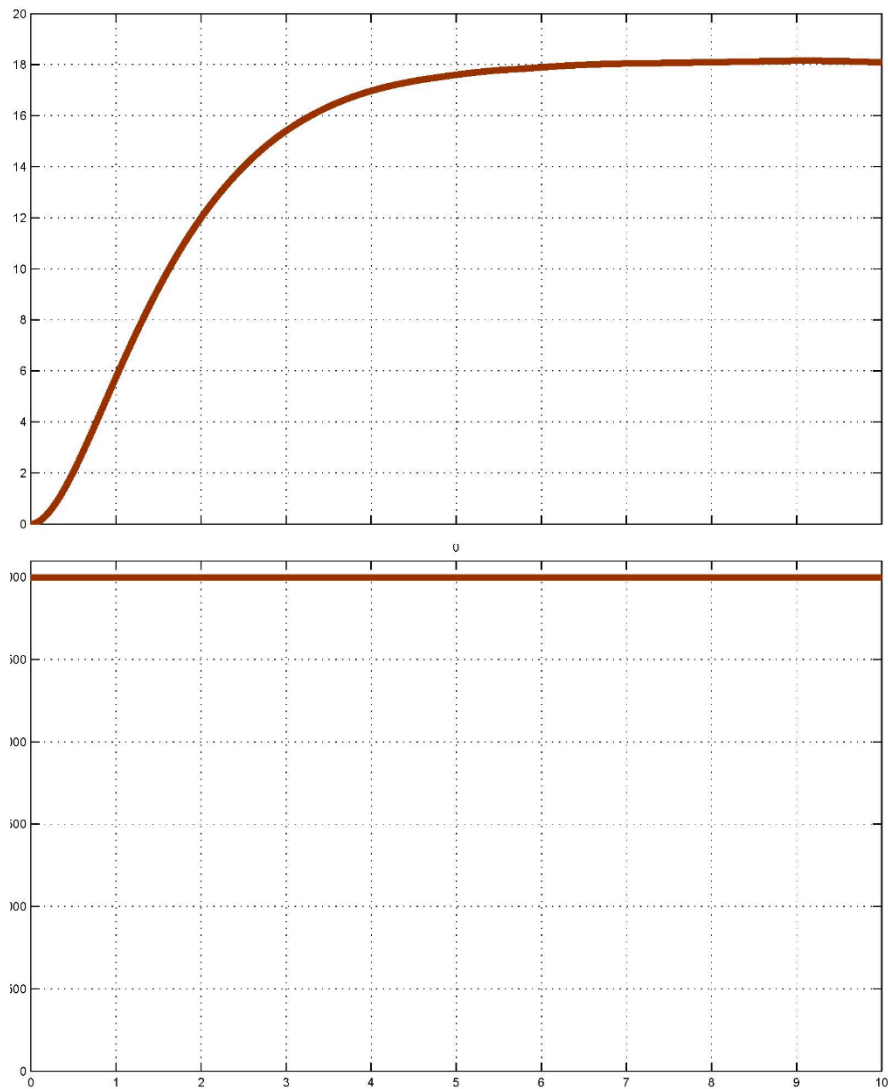


Рисунок 3.2 – Отримання динамічної характеристики

На третьому етапі було виконано отримання даних П-образному керуючому впливі (рис. 3.3) (за відсутністю можливості доступу до реальних даних, та для спрощення моделювання було припущено, що об'єкт управління симетричний).

Для цього встановлено завдання частоти обертів двигуна 0 % (0 об./хв). Після досягнення усталеного режиму завдали частоту обертів двигуна 100 % (3 000 об./хв), дочекалися досягнення усталеного режиму, задали частоту обертів двигуна 0 % (0 об./хв), дочекалися досягнення усталеного режиму. Після досягнення усталеного режиму експеримент було закінчився.



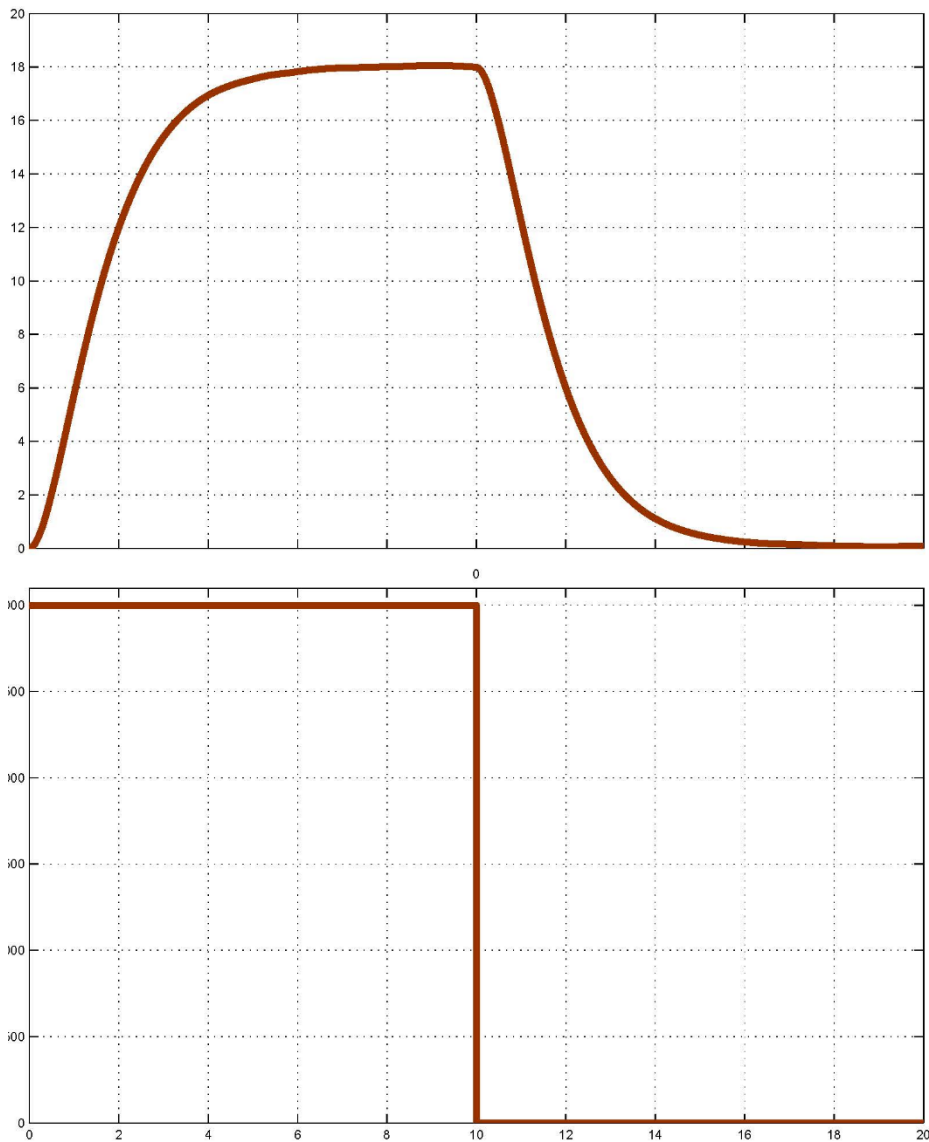


Рисунок 3.3 – Отримання даних при П-образному керуючому впливі

На четвертому етапі було виконано отримання перевірочних даних (рис. 3.4). Для цього період псевдовипадкового дискретного впливу було налаштовано на послідовність з ймовірних обертів двигуна 0...100 % (0...3 000 об./хв) з інтервалом у 0.8 с, а реєстрація відбувалася на протязі 100 с.

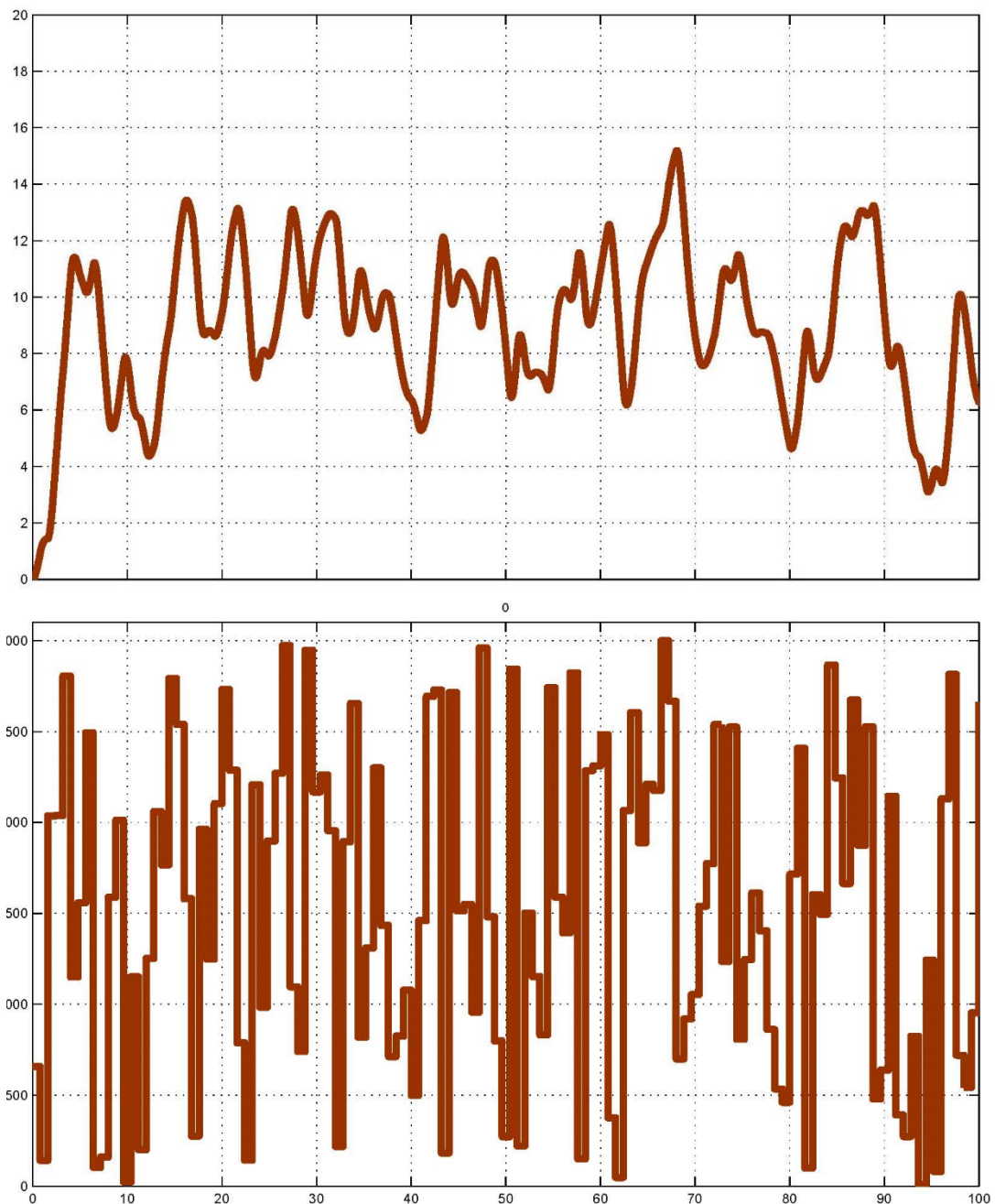


Рисунок 3.4 – Отримання перевірочних даних

На п'ятому етапі було виконано отримання даних для побудови статичної характеристики (рис. 3.5). Алгоритм отримання даних наступний:

- привести об'єкт управління до початкових умов;
- запустити процес реєстрування;
- подати у якості керуючого впливу завдання частоти обертів двигуна 600 об./хв. (20 %) дочекатися досягнення усталеного режиму швидкості стрічки конвеєра;

- подати у якості керуючого впливу завдання частоти обертів двигуна 1 200 об./хв. (40 %) дочекатися досягнення усталеного режиму швидкості стрічки конвеєра;
- подати у якості керуючого впливу завдання частоти обертів двигуна 1 800 об./хв. (60 %) дочекатися досягнення усталеного режиму швидкості стрічки конвеєра;
- подати у якості керуючого впливу завдання частоти обертів двигуна 2 400 об./хв. (80 %) дочекатися досягнення усталеного режиму швидкості стрічки конвеєра;
- подати у якості керуючого впливу завдання частоти обертів двигуна 3 000 об./хв. (100 %) дочекатися досягнення усталеного режиму швидкості стрічки конвеєра;
- зупинити процес реєстрації.

