

Міністерство освіти і науки України
 Національний технічний університет
 «Дніпровська політехніка»

Навчально-науковий інститут електроенергетики
 (інститут)

Електротехнічний факультет
 (факультет)

Кафедра кіберфізичних та інформаційно-вимірювальних систем
 (повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра

студента Третьяков В'ячеслав Юрійович

(П.І.Б.)

академічної групи 151-19ск-1

(шифр)

спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(код і назва спеціальності)

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

(офіційна назва)

на тему Автоматизація технологічного процесу виробництва кальцієвого вапна

(назва за наказом ректора)

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

Дніпро
 2022

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

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

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеня бакалавр

студенту Третьяков В.Ю.
(прізвище та ініціали)

академічної групи 151-19ск-1
(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 технологічного процесу виробництва кальцієвого вапна

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 26.04.2022 №217-с

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

Завдання видано _____
(підпис керівника)

ст. викл. Шевченко В.І.
(прізвище, ініціали)

Дата видачі

04.05.2022

Дата подання до екзаменаційної комісії

10.06.2022

Прийнято до виконання _____
(підпис студента)

Третьяков В.Ю.
(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Об'єкт розробки – система автоматичного керування ланками технологічного процесу виробництва кальцієвого вапна.

Об'єкт дослідження – обертова піч для прожарювання кальцієвого вапняку, піч типу ПО-III-3,6-110.

Предмет дослідження – проведення структурної і параметричної ідентифікації та визначення математичної моделі об'єкта керування.

Для створення ефективної системи керування проведено дослідження поведінки об'єкту за обраним каналом керування «швидкість обертання барабана печі - температура вапна на виході». Контур керування обертової печі ПО-III-3,6-110 має частотний перетворювач регулювання швидкості обертання печі, та датчик температури вапна на виході печі.

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

ОБЕРТОВА ПІЧ, КАЛЬЦІЄВИЙ ВАПНЯК, ПРОЖАРЮВАННЯ
ТЕМПЕРАТУРА, ВАПНО, ШВИДКІСТЬ ОБЕРТАННЯ, ДАТЧИК,
ЧАСТОТНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ, СИСТЕМА КЕРУВАННЯ, СИНТЕЗ
СИСТЕМИ, ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ

ЗМІСТ

Зміст	4
Перелік скорочень	7
Вступ	8
1 Стан питання та постановка завдання	10
1.1 Загальна інформація	10
1.1.1 Вапняк	10
1.1.2 Вапно	11
1.1.1 Технологія	14
1.1.1.1 Шахтні печі для виробництва вапна	14
1.1.1.2 Обертові печі для виробництва вапна	18
1.2 Об'єкт керування	23
1.3 Структура об'єкту керування	25
1.4 Принцип функціонування об'єкту керування	26
1.5 Формулювання задачі дослідження	27
1.6 Висновки за розділом	28
2 Розробка апаратного забезпечення системи керування	30
2.1 Розробка структурної схеми підсистеми керування	30
2.2 Вибір апаратного забезпечення підсистеми керування	31
2.2.1 Вибір датчиків	31
2.2.2 Вибір виконавчих пристроїв	32
2.3.3 Вибір пристроїв керування	33
2.3.4 Вибір джерел живлення	38
2.4 Розробка функціональної схеми автоматизації	40
2.5 Розробка схеми електричної принципової	41
2.6 Висновки за розділом	42
3 Визначення моделі об'єкта керування	43
3.1 Розробка структурної схеми інформаційних потоків дослідницької системи	44