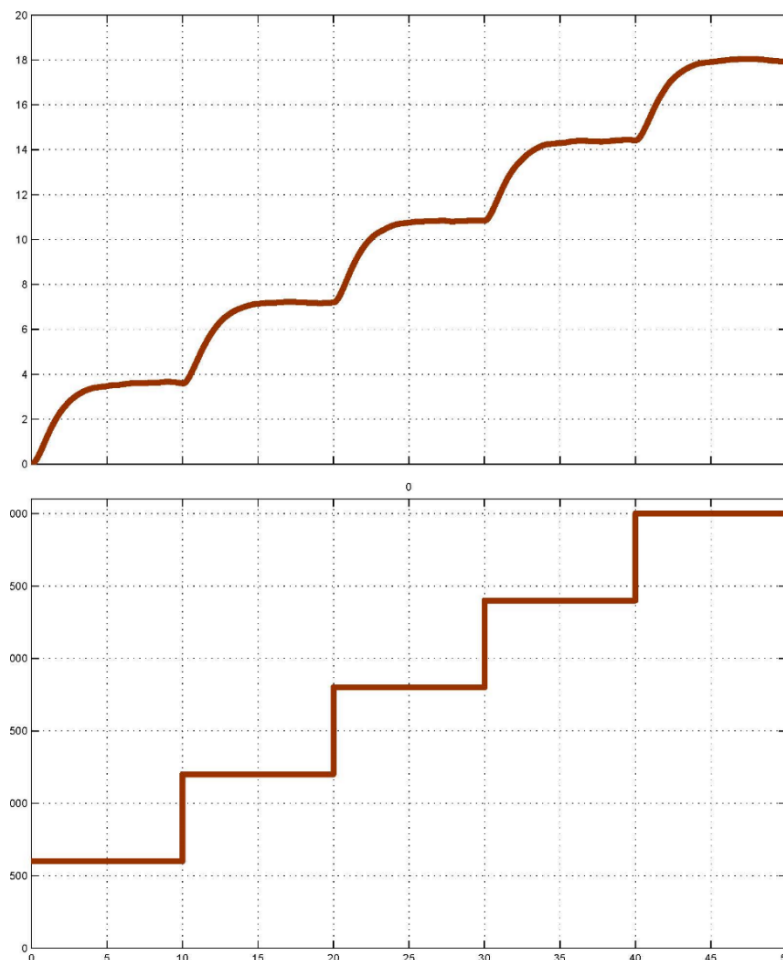


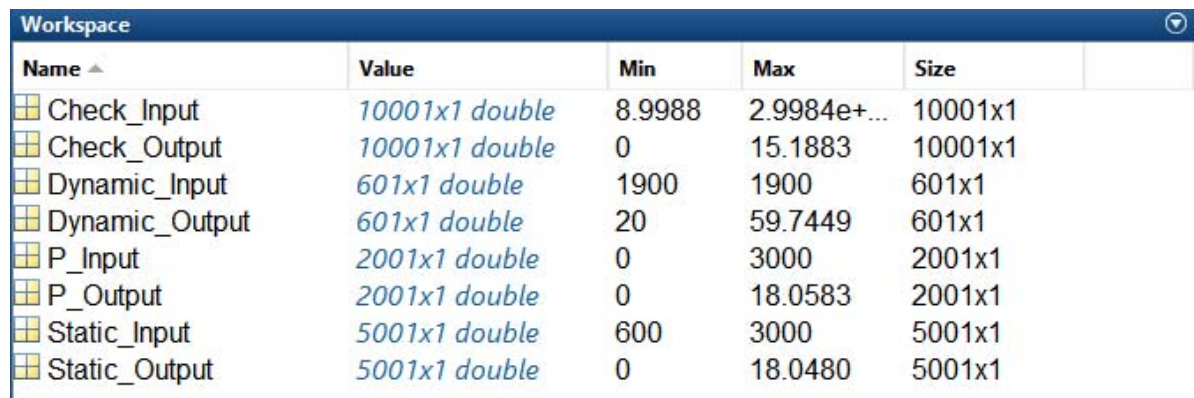
Рисунок 3.5 – Отримання даних для побудови статичної характеристики

У результаті виконання плану експерименту проведено дослідження об'єкта управління та отримані динамічна характеристика, дані при П-образному керуючому впливі, перевіірочні дані та дані статичної характеристики.

### 3.4 Обробка результатів експерименту

#### 3.4.1 Підготовка даних

Дані отримані з програмного пакету SCADA-система zenon у вигляді текстових файлів було імпортовано до математичного пакета MATLAB з метою подальшої обробки (рис. 3.5). Змінні задані даним динамічної характеристики “Dynamic\_Input”, “Dynamic\_Output”, даним для побудови статичної характеристики “Static\_Input”, “Static\_Output”, перевіірочним даним “Check\_Input”, “Check\_Output”. Суфікс “\_Input” позначає керуючі впливи, а суфікс “\_Output” дійсні значення.



Name	Value	Min	Max	Size
Check_Input	10001x1 double	8.9988	2.9984e+...	10001x1
Check_Output	10001x1 double	0	15.1883	10001x1
Dynamic_Input	601x1 double	1900	1900	601x1
Dynamic_Output	601x1 double	20	59.7449	601x1
P_Input	2001x1 double	0	3000	2001x1
P_Output	2001x1 double	0	18.0583	2001x1
Static_Input	5001x1 double	600	3000	5001x1
Static_Output	5001x1 double	0	18.0480	5001x1

Рисунок 3.6 – Імпортовані данні

Для спрощення подальшого аналізу дані були конвертовані до об'єктів типу “iddata”:

```
>> Dynamic=iddata(Dynamic_Output, Dynamic_Input, 0.01);
>> plot(Dynamic_Raw)
>> P=iddata(P_Output, P_Input, 0.01);
>> plot(Static_Raw)
>> Check=iddata(Check_Output, Check_Input, 0.01);
>> plot(Check_Raw)
>> Static_Raw=iddata(Static_Output, Static_Input, 0.01);
>> plot(Static_Raw)
```

Отримані данні не містять статичної складової, тому на цьому підготовка даних завершена.

Проаналізуємо об'єкт управління на лінійність для цього побудуємо його статичну характеристику (рис. 3.7):

```
>> Static_Input_Vector = [0 600 1200 1800 2400 3000];
>> Static_Output_Vector = [0 3.68 7.23 10.9 14.5 17.9];
>> plot(Static_Input_Vector, Static_Output_Vector, '-ok', 'LineWidth', 3)
```

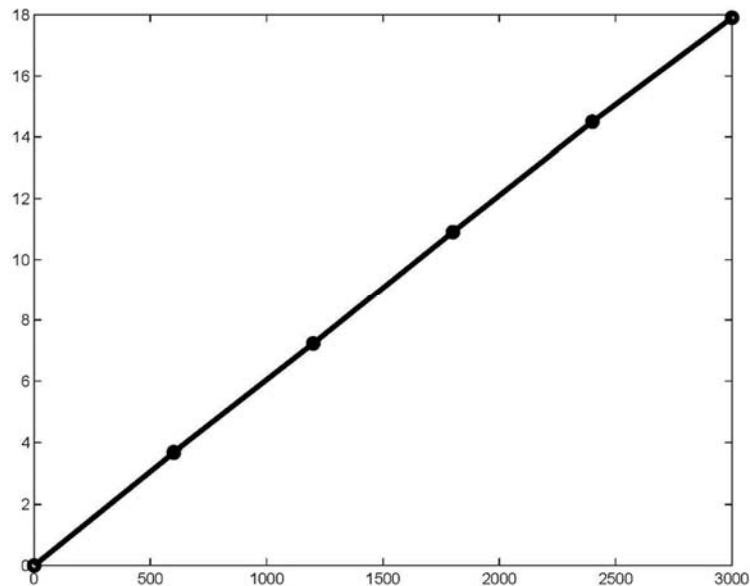


Рисунок 3.7 – Статична характеристика

Статична характеристика об'єкта управління лінійна. На підставі цього можливо зробити висновок, що об'єкт управління також є лінійним у діапазоні продуктивності 0÷100 % (0-18 т/год).

Проаналізуємо характеристику отриману при П-образному керуючому впливі. Дані температури води отримані при П-образному керуючому впливі було розділено на дві змінні. До першої змінної “P\_First” увійшли данні етапу підйому дійсного значення, а до другої змінної “P\_Second” увійшли данні етапу спаду дійсного значення.

На підставі даних отриманих при П-образному керуючому впливі виконаємо перевірку об'єкта управління на симетричність:

```
>> (std(P_First) - std(P_Second)) * 100.0 / 80.0
ans = 0.981986.
```

Так як різниця стандартних відхилень етапу підйому до етапу спаду відносно усього діапазону зміни продуктивності становить порядку 0,8 %, що є

значно меншим ніж величина технічної похибки 10 %, то об'єкт управління є симетричним.

### 3.4.2 Структурна ідентифікація

З метою оцінки структури моделі об'єкту управління проаналізуємо динамічну характеристику об'єкту управління (рис. 3.8).

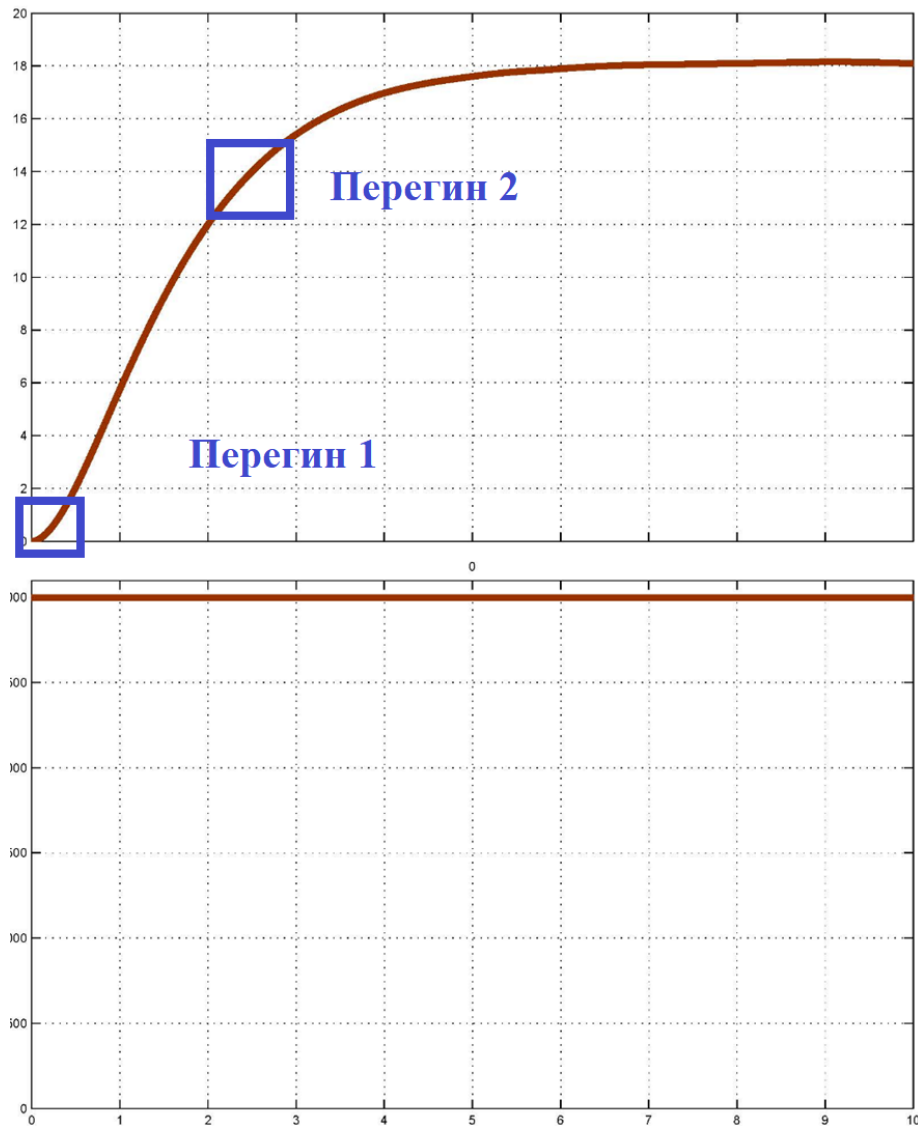


Рисунок 3.8 – Аналіз динамічної характеристики

Після подачі керуючого продуктивність завантаження млина зразу починає збільшуватися, тому об'єкт управління не має запізнення. Крім того на характеристиці також відсутня інерція, характер перехідного процесу монотонний, а кількість явних перегинів дорівнює двом. На підставі цього

можливо зробити висновок, що модель об'єкта управління може бути представлена у вигляді аперіодичної ланки другого порядку.

Виходячи з проведеного аналізу експериментальних даних можливо зробити висновок, що об'єкт управління може бути представлений в виді аперіодичної ланки другого порядку без запізнення.

$$W(s) = \frac{k}{(T1s + 1) * (T2s + 1)} \quad (3.1)$$

де  $W(s)$  – передавальна функція;

$k$  – коефіцієнт підсилення;

$T1$  – перша постійна часу (с);

$T2$  – друга постійна часу (с).

### 3.4.3 Параметрична ідентифікація

Як було встановлено об'єкт управління є лінійним, а його коефіцієнт підсилення може бути розрахований згідно з статичною характеристики – максимальна продуктивність млина (18 т/год) при максимальній частоті обертів електродвигуна привіда похилого конвеєра для завантаження лина (3 000 об./хв):

$$k = \frac{18}{3000} = 0,006 \quad (3.2)$$

Визначення постійної часу об'єкту управління виконано за допомогою “System Identification Toolbox”, якому у якості робочих даних використані данні динамічної характеристики, а перевіірочні данні для оцінки відповідності моделі об'єкту управління, так як ці данні раніше не використовувалися при ідентифікації (рис. 3.9).

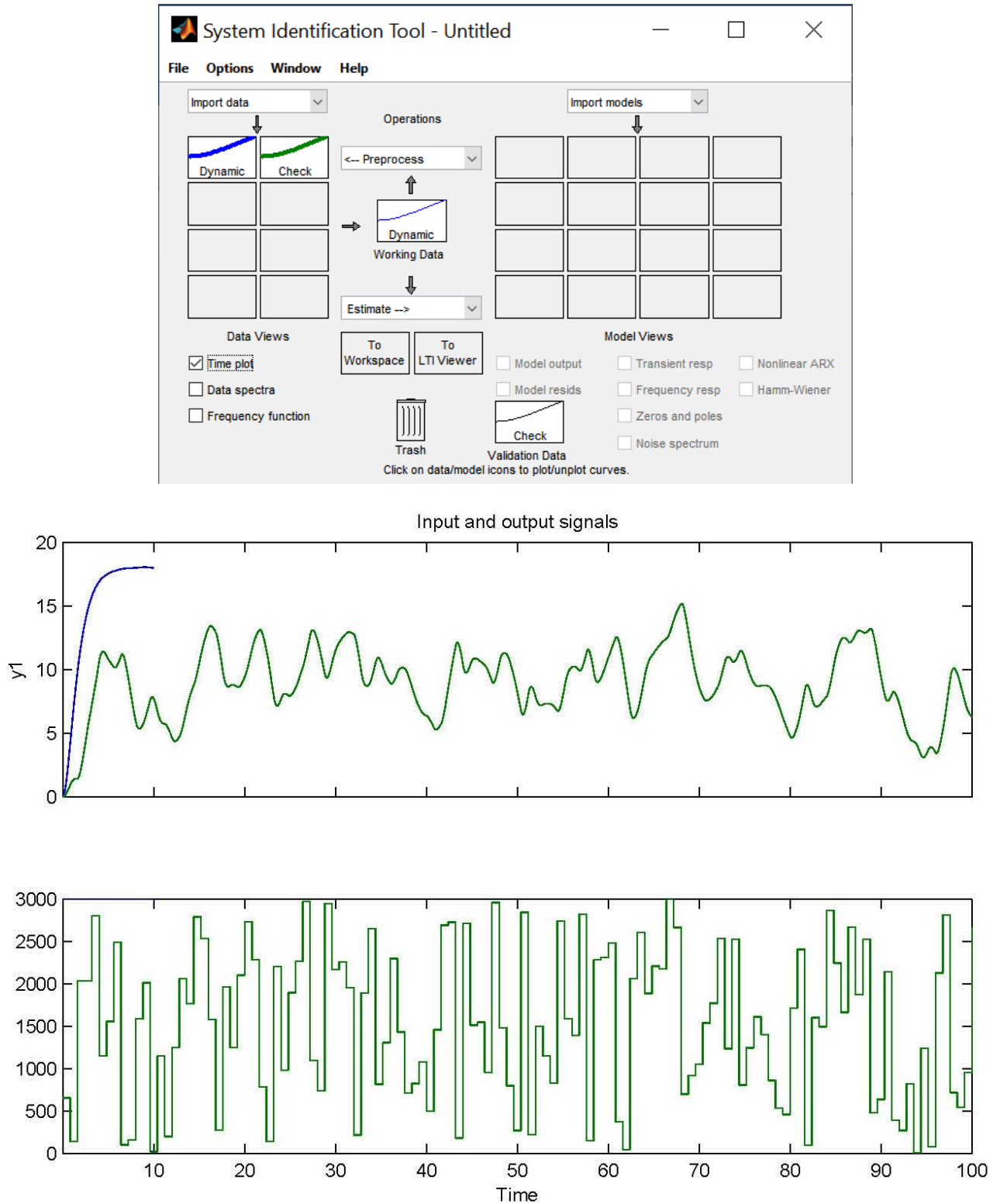


Рисунок 3.9 – Налаштування System Identification Toolbox

Визначення параметрів моделі об'єкта управління виконано за допомогою методу "Process Models".

Згідно з результатами розрахунків для об'єктів другого порядку без затримки (модель P2), можна зробити висновок, що модель P2 найкраще підходить, та цілком задовольняє вимогам технічної точності 10%. Таким чином



можливо остаточно затверджувати, що об'єкту управління відповідає аперіодична ланка другого порядку без затримки, може бути використана в подальшій реалізації, при побудові програмного забезпечення системи управління.

Перевірка результатів розрахунків параметрів моделі наведені на рис. 3.10 та в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати розрахунків параметрів об'єктів управління

<b>Назва параметру</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>
K	0.0061306	0.006011	0.0060111
T1, с	1.6696	1.0822	1.0843
T2, с	-	0.67248	0.66941
T3, с	-	-	0.018836
<b>Dynamic – Динамічна характеристика</b>			
NRMSE, %	90.54	99.67	99.67
FPE	0.2299	0.0002801	0.0003514
MSE	0.2288	0.0002776	0.000274
<b>Check – Перевірочні данні</b>			
NRMSE, %	90.54	99.67	99.67

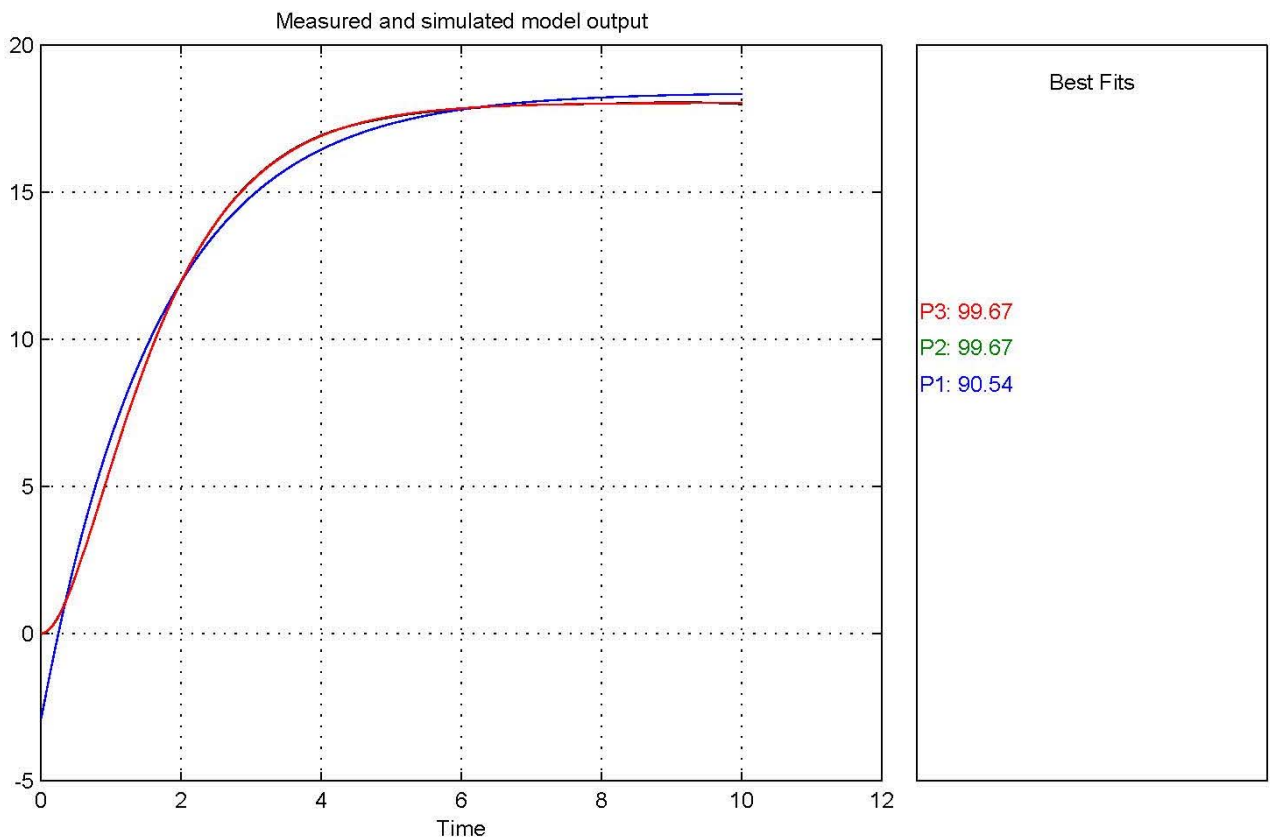
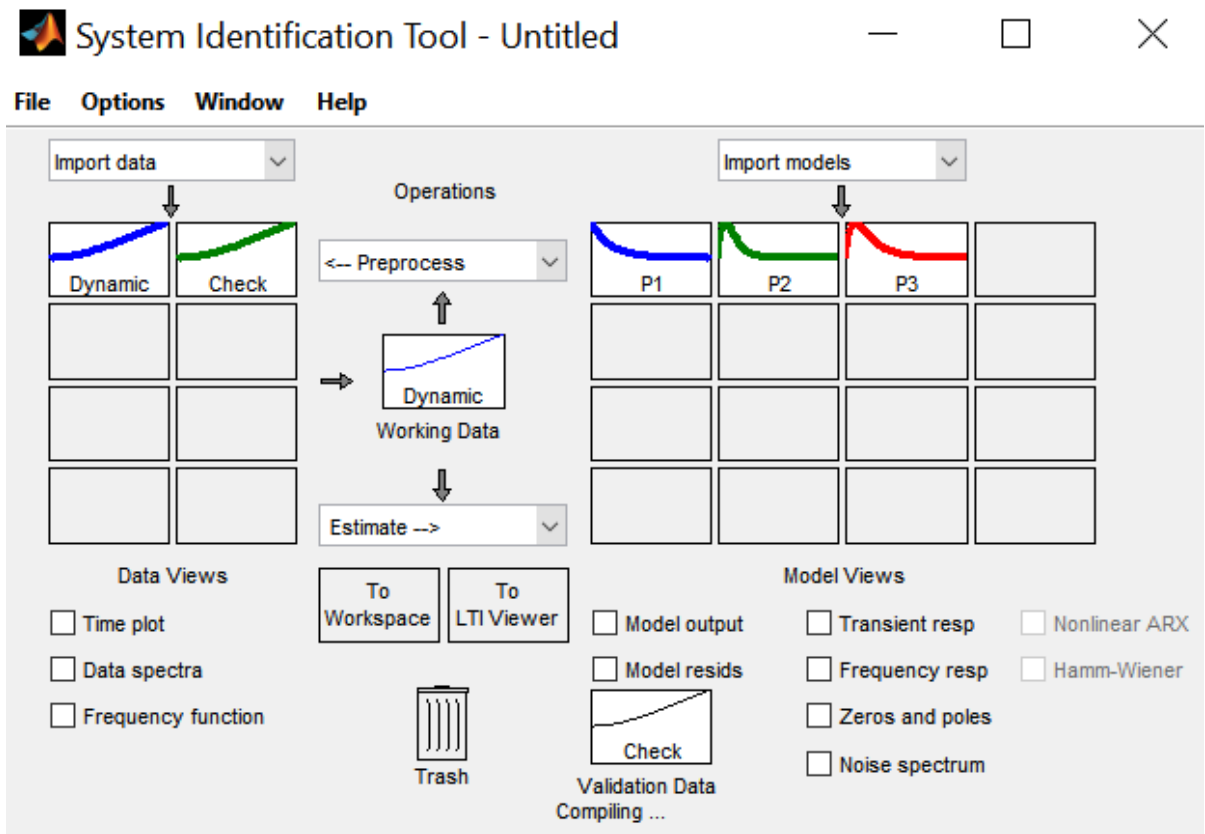