	5
3.2 Розробка методики дослідження об'єкта керування	46
3.3 Виконання експерименту	47
3.4 Обробка результатів експерименту	53
3.4.1 Структурна ідентифікація	54
3.4.2 Параметрична ідентифікація	54
3.4.3 Розробка моделі об'єкта керування в Simulink	57
3.4.4 Перевірка моделі на адекватність	58
3.5 Висновки за розділом	60
4 Економічна частина	62
4.1 Техніко-економічне обґрунтування впровадження системи керування	62
4.2 Розрахунок капітальних витрат пов'язаних з впровадженням системи керування	62
4.3 Розрахунок капітальних витрат на програмне забезпечення	63
4.3.1 Розрахунок часу на розробку програмного забезпечення	63
4.3.2 Розрахунок витрат на розробку програмного забезпечення	66
4.4 Розрахунок експлуатаційних витрат	67
4.4.1 Амортизація основних фондів	68
4.4.2 Розрахунок фонду заробітної плати	68
4.4.3 Відрахування на соціальні заходи	69
4.4.4 Розрахунок витрат на технічне обслуговування та ремонт	70
4.4.5 Витрати на електроенергію	70
4.4.6 Інші витрати	70
4.5 Висновки за розділом	71
5 Охорона праці	72
5.1 Повітря робочої зони	73
5.2 Виробниче освітлення	76
5.3 Електробезпека	76
5.3.1 Система технічних засобів і заходів з електробезпеки.	77
5.3.2 Система електрозахисних засобів.	77
5.4 Виробничий шум	78

	6
5.5 Пожежна безпека	79
5.5.1 Система попередження вибухів і пожеж.	79
5.6 Висновки по розділу	80
Висновки	81
Перелік посилань	83
Додаток А	87
Додаток Б	88
Відгуки консультантів кваліфікаційної роботи	89
Відгук	91
Рецензія	92

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АСК ТП	- автоматизована систему керування технологічним процесом
БП	- біологічне паливо;
ВВП	- внутрішній валовий продукт;
ЕОМ	- електронна обчислювальна машина;
ОУ	- об'єкт керування;
САК	- система автоматичного керування;
ПЛК	- програмований логічний контролер;

ВСТУП

Переробка корисних копалин є однією з основних галузей сучасної переробної промисловості. Активно розвивається збагачення копалин, розробляються принципово нові і вдосконалюються відомі процеси, машини і механізми, що ініціює закономірний процес оновлення підручників і посібників в цій галузі.

Вапняк видобувають відкритим способом в кар'єрах. Щільні вапняно-магнезіальні породи підривають. Для цього спочатку за допомогою верстатів ударно-обертального (при твердих породах) або обертального буріння (при породах середньої міцності) бурять свердловини діаметром 105...150 мм глибиною 5...8 м і більше на відстані 3,5...4,5 м одна від одної. У них закладають належну кількість вибухової речовини (ігданіта, амоніту) в залежності від міцності породи, потужності пласта і необхідних габаритів вапняку.

Спостерігається іноді неоднорідність залягання вапняків в родовищах (за хімічним складом, міцності, щільності і т. п.) Обумовлює необхідність вибіркової розробки корисної породи. Отриману масу вапняку у вигляді великих і дрібних шматків завантажують в транспортні засоби ківшевим екскаватором. Вапняк доставляють на комбінат автосамоскидами.

Високоякісне вапно можна отримати тільки при випалюванні вапняку у вигляді шматків, мало що розрізняються за розмірами. При випалюванні вапняку в шматках різного розміру виходить нерівномірно обпалене вапно (дрібниця, частково або повністю перепалене, серцевина великих шматків - необпалена). Крім того, при завантаженні шахтних печей вапняком різного розміру значно збільшується ступінь заповнення шахтної печі, а отже, зменшується газопроникність матеріалу, що ускладнює випалення вапняку. Тому перед випалюванням вапняк відповідним чином готують: сортують за розміром шматків і, якщо необхідно, більші негабаритні шматки подрібнюють.

Випал - основна технологічна операція в виробництві негашеного вапна. При цьому протікає ряд складних фізико-хімічних процесів, що визначають

якість продукту. Мета випалу - можливо більш повне розкладання (дисоціація) CaCO_3 і $\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$ на CaO , MgO і CO_2 і отримання високоякісного продукту з оптимальною мікроструктурою частинок і їх пір.