Рисунок 3.10 – Перевірка результатів розрахунків

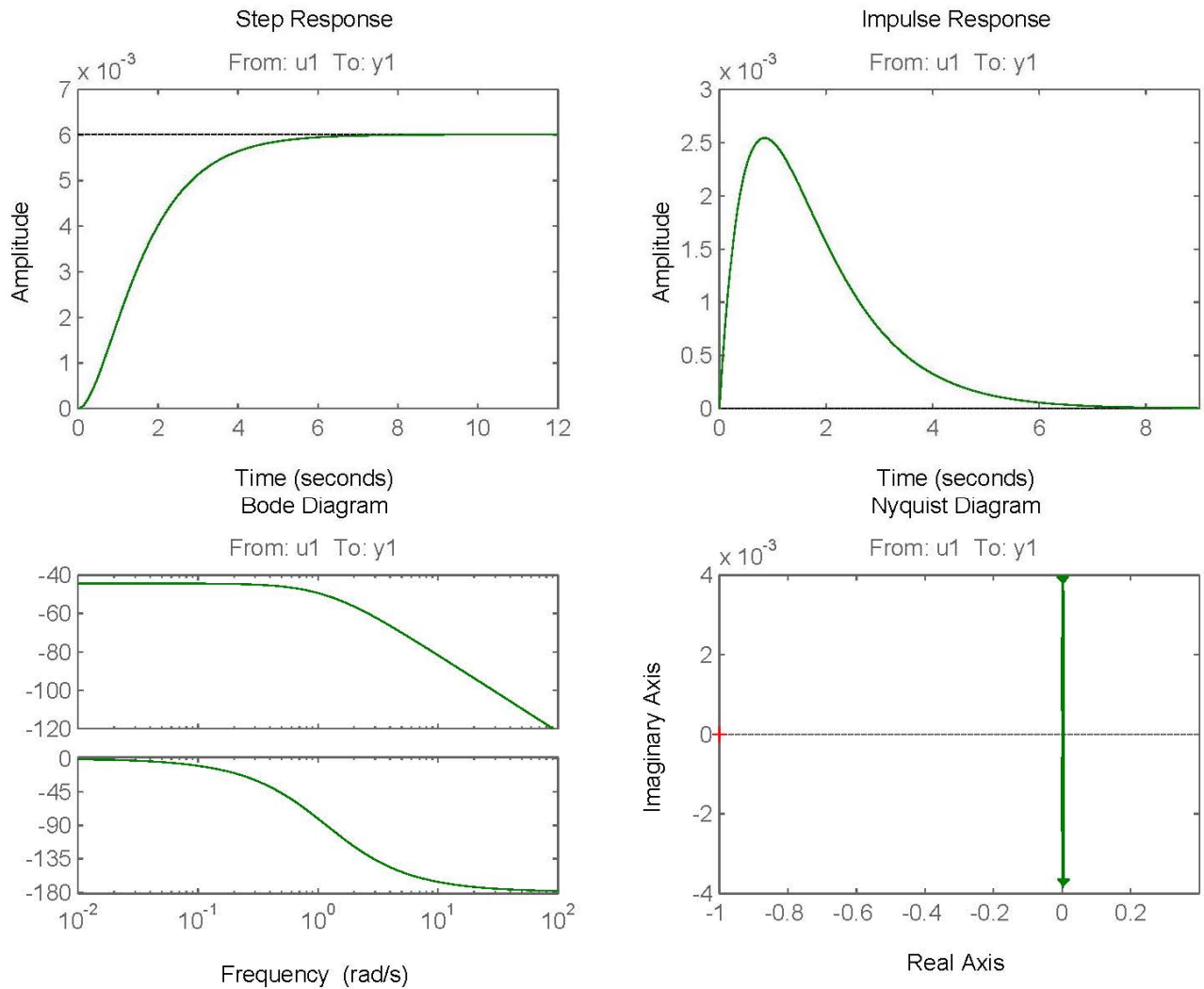


Рисунок 3.11 – Характеристики моделі управління

На підставі виконаних досліджень отримана модель об'єкту управління у виді передавальної функції:

$$W(s) = \frac{0.006011}{(1.0822s + 1) * (0.67248s + 1)}$$

#### 3.4.4 Розробка моделі об'єкта управління в Simulink

За результатами ідентифікації розроблена модель об'єкту управління в графічному середовищі імітаційного моделювання Simulink (рис. 3.12) у вигляді передавальної функції.

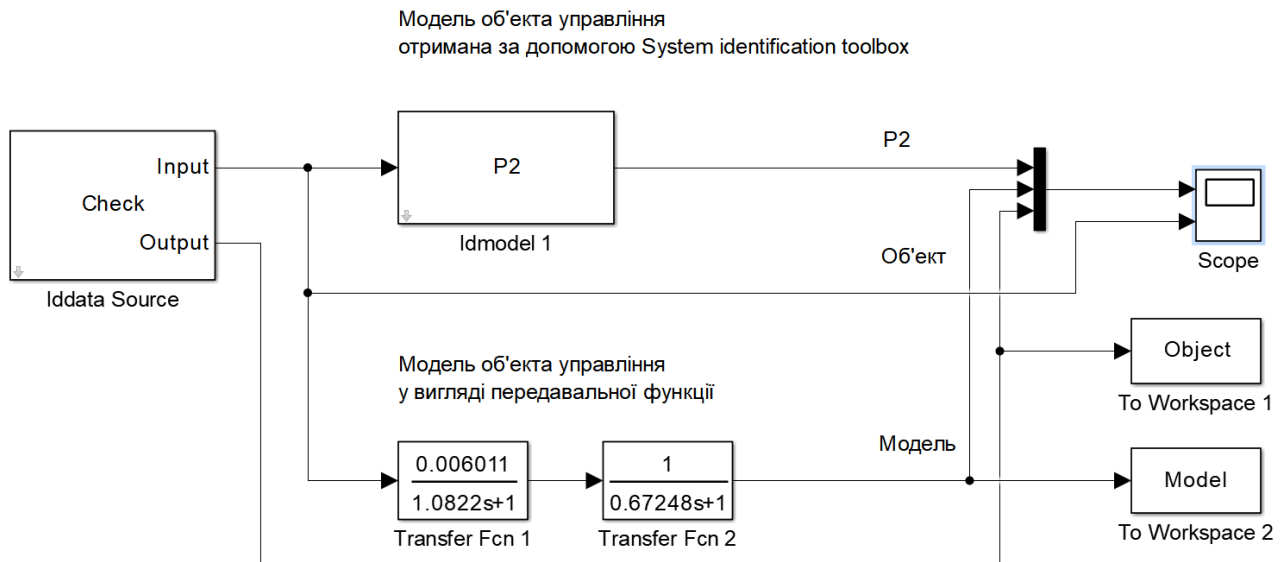


Рисунок 3.12 – Модель об'єкта управління в середовищі Simulink

Результати моделювання об'єкта управління з використання перевірочних даних наведені на рис. 3.13. Згідно отримана модель об'єкта у вигляді передавальної функції не відрізняється від моделі об'єкта отриманої у програмному забезпеченні “System identification toolbox”. Крім того результати моделювання практично не відрізняються від перевірочних даних. Таким чином отримана модель у вигляді передавальної функції може бути використана у подальших дослідженнях.

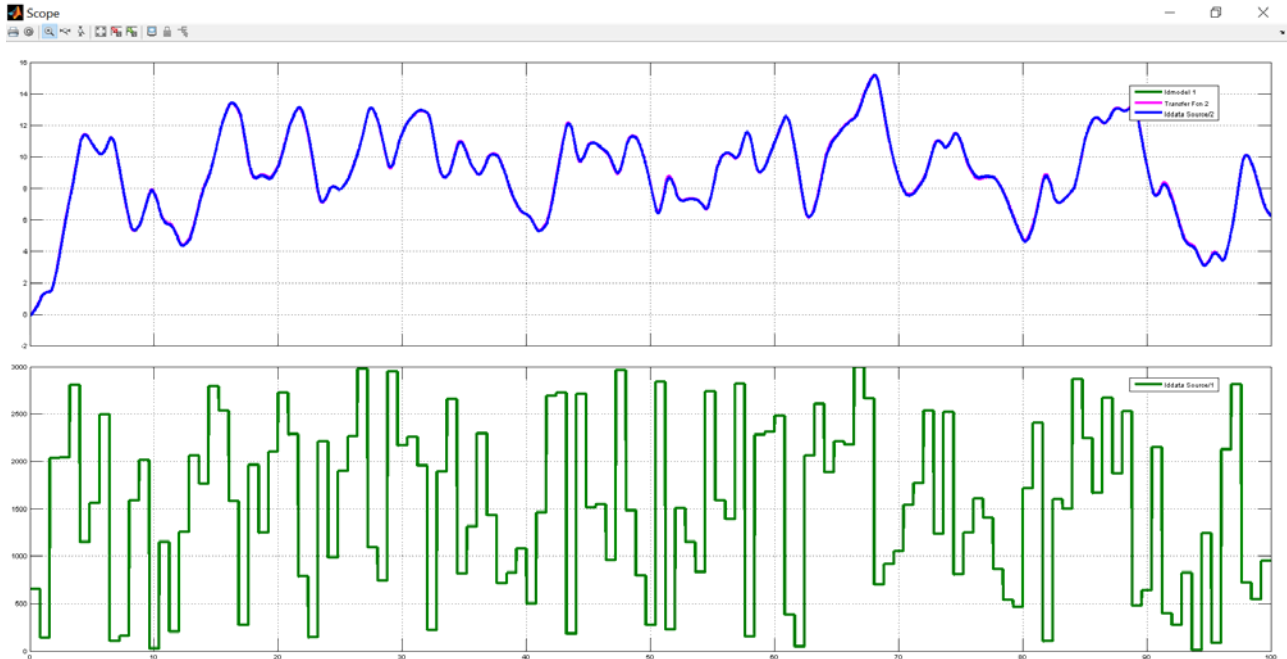


Рисунок 3.13 – Результати моделювання

### 3.4.5 Перевірка моделі на адекватність

На підставі результатів моделювання та перевірочних даних виконано аналіз адекватності моделі об'єкта управління за методом нормованого середнє квадратичного відхилення:

```
>> nrmse = goodnessOfFit(Model, Object, 'NRMSE') * 100.0
nrmse = 98.1011
```

Згідно з перевіркою модель відповідна до об'єкту управління на 98.1%, а тому є адекватною та може бути використана для моделювання об'єкту управління в подальших дослідженнях.

Остаточна модель об'єкту управління наведена на рис. 3.14, а результати моделювання на рис. 3.15.