Якщо в сировині є глинисті і піщані домішки, то під час випалу між ними і карбонатами відбуваються реакції з утворенням силікатів, алюмінатів та феритів кальцію і магнію.

Реакція розкладання (декарбонізації) основного компонента вапняку - вуглекислого кальцію йде за схемою: $\text{CaCO}_3 - \text{CaO} + \text{CO}_2$.

Теоретично на декарбонізація витрачається 1 790 кДж на 1 кг CaCO_3 . У перерахунку на 1 кг одержуваного при цьому CaO витрати рівні 3 190 кДж.

Тривалість випалу визначається також розміром сировини. Для збільшення продуктивності печей і зниження перепалу поверхневих шарів сировини бажано в допустимих межах зменшити їх розміри. При випалюванні сировини різної крупності, режим процесу визначають виходячи з часу, необхідного для випалу сировини середніх розмірів. Основна відмінність в технологіях виробництва негашеного вапна - в способі випалу [6].

Для успішного розв'язання поточних задач керування необхідно визначити та дослідити необхідні параметри об'єкту керування, тобто потрібно розробити конкретну математичну модель процесу термообробки вапна у печі випалу.

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

1.1 Загальна інформація

1.1.1 Вапняк

Кальцієвий вапно виготовляється з вапняку або крейди (карбонатні породи), що містить не більше 5 % карбонату магнію. Як правило вапняк видобувається як на великих, так и малих на кар'єрах.

В даний час чорна металургія є найбільшим споживачем мінеральної сировини - вапняку, що використовується як флюсів.

ТОВ «Стриганецький кар'єр» є одним з найбільших платників податків у Тисменицькому районі. У 2019 році компанія сплатила 9 540 000 грн податків, в тому числі понад 7 млн грн у місцеві бюджети сіл Довге та Стриганці.



Рисунок 1.1 - Стриганецький кар'єр з видобутку вапняку

Стриганецький кар'єр розташований на межі сіл Довге та Стриганці Тисменицького району Івано-Франківської області. Початок видобутку вапна на кар'єрі розпочато у 2011 році, продуктивність 800 тон/доба [8].

ПрАТ «Докучаєвський флюсо-доломітний комбінат» є одним з основних виробників флюсів в Україні. Продукція комбінату відвантажується понад 200 споживачам, у тому числі металургійним заводам півдня України: Донецькому, Макіївському, Маріупольським Ілліча та Азовсталь, Запорізькому, Єнакіївському, Дніпропетровському та ін., а також будівельним організаціям, підприємствам цукрової, хімічної, скляної та цементної промисловості. Головний споживач вапняку у чорній металургії - конвертерне виробництво сталі (4,4 млн. тонн) в конвертерному процесі вапняк служить для наведення високо-основної шкали CaO/SiO_2 , завдяки котрому здійснюється рафінування рідини сталі (видалення сірки, фосфору, неметалевих включень, кисню та ін.).

Виробництво ПрАТ «Докучаєвський флюсо-доломітний комбінат» - велике гірничозбагачувальне підприємство по видобутку і виробництву вапняків і доломітів для металургійної промисловості. Обсяг виробництва товарної продукції складає 7 млн. Тон/рік, у тому числі для потреб металургійної промисловості 5,6 млн. тон, що становить 37 % флюсів України. Комбінат є основним виробником випаленого металургійного доломіту (160 тис.т./рік).

1.1.2 Вапно

Випал цих карбонатних порід здійснюється в шахтних або обертових печах при температурі 1 000...1250 °С для отримання вапна [9]. Реакція розкладання карбонату кальцію (вапняку) ендотермічна, для отримання 1 кг CaO потрібно 3 185 кДж температури. Теоретично для отримання 1 кг вапна I ступеня з активністю 94 % потрібно 2 994 кДж (715 ккал) тепла, що еквівалентно спалюванню 0,089 м³ природного газу, або 0,102 кг умовного палива. При випалі карбонатних порід в промислових печах витрата тепла значно більше і становить:

- для шахтних печей 840...1 050 ккал/кг;
- для обертових печей 1 400...1 600 ккал/кг.