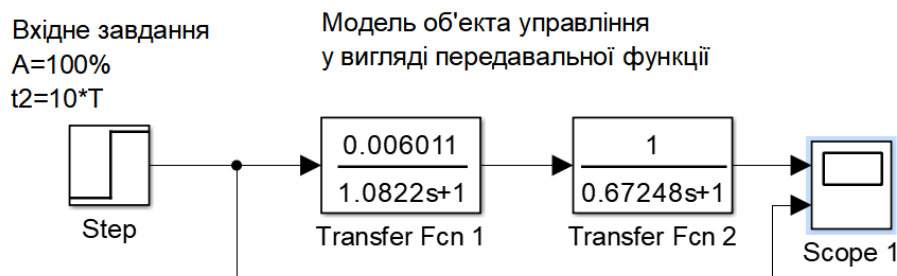


Рисунок 3.14 – Остаточна модель об'єкта управління

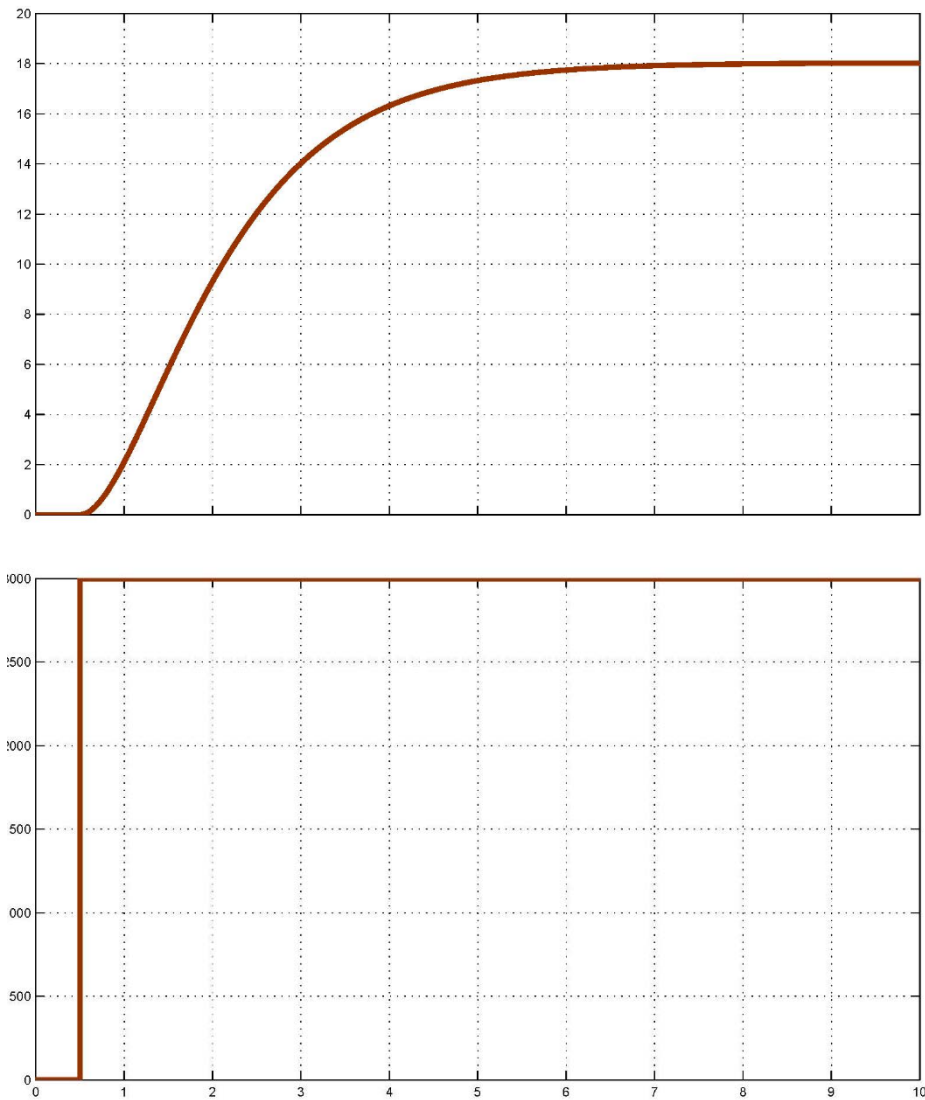


Рисунок 3.15 – Результати моделювання

### 3.5 Висновки за розділом

В процесі виконання кваліфікаційної роботи виконано дослідження об'єкта управління.

В результаті структурної ідентифікації встановлено, що об'єкт управління може бути представлений у вигляді аперіодичної ланки другого порядку.

На підставі передавальної функції розроблена модель об'єкта управління в середовищі імітаційного моделювання Simulink. Модель об'єкта відповідає перевірочним даними на 99.67%. Виходячи з цього, модель є адекватною і може бути використана для моделювання об'єкта управління і системи управління в цілому.

## 4 ЕКОНОМІКА

Подрібнення належить основних технологічних процесів збагачувальних фабрик і є дуже енергоємним процесом. Формуючи кінцеві показники процесу збагачення, подрібнення визначає технологічні і техніко-економічні показники роботи фабрики. Від показників подрібнення залежать результати усієї подальшої переробки збагачуваного продукту, передусім такі, як продуктивність фабрики, витягання цінного компонента, зміст його в концентраті, втрати в хвостах. Тому, важливі оптимальні режими роботи подрібнювальних агрегатів.

У кваліфікаційній роботі розроблені методи автоматичного контролю перевантаження рудою стержневих млинів для збагачувальних фабрик на принципах визначення в режимі реального часу об'єму завантаження за допомогою тензометричного датчика і датчика швидкості на конвеєрній установці.

Нині на підприємстві знаходиться в експлуатації система управління технологічним процесом на базі контролерів і модулів розширення виробництва компанії «Siemens» (далі - базовий варіант). Контролери компанії «Siemens» мають високу вартість, тому кваліфікаційній роботі запропоновано використати устаткування фірми «VIPA» (далі - проектний варіант).

### 4.1 Розрахунок капітальних витрат

Розрахуємо капітальні витрати, пов'язані з виготовленням і установкою системи управління система автоматичного управління завантаженням руди в стержневий млин.

Визначення проектних капітальних витрат робиться по наступній формулі:

$$K_{\text{пр}} = C_{\text{об}} + D_{\text{тр}} + M_{\text{мн}} + K_{\text{по}} \quad (4.1)$$

де  $C_{\text{об}}$  - витрати на комплектуючі вироби;

$D_{\text{тр}}$  - витрати на транспортно-заготівельні витрати;

$M_{\text{мн}}$  - витрати на монтаж і наладку системи;

$K_{\text{по}}$  - витрати на програмне забезпечення.

Вартість комплектуючих деталей приведена в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 - Вартість комплектуючих деталей

№ з/п	Найменування виробів згідно проектних розробок	Од. вим.	Кількість	Гуртова ціна за од., грн.	Сума, грн.
1	Термоперетворювач дТС065-PT100.B3.200	шт.	2	142,80	285,60
2	Датчик-реле тиску А6 - 253221	шт.	2	29,50	59,00
3	Датчик індуктивний IA05BSF10NOP	шт.	4	38,00	152,00
4	Електромагнітні клапани загального призначення TM25	шт.	4	4,16	16,64
5	Модульний контролер VIPA System 115-6BL22 100V	шт.	1	490,00	490,00
6	Електромагнітний пускач ПМ12-010100 3з+2р 40В УХЛ4В	шт.	1	95,61	95,61
Разом					1 098,85

Витрати на транспортно-заготівельні і складські витрати визначаються по усіх розділах залежно від вартості устаткування матеріалів, виробів, конструкцій, беруться 8 % від загальної вартості.

$$D_{\text{тр}} = C_{\text{об}} \cdot 0,08, \quad (4.2)$$

де  $C_{\text{об}}$  - вартість комплектуючих, грн.

Таким чином витрати на транспортно-заготівельні і складські роботи складають:

$$D_{\text{тр}} = 1098,85 \cdot 0,08 = 87,91 \text{ грн.}$$

Вартість монтажних-налагоджувальних робіт приймаємо на рівні 7 % від вартості устаткування.

$$M_{\text{мн}} = C_{\text{об}} \cdot 0,07 \quad (4.3)$$

Витрати на монтажні-налагоджувальні роботи складуть

$$M_{\text{мн}} = 1\,098,85 \cdot 0,07 = 76,92 \text{ грн.}$$

Капітальні витрати за проектом складуть:

$$K_{\text{пр}} = 1\,098,85 + 87,91 + 76,92 = 1\,263,68 \text{ грн.}$$

Нині на заводі в експлуатації знаходиться система управління на базі контролерів «Siemens». Капітальні витрати на систему управління що знаходиться в експлуатації складає 34 000 грн. Використовувана система в розрахунках прийнята за базовий варіант.



#### 4.1.1 Розрахунок капітальних витрат на програмне забезпечення

Розрахунок часу на розробку програмного забезпечення. Трудомісткість розробки програмного забезпечення :

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

- де  $t_o$  - витрати праці на підготовку і опис поставленого завдання;  
 $t_u$  – равитрати праці на дослідження алгоритму рішення завдання;  
 $t_a$  – равитрати праці на обробку блок-схеми алгоритму;  
 $t_n$  – равитрати праці на програмування по готовій блок-схемі;  
 $t_{om}$  – расходи труда на настройку програм на ПОЕМ;  
 $t_o$  – витрати праці на підготовку документації за завданням.

Складові частини витрат праці визначаються на підставі умовної кількості оброблюваних операторів в програмному забезпеченні. До них відносять ті оператори, яких необхідно написати в процесі роботи над програмою з урахуванням можливих уточнень в постановці завдання і удосконалення алгоритму.

Умовна кількість операторів в програмі:

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

- де  $q$  - кількість операторів, використовуваних в програмі, для ПЗ на мовах FBD і LAD  $q = 90$ ;  
 $c$  - коефіцієнт складності програми;  
 $p$  - коефіцієнт корекції програми в процесі її обробки.

Коефіцієнт складності «с» програми визначає відносну складність програми по відношенню до типового завдання, складність якого відповідає 1. Приймаю  $c = 1,25$ .

Коефіцієнт корекції програми «Р» визначає збільшення об'єму робіт за рахунок внесення змін до алгоритму або програми в результаті уточнення постановки завдання. Приймаю  $p = 0,1$ , це відповідає внесенню 3,5 корекцій, що тягнуть за собою переробку 5...10 % готової програми.

Таким чином, для програми, описаній у кваліфікаційній роботі:

$$Q = 90 \cdot 1,25 \cdot (1+0,1) = 124.$$

Оцінка витрат праці на підготовку і опис завдання в кваліфікаційній роботі складають  $t_0=40$  чол.-годин.

Витрати праці на вивчення опису завдання визначаються з урахуванням уточнення опису і кваліфікації програміста по формулі:

$$t_u = \frac{Q \cdot B}{(75 \dots 85) \cdot k}, \text{ чол.-годин} \quad (4.6)$$

де  $B$  - коефіцієнт збільшення витрат праці,  $B=1,4$ ;

$k$  - коефіцієнт кваліфікації програміста, які визначається залежно від стажу роботи за фахом. У нашому випадку коефіцієнт кваліфікації програміста складає  $k = 1,2$ .

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_u = \frac{124 \cdot 1,4}{80 \cdot 1,2} = 1,81 \text{ чол.-годин.}$$

Витрати на розробку алгоритму рішення завдання :

$$t_a = \frac{Q}{(20 \dots 25) \cdot k}, \text{ чол.-годин} \quad (4.7)$$

Для програмного забезпечення, що розробляється :

$$t_a = \frac{124}{20 \cdot 1,2} = 5,17 \text{ чол.-годин.}$$

Витрати праці на складання програми по готовій блок-схемі алгоритму :

$$t_n = \frac{Q}{(20 \dots 25) \cdot k}, \text{ чол.-годин} \quad (4.8)$$

Для програмного продукту, що розробляється:

$$t_n = \frac{124}{20 \cdot 1,2} = 5,17 \text{ чол.-годин.}$$

Витрати праці на наладку програми на ЕОМ розраховуються по формулі:

$$t_{oml} = \frac{Q}{(4 \dots 5) \cdot k}, \text{ чол.-годин} \quad (4.9)$$

Для конкретного програмного продукту:

$$t_{oml} = \frac{124}{5 \cdot 1,2} = 20,67 \text{ чол.-годин.}$$

Витрати праці на підготовку документації за завданням визначаються по формулі:

$$t_d = t_{др} + t_{до}, \text{чол.-час}, \quad (4.10)$$

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

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

$$t_{др} = 124/18 \cdot 1,2 = 5,74 \text{ чол.-годин};$$

$$t_{до} = 0,75 \cdot t_{др}, \quad (4.12)$$

$$t_{до} = 0,75 \cdot 5,74 = 4,31 \text{ чол.-годин}.$$

Для програмного забезпечення витрати праці, що розробляється, на підготовку документації за завданням складатимуть:

$$t_d = 5,74 + 4,31 = 10,05 \text{ чол.-час}.$$

Трудомісткість розробки програмного забезпечення складатиме:

$$t = 40 + 1,81 + 5,17 + 5,17 + 20,67 + 10,05 = 82,87 \text{ чол.-годин}.$$

Розрахунок витрат на розробку програмного продукту. Витрати на розробку програмного продукту Кпз включають витрати на заробітну плату розробника програми Ззп і вартість машинного часу, необхідного для налаштування програми на ЕОМ Зми.

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

Заробітна плата розробника програмного забезпечення:

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

де  $t$  - загальна трудомісткість обробки програмного забезпечення;  
 $C_{пр}$  - середня годинна тарифна ставка програміста ( $C_{пр} = 50$  грн./годину).

Заробітна плата за розробку програмного забезпечення складає:

$$Z_{зп} = 82,87 \cdot 50 = 4\,143,5 \text{ грн.}$$

Вартість машинного часу, необхідного для налаштування програми на ЕОМ:

$$Z_{мв} = t_{отл} \cdot C_{мч}, \text{грн.} \quad (4.15)$$

де  $t_{отл}$  - трудомісткість відлагодження програми на ЕОМ, чол.-годин;

Смч - вартість машино-години ЕОМ, грн./годину,

Смч = 5 грн./годину.

Змв = 20,67·5 = 103,35 грн.

Витрати на розробку програмного забезпечення підсистеми управління складатимуть:

Кпз = 4143,5 + 103,35 = 4246,85 грн.

Визначені, таким чином, витрати на створення програмного забезпечення є частиною одноразових капітальних витрат на створення підсистеми управління дешламації кам'яновугільної смоли.

Очікувана тривалість розробки програмного забезпечення :

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

де  $B_k$  - кількість розробників, оскільки програма у кваліфікаційній роботі розроблялася однією людиною, то  $B_k = 1$ ;

$F_p$  - місячний фонд робочого часу ( $F_p = 176$  годин).