Кальцієве вапно використовується в багатьох галузях промисловості і сільському господарстві. Найбільшими споживачами вапна є металургійні підприємства і будівельна галузь. Основні напрямки застосування вапна:

- в металургії при виплавці сталі для видалення фосфору, сірки та інших домішок сполук потрібно 70 кг висо-корективного вапна I марки на 1 тону металу;
- у будівельній галузі для виробництва силікатних виробів (цегли та газобетонних блоків) до сировинної маси додається 7...10 % вапна II або III сорту; для виробництва сухих будівельних сумішей і полімерних цементних матеріалів використовується гідратоване вапно в кількості 3...8 %;
- у хімічній промисловості вапно використовується для виробництва кальцинованої соди, карбїду кальцію, хлорного вапна, солі бертолетів, синтетичного каучуку тощо;
- у гірничо-металургійній промисловості вапно використовується для збагачення рудних корисних копалин (мінералів заліза, міді, золота, алюмінію, марганцю та ін.);
- у харчовій промисловості – для виробництва цукру, соди;
- в різних галузях промисловості – для очищення стічних вод і димових газів.

Якість вапна (ГОСТ 9179-77 «Будівельне вапно») визначається наступними параметрами:

- активність (вміст активного $\text{CaO} + \text{MgO}$);
- вміст не погашених зерен (н.з.);
- залишковий вміст CO_2 , ступінь декарбонізації;
- час гасіння і температура.

Крім того, важливі при виробництві вапна в газових печах важливі наступні економічні показники:

- витрата палива (природного газу);
- енергоспоживання;

- вартість видобутку та приготування сировини (вапняку, крейди);
- капітальні витрати;

Витрати на технічне обслуговування та ремонт.

Аналіз вартості вапна показує, що основні витрати (~70 %) припадають на сировину і паливо, а вартість технологічного палива може становити 50 % і більше, 15...20 % - амортизаційні відрахування і витрати на ремонт обладнання, всі інші витрати не перевищують 10...15 % від вартості палива [10]. З цього випливає, що зниження собівартості сировини і витрати палива є найважливішими завданнями для виробництв вапна.

Випал вапняку і крейди здійснюється в шахтних або обертових печах. Тип і конструкція печей визначається в першу чергу якістю сировини.

У шахтних печах використовуються тверді вапнякові породи вузької фракції з розмірами шматків не менше 30...40 мм. Найбільш часто використовують фракції 40...80 і 70...140 мм. Міцність вапняку повинна бути не менше 30 МПа.

Карбонатні породи, які схильні до розтріскування при нагріванні, а також вапняки, схильні до утворення в печі зварних швів (агломератів), не випалюють в шахтних печах.

Переваги шахтних печей:

- відносно низька витрата палива;
- компактне розміщення печі на невеликій площі;
- високий ступінь випалу (95...98 %);
- тривалий термін служби футерівка (до 8 років).

Недоліки:

- необхідність використання вузької фракції вапняку;
- підвищені вимоги до якості вапняку.

Шахтні печі мають потужність від 40 до 250 т/добу.

У обертових печах випускають м'які вапнякові породи у вигляді вузьких фракцій менше 50 мм або крейдяного мулу з вологістю до 40 %.

Переваги обертових печей:

- велика одиночна потужність;
- високий ступінь випалу (95...98 %), мало залежить від якості сировини;
- можливість випалу дрібних фракцій;
- можливість випалу вапняку і крейди низької міцності.

Недоліки:

- збільшення питомої витрати палива;
- термін служби облицювання (футерівки) коротший, ніж у валових печах (менше трьох років);
- значне видалення пилу і, відповідно, високі аспіраційні витрати;
- великі капітальні інвестиції, великі металообробні потужності агрегатів.