Визначимо тривалість розробки ПЗ:

$$T = \frac{82,87}{1 \cdot 176} = 0,47 \text{ міс.}$$

Визначивши усі показники, використовуємо формулу 4.1 і розраховуємо капітальні витрати:

Кпр = 1 098,85 + 87,91 + 76,92 + 4246,85 = 5 510,53 грн.

#### 4.2 Розрахунок експлуатаційних витрат

Річні експлуатаційні витрати розраховуються по формулі:

$$C_{\Sigma} = C_a + C_z + C_c + C_t + C_{\Sigma\Sigma} + C_{\text{пр}} \quad (4.17)$$

де  $C_{\Sigma}$  - річні поточні витрати, пов'язані із застосуванням підсистеми управління виробництвом;

$C_a$  - амортизація основних фондів;

$C_z$  - заробітна плата обслуговуючого персоналу;

$C_c$  - відрахування на соціальні заходи;

$C_t$  - витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт устаткування і мережі;

$C_{ээ}$  - вартість електроенергії;

$C_{пр}$  - інші витрати.

Визначимо експлуатаційні витрати при впровадженні підсистеми управління виробництвом.

Амортизація основних фондів. Устаткування, розробленої у кваліфікаційної роботі підсистеми управління виробництвом, відноситься до 4 групи по нормах нарахування амортизації основних фондів. Передбачуваний термін експлуатації системи складає 5 років.

Норма амортизації визначається по формулі:

$$C_a = \frac{\Phi_{ост} * H_a}{100\%} \quad (4.19)$$

де  $T$  - термін корисного використання об'єкту;

$H_a$  - норма амортизації;

При цьому річна сума амортизації визначається як твір залишкової вартості об'єкту на початок звітного року або первинної вартості на дату початку нарахування амортизації і річної норми амортизації, що обчислюється згідно з терміном корисного використання об'єкту.

$$C_a = \frac{\Phi_{ост} * H_a}{100\%} \quad (4.19)$$

де  $C_a$  - амортизація основних фондів (річна);

$\Phi_{ост}$  - залишкова вартість, рівна:

$P$  - первинна вартість системи управління, що розробляється;

$L$  - ліквідаційна вартість системи управління. Для систем програмованих контролерів ліквідаційна вартість складає близько 20 % від первинної вартості.

$$\Phi_{ост} = P - L \quad (4.20)$$

$$\Phi_{ост.пр} = 5510,53 - 0,2 * 5510,53 = 4\,408,42 \text{ грн.}$$

$$\Phi_{ост.баз} = 34000 - 0,2 * 34000 = 27\,200 \text{ грн.}$$

Норма амортизації для проектованої системи управління складе:

$$H_a = \frac{2}{5} * 100\% = 40\% \quad (4.21)$$

Сума амортизації для проектованої і базової системи складе:

$$Ca_{.пр} = 0,4 * 4\,408,42 = 1\,763,37 \text{ грн.}$$

$$Ca_{.баз} = 0,4 * 27\,200 = 10\,880 \text{ грн.}$$

Розрахунок фонду заробітної плати. Номінальний річний фонд робочого часу одного працівника визначається відповідно до норм робочого часу на рік:

$$T_{ном}^{год} = (T_k - T_{вых,пр} - T_{отп}) * T_{см}, \text{ ГОДИН} \quad (4.22)$$

де  $T_k$  - календарний фонд робочого часу, 365 днів;

$T_{вых, пр}$  - вихідні + святкові дні, 114 дні;

$T_{отп}$  - відпустка, 21 день.

Таким чином, річний фонд робочого часу працівника складе:

$$T_{ном}^{год} = (365 - 114 - 21) * 8 = 1\,840 \text{ годин.}$$

Розрахунок річного фонду заробітної плати виробничих робітників здійснюється відповідно до форми, приведеної в табл. 4.2.

Після впровадження проекрованої системи управління штат персоналу не зміниться і, отже, заробітна плата і відрахування на соціальні заходи будуть однакові.

$$Cз_{.пр} = Cз_{.баз} = 26\,2641,6 \text{ грн.}$$

Відрахування на соціальні заходи. До складу відрахувань на соціальні заходи входять збори на обов'язкове державне пенсійне страхування, на обов'язкове соціальне страхування, на обов'язкове соціальне страхування на випадок безробіття і тому подібне.

Відрахування на соціальні заходи визначаються по формулі:

$$Cс = 0,22 * Cз, \quad (4.23)$$

$$Cс_{.пр} = Cс_{.баз} = 0,22 * 262\,641,6 = 94\,550,98 \text{ грн.}$$

Таблиця 4.2 - Розрахунок заробітної плати персоналу

№ з/п	Найменування професії робітників	Число працюючих, чел		Годинна тарифна ставка, грн/ч.	Номинальний річний фонд робочого часу (година)	Пряма заробітна плата, грн	Додаткова заробітна плата(10%), грн	Доплати (7%), грн	Всього заробітна плата, грн
		яв.	сп.						
1	Оператор процесу	2	2	25	1840	92000	9200	6440	107640
2	Технолог	1	1	24	1840	88320	8832	6182,4	103334,4
3	Налагоджувальник електроустаткування	1	1	24	1840	44160	4416	3091,2	51667,2
	<b>Разом</b>								<b>262641,6</b>

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

$$C_{\text{то.гр}} = 0,05 \cdot K_{\text{пр}} \quad (4.24),$$

$$C_{\text{то.гр.пр}} = 0,05 * 5\,510,53 = 275,53 \text{ грн.}$$

$$C_{\text{то.гр.баз}} = 0,05 * 34\,000 = 1\,700 \text{ грн.}$$

Розрахуємо вартість електроенергії, споживаної системою управління, розробленою в проекті :

$$C_{\text{ээ}} = K_{\text{э}} \cdot K_{\text{дг}} \cdot ds \cdot T, \quad (4.25)$$

де  $K_{\text{э}}$  - кількість електроенергії, споживана проектованою системою управління місці за годину, 400 Вт\*ч;

$K_{\text{дг.Додг}}$  - кількість робочих днів в році ( $K_{\text{дг}} = 365 - 114 = 251$  день);

$ds$  - тривалість зміни, 8 год.;

$T$  - тариф на електроенергію для підприємств (для підприємств споживачів електроенергії 2 класу тариф складає 0,64272 грн/кВтч з урахуванням ПДВ.

$$C_{\text{ээ.пр}} = 0,4 * 251 * 8 * 0,64272 = 101\,677,09 \text{ грн.}$$

Кількість електроенергії, споживана системою управління, що знаходиться в експлуатації, - 500 Вт\*ч.

$$C_{\text{ээ.баз}} = 0,5 * 251 * 8 * 0,64272 = 127\,096,36 \text{ грн.}$$

Інші витрати по експлуатації об'єкту проектування включають витрати по охороні праці, на спецодяг і ін. згідно з практикою, ці витрати визначаються у розмірі 4 % від річного фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу:

$$C_{\text{пр}} = C_3 \cdot 0,04 \text{ грн.} \quad (4.26)$$

$$C_{\text{пр.пр}} = C_{\text{пр.баз.}} = 262\,641,6 \cdot 0,04 = 10\,505,64 \text{ грн.}$$

Експлуатаційні витрати по проектному і базовому варіантам зведені в таблицю 4.3.

По формулі 4.17 розраховуємо річні експлуатаційні витрати для проектного і базового варіантів:

$$C_{\text{пр}} = 1\,763,37 + 26\,2641,6 + 94\,550,98 + 275,53 + 101\,677,09 + 10\,505,64 = 471\,414,21 \text{ грн.}$$

$$C_{\text{баз}} = 10880 + 262\,641,6 + 94\,550,98 + 1\,700 + 127\,096,36 + 10\,505,64 = 507\,374,58 \text{ грн.}$$

Таблиця 4.3 - Експлуатаційні витрати по варіантах

Найменування показника	Базовий варіант	Проектний варіант
Амортизація	10 880,00	1763,37
Фонд заробітної плати	262 641,60	262 641,60
Відрахування на соц. виплати	94 550,98	94 550,98
Ремонт і тих. обслуговування	1 700,00	275,53
Електроенергія	127 096,36	101 677,09
Інші	10 505,64	10 505,64
Разом	507 374,58	471 414,21

Таким чином, економія експлуатаційних витрат, при впровадженні підсистеми управління виробництвом:

$$\Delta Z = 507\,374,58 - 471\,414,21 = 35960,37 \text{ грн.}$$

#### **4.3 Визначення додаткового прибутку від впровадження системи управління**

Середньодобового збільшення виходу готової продукції при впровадженні розробленої підсистеми управління складе 5%, за рахунок зниження простоїв устаткування.

Визначимо додатковий прибуток від впровадження проекрованої системи управління:



$$\Delta\Pi = (\text{Ц}_{\text{пр.}} - \text{S}_{\text{пр.}}) * Q_{\text{пр}} - (\text{Ц}_{\text{баз.}} - \text{S}_{\text{баз.}}) * Q_{\text{баз.}}, \quad (4.27)$$

де  $\text{S}_{\text{пр.}}$ ,  $\text{S}_{\text{баз}}$  - собівартість тони продукції по проектному і базовому варіантам, грн/т. (залізна руда 1 800 грн./т);

$\text{Ц}_{\text{пр.}}$ ,  $\text{Ц}_{\text{баз}}$  - ціна за одиницю продукції, грн, з урахуванням торгової надбавки 20 % складе 2 160 грн./т.;

$Q_{\text{пр.}}$ ,  $Q_{\text{баз}}$  - обсяг виробництва продукції, кг, зараз продуктивність лінії складає 15 000 кг/годину.

При 8 год. зміні і 251 робочій день об'єм вироблюваної продукції складе:

$$Q_{\text{баз.}} = 15000 * 8 * 251 = 30\,120\,000 \text{ кг/рік.}$$

При впровадженні системи управління:

$$Q_{\text{пр.}} = 1,05 * 15000 * 8 * 251 = 31\,626\,000 \text{ кг/рік}$$

Додатковий прибуток від впровадження підсистеми управління

$$\Delta\Pi = (2\,160 - 1\,800) * 31\,626\,000 - (2\,160 - 1\,800) * 30\,120\,000 = 542\,160\,000$$

грн.

#### 4.4 Оцінка економічної ефективності проекту

Визначимо показники економічної ефективності проектованої підсистеми управління виробництвом:

– річний економічний ефект:

$$E = \Delta\Pi + \Delta C - \Delta K * E_{\pi} > 0 \quad (4.28)$$

– і термін окупності розробки :

$$T_{\text{ок}} = K_{\pi} / E < T_{\text{ож}} \quad (4.29)$$

$$E_{\pi} = (N_{\text{кр}} - N_{\text{инф}}) / 100 \quad (4.30)$$

де  $N_{\text{кр}}$  - річна процентна ставка %;

$N_{\text{инф}}$  - річний рівень інфляції, %.

В якості нормативного значення приймемо величину банківської кредитної ставки  $N_{\text{кр}}$  (37.38%) з урахуванням інфляції  $N_{\text{инф}}$  (16%), тобто:

$$E_{\pi} = (37,38 - 16) / 100 = 0,214$$

$$E = 542\,160\,000 + 35\,960,37 - 0,214 * 5\,510,53 = 542\,194\,781,12 \text{ грн.}$$

$$T_{\text{ок}} = 5\,510,53 / 542\,194\,781,12 = 0,1 \text{ року.}$$

Коефіцієнт ефективності (доходності) капітальних витрат  $E_p$  показує, скільки гривень додаткового прибутку (економії) приносить одна гривна капітальних витрат:

$$K_E = E/K_{\text{п}} \quad (4.31)$$

Коефіцієнт ефективності складає:

$$K_E = 542\,194\,781,12 / 5\,510,53 = 98\,392,49.$$

Отже, при впровадженні підсистеми управління процесом дешламації кам'яновугільної смоли 1 грн капітальних витрат приносить 98 392,49 грн. прибутку.

Економічні показники, що характеризують ефективність створення і використання розробленого проекту відображені в табл. 4.4.