Роторні печі мають потужність від 250 до 1 000 т/добу [7].

1.1.1 Технологія

1.1.1.1 Шахтні печі для виробництва вапна

В даний час експлуатуються шахтні печі, побудовані ще в 1970...1990 роки, які добре зарекомендували себе протягом багатьох десятиліть і послідовно виробляють і в даний час кускове вапно II і III класів.

Раніше більшість виробників виробляли вапно III ступеня з активністю 70...75% і залишковим вмістом CO_2 6...10 %. Однак в даний час вимоги до якості вапна зросли. Багато зарубіжних виробників пропонують економічні шахтні печі, які дають можливість отримувати вапно I і II марок з залишковим вмістом CO_2 1,5...2,5 % (активність 85...95 %).

Крім того, важливим показником якості вапна є час його гасіння. Різні споживачі вимагають різного часу гасіння. Тому можливість регулювання глибини випалу і часу гасіння (реактивності) вапна є важливою перевагою сучасних вапняних печей.

За останні десятиліття деякі виробники вапна придбали сучасні шахтні печі західних компаній, таких як Maerz, Cimprogetti, SiC, Terruzzi Fercalx і т. д.

Ці печі характеризуються низькою витратою палива, високою якістю продукції. Однак вартість зведення таких печей в кілька разів вище, ніж вартість сучасних шахтних печей вітчизняного виробництва.

Багато підприємств стали на шлях реконструкції існуючих шахтних печей і отримали результати, які порівнянні із західними технологіями, але при цьому за значно нижчими витратами [11].

Головною перевагою циліндричних конструкційних шахтних печей є простота їх конструкції, гарні експлуатаційні параметри, але продуктивність валової печі обмежується максимальним її діаметром 4...5 м, що відповідає максимальній потужності 200...250 тон на добу.

У вапняній промисловості прийнято встановлювати дві шахтні печі для забезпечення гнучких умов виробництва і можливості виведення однієї з печей на ремонт.

Розглянемо сучасні рішення, які дозволяють отримувати вапно I і II сортів на шахтних печах. Схема шахтної печі потужністю 100 тон вапна на добу представлена на рисунку 1.2.

Вапнякову фракцію в 70...140 мм від витратного бункера подають в бункер-дозатор, де він зважується. Після набору необхідної ваги (700...900 кг) завантаження вапняку припиняється, набрана вага фіксується автоматизованою системою управління процесом і вапняк вивантажується в ківшовий скіп для підйому 1.

Далі вапняк за допомогою скіповий ківш по скіповій дорозі 2 піднімається на верхню частину печі і завантажується в піч через герметичний двох-клапанний завантажувальний механізм 3. Механізм завантаження працює наступним чином: вапняк з скіпового ківшу висипають в завантажувальну воронку, потім відкривається верхній клапан і вапняк зсипають в проміжну камеру; після закриття верхнього клапана відкривається нижній клапан і вапняк всипається в піч. Завантаження вапняку в піч здійснюється автоматично за спеціальним алгоритмом, що дозволяє підтримувати постійний рівень матеріалу в печі і витримувати рівномірне навантаження вапняку.