Таблиця 4.4 - Показники використання системи управління

Найменування показників	Од. виміри	Показники базового варіанту системи	Показники проектного варіанту системи
Капітальні витрати	грн.	34 000,00	5 510,53
Експлуатаційні витрати, всього	грн.	507 374,58	471 414,21
у тому числі:	грн.		
- амортизація		10 880,00	1 763,37
- заробітна плата обслуговуючого персоналу		262 641,60	262 641,60
- відрахування на соціальні заходи		94 550,98	94 550,98
- технічне обслуговування і поточний ремонт системи управління		1 700,00	275,53
- вартість споживаної електроенергії		127 096,36	101 677,09
- інші витрати		10 505,64	10 505,64
Додатковий прибуток	грн.	-	542 160 000,00
Річний економічний ефект	грн.	-	542 194 781,12
Коефіцієнт ефективності			98 392,49
Розрахунковий термін окупності капітальних вкладень	років	-	0,10

#### 4.5 Висновок

При впровадженні проектованої системи капітальні витрати 5 510,53 грн. Річні експлуатаційні витрати, пов'язані з впровадженням системи 471 414,21 грн. Аналіз економічних показників при впровадженні підсистеми показав, що річний економічний ефект від впровадження системи управління дорівнює

542 194 781,12 грн. Термін окупності проектних капітальних вкладень за рахунок скорочення експлуатаційних витрат і збільшення продуктивності системи 0,1 року. Коефіцієнт ефективності капітальних витрат 98 392,49 грн. Виходячи з отриманих результатів, можна зробити висновок, що впровадження проектованої підсистеми економічно вигідне.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Подрібнення основний технологічних процес збагачувальної фабрики і є дуже енергоємним процесом. Формуючи кінцеві показники процесу збагачення, подрібнення визначає технологічні і техніко-економічні показники роботи фабрики. Від показників подрібнення залежать результати усієї подальшої переробки збагачуваного продукту, передусім такі, як продуктивність фабрики, витягання цінного компонента, зміст його в концентраті, втрати в хвостах. Тому, важливі оптимальні режими роботи подрібнювальних агрегатів.

У кваліфікаційній роботі розроблені методи автоматичного контролю перевантаження рудою стержневих млинів для збагачувальних фабрик на принципах визначення в режимі реального часу об'єму завантаження за допомогою тензометричного датчика і датчика швидкості на конвеєрній установці.

### 5.1 Аналіз шкідливих і небезпечних чинників

У цеху на працівника можуть діяти наступні види небезпечних і шкідливих виробничих чинників :

- підвищена температура поверхонь устаткування;
- підвищена температура робочої зони;
- підвищена вологість повітря;
- підвищене значення напруги в електричній мережі (електричне устаткування технологічних апаратів);
- гострі кромки, задирки і шорсткість на поверхнях устаткування, інвентаря, тари, дратівливі речовини в повітрі робочої зони, фізичні перевантаження;
- підвищений рівень шуму та вібрації на робочому місці.

## 5.2 Інженерно-технічні заходи по охороні праці

Електронасиченість сучасного виробництва формує електричну небезпеку, джерелом якої можуть бути електричні мережі, електричне устаткування і інструмент, обчислювальна і організаційна техніка.

Основні причини враження струмом: - напруги на відключених струмоведучих частинах, на яких працюють люди через включення установки; - виникнення напруги на поверхні землі в результаті замикання проводу; - виникнення напруги на металевих конструктивних частинах – корпусах, кожухах в результаті пошкодження ізоляції; - дотик чи наближення на небезпечну відстань до струмоведучих частин, які під напругою. Заходами щодо попередження електротравм при змиканнях на корпусі є: захисне заземлення, занулення, захисне відключення. Опір ізоляції не менше 0,5 МОм. Ізоляція провідників вимірюється мега амперметром.

Класифікація приміщень за електробезпекою приведена в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 - Категорії приміщень по електробезпеці

Приміщення	Категорія небезпеки	Чинники
Підготовче відділення	3 підвищеною небезпекою	Температура більше 35°C
Виробничі цехи	3 підвищеною небезпекою	Можливість зіткнення до струмопровідного устаткування; наявність устаткування з високою напругою
Склад готової продукції	Без підвищеної небезпеки	Сухий, безпилловий
Склад сировини	3 підвищеною небезпекою	Наявність струмопровідного пилу
Адміністративний корпус	Без підвищеної небезпеки	Сухий, безпилловий

Заходи і засоби попередження ураження струмом:

- ізоляція струмопровідних частин пульта керування ізолюючим матеріалом – поліхлорвініл (питомий опір  $10^{-4}$ МОм\*м, пробивна напруга 6-15 кВ/см) - розміщення струмоведучих частин на недосяжній висоті або за огорожею. - електророзділення мережі за допомогою спеціальних розділяючих трансформаторів;
- рубильники відключення замкнені в спеціальних шафах;

- при роботі з електроінструментом, потрібно застосовувати індивідуальні захисні засоби, такі як діелектричні рукавички і взуття, гумові килимки, ізольовані підставки.

Вимоги до засобів захисту, їх конструкції та обсягів і норм випробувань, порядку застосування і зберігання, комплектування засобами захисту електроустановок та виробничих бригад виконано відповідно до вимог ДНАОП 1.1.10-1.07-01 «Правила експлуатації електрозахисних засобів». Засоби захисту, що використовуються, відповідають вимогам чинних державних стандартів.

Несприятливі умови погіршують фізіологічний стан, знижують продуктивність праці, можуть привести до різних захворювань. Характеристика мікроклімату в робочій зоні приведена в табл. 5.2

Таблиця - 5.2 Характеристика мікроклімату в робочій зоні

Робоче місце	Категорія робіт	Період року	Оптимальні показники мікроклімату		
			Температура, °С	Вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
Виробничий цех	Середній тяжкості II а	Теплий	21-23	40-60	0,3
		Холодний	18-20	40-60	0,2
Склад сировини	Важка III	Теплий	18-20	40-60	0,3
		Холодний	16-18	40-60	0,4
Адміністративний корпус	Легка I а	Теплий	23-25	40-60	0,1
		Холодний	20-22	40-60	0,2

Температура повітря в галереях конвеєрів, що транспортують нагріті вологі матеріали у холодну пору року, повинна бути не нижче ніж 20°C. Робоча гілка конвеєра з обладнанням природних витяжок з викидом паропилової суміші в атмосферу повинна бути повністю укрита. У цих галереях повинна бути також загальнообмінна припливно-витяжна вентиляція з підігрівом припливного повітря у холодну пору року. Очищення вентиляційних систем робиться у встановлені терміни з відміткою в спеціальному журналі.

У приміщеннях із значним надлишком теплоти (більше 23 Вт/м-3) у виробничих корпусах необхідно передбачати аерацію, одночасно передбачаючи світлоаераційні ліхтарі з вітрозахисними панелями.

У приміщеннях необхідно передбачати проходи, майданчики, а також пристрої та пристосування для зручного та безпечного обслуговування, ремонту, скління і двобічного очищення скла світлоаераційних ліхтарів відповідно до вимог НПАОП 27.1-1.06-08.

Для виробничого обладнання та комунікацій, що є джерелами значних тепловиділень, передбачаються заходи, які забезпечують температуру зовнішніх поверхонь відповідно до вимог ДСН 3.3.6.042-99.

Над запалювальними горнами агломераційних машин з температурою зовнішньої поверхні вище ніж  $45^{\circ}\text{C}$  влаштовуються зонти з витяжними трубами, виведеними на 1 - 2 м вище найбільш високої частини будівлі, та дефлекторами.

Для запалювальних горнів, у яких між боковими стінками і бортами палет є зазор, влаштовуються екрани для захисту від променистого тепла.

Конструкція випалювальних машин повинна бути такою, щоб забезпечувалось ефективне ущільнення у вузлу "горн - випалювальні візки" з метою унеможливлення у процесі експлуатації вибивання газів і теплового випромінювання у приміщення розжареним шаром котунів.

Для захисту робочих місць біля сушильних установок від променевого тепла вони обладнуються повітряними душами.

Конвеєри, що транспортують розжарені, гарячі матеріали, обладнуються теплозахисними екранами з боку робочих проходів.

Для забезпечення необхідного повітрообміну передбачається механічний приплив за допомогою осьового вентилятора KD 450 XL, продуктивністю 5250 м<sup>3</sup>/год, повним тиском  $P = 300$  Па,  $N = 1.392$  кВт,  $n = 1289$  об/хв., з акустичними характеристиками по октавним рівням звукової потужності в середньо геометричних частотних октавних смугах, які наведено в табл. 5.3.

Таблиця 5.3 - Акустичні характеристики по рівням звукової потужності

Середньо геометричні частоти октавних смуг	Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Октавний рівень звукової потужності ДШ відповідно до паспортних даних (Lp)	дБ	73,0	75,0	76,0	77,0	73,0	68,0	58,0	53,0

При освітленні виробничих приміщень в цьому цеху використали природне бічне освітлення, здійснюване через світлові отвори в зовнішніх стінах, і штучне загальне освітлення, яке створює рівномірний розподіл світлового потоку. В якості джерел світла на підприємстві використовуються люмінесцентні лампи. При застосуванні таких ламп для освітлення приміщень з невеликою запиленою і нормальною вологістю (цехові приміщення) використовують відкриті світильники ЛОУ, ДСП.

Для приміщень з великим змістом пилу (склади) або з великою вологістю (відділення приготування тіста) – волого-пилезахищені світильники ПВЛП. Цехи забезпечують аварійним освітленням для евакуації людей при надзвичайних ситуаціях. Для поліпшення природного освітлення устаткування забарвлене у світлі тони, стіни побілені.

Характеристики освітленості на робочому місці приведені в табл. 5.4.

Площа цеху 100 м<sup>2</sup> (довжина 15 м, ширина 6,7 м), висота приміщення - 4,5 м.

Заходи по зниженню шуму і вібрації. Джерелом шуму і вібрації на виробництві є працююче устаткування. Основним джерелом вібрації є трикантер, а шуму - насоси для перекачування смоли, двигуни трикантера.

Таблиця 5.4 - Характеристика освітленості робочого місця

Найменування робочого місця	Розряд зорових робіт	Природне освітлення, бічне	Штучне освітлення, загальне
		Коефіцієнт освітлення, %	Нормована освітленість, %
Склад сировини і готової продукції	V би	1,5	200
Підготовче відділення	V а	1,0	300
Виробничий цех	IV би	1,5	300

Причиною збудження вібрацій є ті, що виникають при роботі машин і агрегатів неурівноважені силові дії, які виникають :

- при зворотно-поступальних рухах систем (кривошипне-шатунові механізми, вибійні пристрої і тому подібне);



- в результаті наявності неурівноважених мас(ручні електричні і пневматичні шліфувальні машини, різальний інструмент верстатів і тому подібне), що обертаються;
- при ударах деталей(зубчасті зачеплення, підшипникові вузли).

Значення шуму і вібрації, що створюються при роботі різного устаткування, приведені в табл. 5.5

Таблиця 5.5 - Значення шуму і вібрації при роботі устаткування

Найменування устаткування	По факту	Норма	По факту	Норма
	Шум, дБ (f=250...1000 Гц)		Вібрація, дБ	
Змішувачі	85	75	118	110
Гомогенізатор, емульгатор	80	75	114	110
Насоси	85	75	118	110
Машини, що завертали	78	75	118	110

Для мінімізації шумового впливу в робочій зоні передбачено ряд заходів:

- автоматизація операцій по веденню технологічних процесів;
- встановлення обладнання на шумопоглинальних та віброізолюючих основах.

Отже, з урахуванням передбачених заходів, екрануючої здатності споруд та будівель, а також природного згасання шуму при його поширенні на значні відстані, рівень шуму на межі житлової забудови, що знаходиться на відстані 1,8 км від об'єкту проектування, не призведе до додаткового шумового навантаження після впровадження планової діяльності.

Технологічне устаткування не перевищує при своїй роботі нормативних характеристик вібрацій відповідно до ДСП 3.3.1.038-99, ДСН 3.3.6.039-99.

Рівень вібрації від проектного об'єкту на межі житлової забудови не перевищить допустимих значень, згідно ДСН 3.3.6.039-99 Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації.

Підприємство зобов'язано періодично робити оцінку шумової і вібраційної безпеки праці на робочих місцях, контроль рівня випромінювання електромагнітних полів радіочастот, контроль рівнів загальної і локальної

вібрації при виконанні реальних технологічних операцій і технологічних процесів.

Відповідно до ДСТУ Б В.2.5-82:2016 Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом нормованим є вплив електричних полів струмів промислової частоти напругою більше 400 кВ.

Оскільки проектована діяльність не пов'язана зі споживанням електроенергії напругою більше 400 кВ, шкідливий вплив на персонал і навколишнє середовище знаходиться в допустимих межах.

Джерелом травм на підприємстві можуть бути рухливі частини машин, що обертаються. Перед початком роботи необхідно переконатися в справності устаткування. За наявності неполадок слід починати роботу тільки після їх усунення. Частини устаткування, що обертаються, мають бути закриті кожухами, шнеки - кришками. В першу чергу представляють небезпеку двигуна машини і приводний пас. Необхідно стежити за справністю системи блокування устаткуванні. Для руху людей використовуються перехідні містки з перилами.

Забороняється очищення, мастило, регулювання устаткування без його повної зупинки.

Робітники мають бути в захисному одязі (халати, косинки).

### **5.3 Пожежна профілактика**

В приміщенні управління може горіти: електроізоляція, дерев'яні й тканинні матеріали.

Категорія пожежної небезпеки приміщення – В; клас зони пожежонебезпеки П-Па, ступінь вогнестійкості П.

Основними причинами виникнення пожеж при виробництві є:

- несправність електроустаткування (коротке замикання, великі
- перехідні опори, перевантаження);
- розряд атмосферної і статичної електрики;
- самозаймання промасленого устаткування.

Заходи щодо пожежної безпеки підрозділяються на організаційні, технічні й експлуатаційні. Організаційні заходи передбачають: правильну експлуатацію устаткування, правильний зміст приміщення, протипожежний інструктаж робітників. До технічних заходів відносять дотримання протипожежної безпеки, правил і норм при проектуванні або установці електроустаткування, опалення, освітлення і вентиляції.

Пульти управління устаткування каменедроблення забезпечені звуковою сигналізацією і аварійними вимикачами всього комплексу. В місцях з підвищеним рівнем шуму, поруч зі звуковою сигналізацією передбачена дублююча світлова сигналізація. З порядком подання сигналів перед пуском устаткування ознайомлені всі робітники, а інструкції по призначенню сигналів вивішені на видних місцях.

Експлуатаційні заходи – це своєчасний огляд і ремонт технологічного устаткування. Важливим протипожежним заходом є правильний вибір і використання електродвигунів, стаціонарних і переносних світильників, пускової апаратури з урахуванням умов довкілля(вогкість, запилена, пожежна- і вибух небезпека). Оскільки для виникнення і розвитку процесу горіння, що обумовлює явище пожежі, потрібне одночасне поєднання горючої речовини, окисника і безперервного потоку тепла від вогнища пожежі до горючого матеріалу, то для припинення горіння досить виключити який-небудь з цих елементів. Характеристика приміщень по пожежна-вибухонебезпеці приведена в табл. 5.7.

Таблиця 5.7 - Характеристика виробництва по пожежна-вибухонебезпеці

Приміщення	Категорія по пожежна-вибухонебезпеці	Категорія по ПУЭ	Найбільша допустима відстань до виходу, м	Міра вогнестійкості
Склад продукції	Б	У-Іа	50	ІІ
Склади сировини	В	ІІ-ІІ	50	ІІІ
Виробничі цехи	Д	Не класифікується	Не обмежено	ІІ
Компресорна	Б	ІІ-Іа	50	ІІ
Склади допоміжних матеріалів і готової продукції	В	ІІ-Іа	50	ІІ

Пожежний інвентар розміщують в приміщеннях, щоб до нього був забезпечений вільний доступ. Пожежне відро і вогнегасники підвішують на висоті 1,5 м від підлоги до днища відра. Пожежний інвентар зазвичай зберігають в спеціальних щитках, які встановлені у компресорної і котлової.

У кожному виробничому приміщенні не менше двох вогнегасників ОП–5, ОУ–5. За станом вогнегасного устаткування і змістом його в готовності ведеться систематичне спостереження. Не рідше за один раз в місяць його піддають зовнішньому огляду, видаляючи пил і забруднення, у вогнегасників прочищають сприск (дротом діаметром 3,5 мм), перевіряють цілісність пломб і бирок. Протипожежні розриви між будівлями (не менше 7 м) і спорудами не повинні використовуватися під складування матеріалів, устаткування і так далі.

При виявленні пожежі необхідно:

- негайно повідомити про це в пожежну службу 101 (при цьому чітко назвати адресу організації, місце пожежі, свою посаду і прізвище, а також повідомити про наявність у будівлі людей);
- задіяти систему сповіщення про пожежу;
- вжити заходи до евакуації людей;
- сповістити про пожежу керівника організації або замінюючого його працівника;
- організувати зустріч пожежних підрозділів, приступити до гасіння пожежі наявними засобами пожежогасінні (внутрішніми пожежними кранами, вогнегасниками і тому подібне).

#### **5.4 Висновок**

На підставі проведеного аналізу шкідливих і небезпечних чинників при експлуатації устаткування установки дешламації кам'яновугільної смоли були розроблені:

- заходи по зниженню небезпеки поразки електричним струмом;

- заходи по забезпеченню санітарно-гігієнічних норм;
- протипожежні заходи;
- заходи при надзвичайних ситуаціях.

## ВИСНОВКИ

В ході виконання кваліфікаційної роботи була розроблена: система автоматичного управління завантаження руди в стержневий млин.

Відповідно до вимог детально розроблена підсистема управління технологічним устаткуванням.

Для підсистеми управління технологічним устаткуванням була розроблена функціональна, структурна, електрична і схема з'єднань.

В якості об'єкта управління обрано конвеєр подачі руди до стержневого млина, для якого і виконується розробка підсистеми автоматичного управління. Вхідними параметрами є сигнали завдання швидкості конвеєра. Вихідними параметрами об'єкту управління є швидкість конвеєра.

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

Кваліфікаційну роботу виконано повністю відповідно до теми і завдання, оформлено відповідно до нормативних документів і методичних рекомендацій.

Цілі, поставлені перед кваліфікаційною роботою, повністю виконані.

**ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ**

1. 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.
2. 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.
3. 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.
4. Бойко О.О. Методичні вказівки до лабораторних робіт з теорії автоматичного управління 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.
5. Анализ энергозатрат при обогащении железорудного сырья /В.А. Чангурин, В.А. Першуков, А.А. Першуков и др., Горный журнал ,1996, №1-2.
6. Бунько В.А., Волотковский С.А., Янкилевич Н.Г., Автоматизация на обогатительных фабриках, Гоогостехиздат ,1961, - 364с.
7. Воронов В.А., Многоуровневая оптимизация процессов обогащения, М., «Недра», 1991, - 352с.
8. Гольтберг Ю.С., Гонтаренко А.А., Процессы и оборудование для обезвоживания руд, М., «Недра», 1977, - 202с.

9. ГОСТ 19.201–78. ЕСПД. Единая система программной документации. Техническое задание. Требования к содержанию и оформлению.
10. Гудима В.И. Основы автоматизации обогатительных фабрик (автоматический контроль и регулирование). М., Недра, 1978, 213 с.
11. Кошарский В.Д., Рабинович Г.А., Красномовец А.В., Ситковский А.Я., Автоматизация обогатительных фабрик, М., «Недра», 1966, - 412с.
12. Марюта А.Н., Качан Ю.Г., Бунько В.А., Автоматическое управление технологическими процессами обогатительных фабрик. Учебник для вузов - М., Недра, 1983. -277с.
13. Марюта А.Н., Бунько В.А. Экспериментальное определение статических характеристик объектов управления обогатительных фабрик М.: Недра. 1969, 118с.
14. Производство концентрата на обогатительной фабрике ПГОКа. Технологическая инструкция ТИ-279-ОА-04-93 , 33стр., 1993г.
15. Полькин С.И. Обогащение руд и россыпей редких и благородных металлов: Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. И доп. – М.: Недра, 1987, 428 с.
16. Справочник по обогащению углей (подготовительные процессы), под. ред. Богданова А.Н., М. «Недра», 1982г. - 378с.
17. Справочник по обогащению руд. В 3-х томах.
18. Троп А. Е., Козин В. З., Прокофьев Е. В. Автоматическое управление технологическими процессами обогатительных фабрик. Учебник для вузов.-2-е изд. Перераб. и доп. М.: Недра, 1986, 303с.
19. Шаруда В.Г., Ткачёв В.В, Филькин М.П., Методы анализа и синтеза систем автоматического управления: Учеб. пособ. –Д., Нац. горн. ун-т, 2008. - 543 с.
20. Электроний ресурс: <http://eir.pstu.edu/handle/123456789/2>,



## ДОДАТОК А

## Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Шифр документу	Примітка	
1			<b><u>Документація</u></b>				
2							
3	A4	KIBС.KBP.151.18.08.ПЗ	Пояснювальна записка		ПЗ		
4							
5			<b><u>Графічна частина</u></b>				
6							
7	A2	KIBС.KBP.151.18.08.E2	Функціональна схема				
8			автоматизації	1	E2		
9							
10	A2	KIBС.KBP.151.18.08.E3	Схема електрична				
11			принципова	1	E3		
12							
13	A4	KIBС.KBP.151.18.08.ПЕЗ	Перелік елементів	1	ПЕ		
14							
15	A4	KIBС.KBP.151.18.08.Д	Презентація		Д		
16							
17		KIBС.KBP.151.18.08.ВДЕ	Носій інформації	1	ВДЕ		
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
			Підп.	Дата	<b>KIBС.KBP.151.18.08.ТП</b>		
Зм.	Арк.	№ докум.			Літ.	Аркуш	Аркушів
Розробив		Роздайбіда		25.05.21		1	1
П. конс.					Національний ТУ «Дніпровська політехніка», ЕТФ, 151-18ск-1		
Н. контр.							
					Відомість проекту		



**ВІДГУКИ КОНСУЛЬТАНТІВ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**



**ВІДГУК**

**на кваліфікаційну бакалавра по темі: «Автоматизація процесу управління технологічним устаткуванням збагачувальної фабрики.»,  
студента гр. 151-18ск-1 Роздайбіда Вадим Анатолійович**

Кваліфікаційна робота представлена пояснювальною запискою об'ємом \_\_\_ стор. формату А4 і графічною частиною \_\_\_ стор. формату А4.

Завдання і зміст кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра відповідає основній меті – перевірці знань та ступеню підготовки студента 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.

Метою є розробка підсистеми управління технологічним устаткуванням – конвеєром подачі руди до стержневого млина.

Згідно з аналізом об'єкта автоматичного керування, розроблена динамічна модель електромеханічної частини конвеєра.

Виходячи з отриманих результатів можливо зробити висновок, що модель відповідає об'єкту керування та може бути використана для подальшої розробки системи керування.

Подальше вдосконалення моделі можливе у рамках більш детального аналізу впливів збурення.

Отримана модель може бути використана за для розробки програмного забезпечення системи керування.

Основними функціями системи є формування та реєстрування керуючого впливу який подається на об'єкт управління, реєстрування дійсного значення на виході об'єкта, візуалізація отриманих даних, та їх надання у зручному для подальшої обробки виді.

Також контуру управління входять програмований логічний контролер і частотний перетворювач з електродвигуном.

Візуалізація процесу управління відбувається за допомогою персонального комп'ютера з SCADA системою, яка дозволяє крім функцій управління виконувати функції дослідження об'єкта.

Тема кваліфікаційної роботи безпосередньо пов'язана з професійною діяльністю фахівця спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології. Цілі, поставлені перед кваліфікаційною роботою, повністю виконані. ПЗ і графічна частина кваліфікаційної роботи виконана відповідно до вимог ГОСТ і ЕСКД, зауважень до проекту немає.

При виконанні кваліфікаційної роботи і ухваленні рішень проявлена висока міра самостійності, технічної грамотності.

Оцінки по розділах кваліфікаційної роботи - «\_\_\_\_\_».

Кваліфікаційна робота в цілому заслуговує оцінку «\_\_\_\_\_», а студент привласнення освітнього рівня «бакалавр» в галузі знань 15 Автоматизація та приладобудування.

Керівник кваліфікаційної роботи, \_\_\_\_\_ ст. викл. Надточий В.В.

\_\_\_\_.06.2021

## РЕЦЕНЗІЯ

**на кваліфікаційну бакалавра по темі: «Автоматизація процесу управління технологічним устаткуванням збагачувальної фабрики.», студента гр. 151-18ск-1 Роздайбіда Вадим Анатолійович**

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 повністю до вимог стандартів та методичних рекомендацій.

Метою є розробка підсистеми управління технологічним устаткуванням – конвеєром подачі руди до стержневого млина.

Згідно з аналізом об’єкта автоматичного керування, розроблена динамічна модель електромеханічної частини конвеєра.

Виходячи з отриманих результатів можливо зробити висновок, що модель відповідає об’єкту керування та може бути використана для подальшої розробки системи керування.

Подальше вдосконалення моделі можливе у рамках більш детального аналізу впливів збурення.

Отримана модель може бути використана за для розробки програмного забезпечення системи керування.

Основними функціями системи є формування та реєстрування керуючого впливу який подається на об’єкт управління, реєстрування дійсного значення на виході об’єкта, візуалізація отриманих даних, та їх на-дання у зручному для подальшої обробки виді.

До контуру управління конвеєром входять програмований логічний контролер і частотний перетворювач з електродвигуном та датчик швидкості конвеєра.

Візуалізація процесу управління відбувається за допомогою персонального комп’ютера з SCADA системою, яка дозволяє крім функцій управління виконувати функції дослідження об’єкта.

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

Рецензент,  
\_\_\_\_\_.06.2021

\_\_\_\_\_