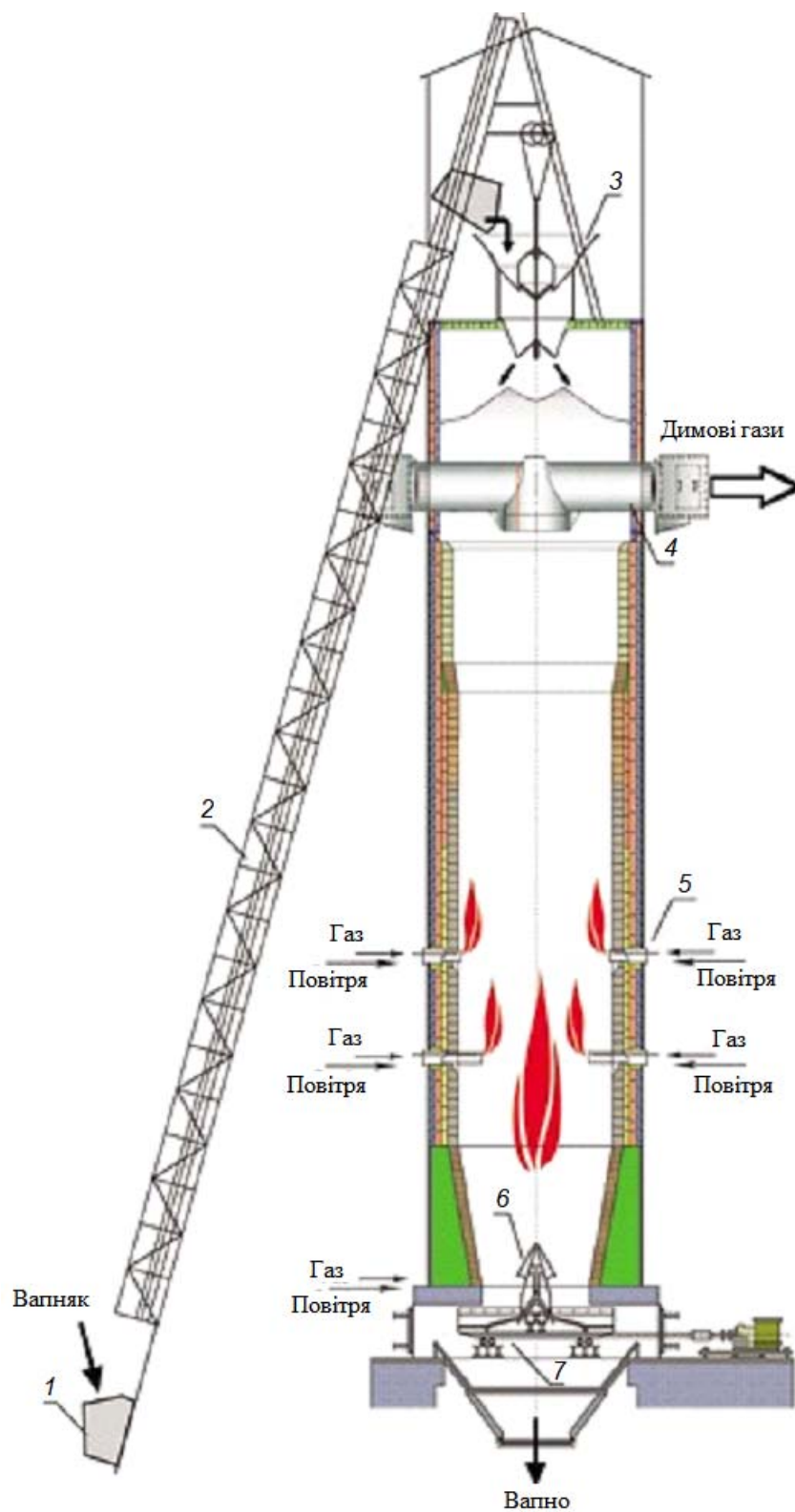


Рисунок 1.2 – Шахтна піч для виробництва вапна

- | | |
|---------------------------------|--------------------------|
| 1 – скіповий ківш; | 2 – скіпова дорога; |
| 3 – навантажувальний пристрій; | 4 – димовідвід; |
| 5 – периферійні пальники; | 6 – центральний пальник; |
| 7 – розвантажувальний пристрій. | |

У печі вапняк повільно проходить через різні ділянки шахти, поступово перетворюючись в вапно. Умовно можна виділити три зони:

- зона завантаження та попереднього підігріву вапняку;
- зона випалу вапняку;
- зона охолодження та скидання вапна.

У верхній частині зони навантаження знаходиться димохід 4, через який з осьової зони печі видаляються вихлопні гази. Завдяки особливій конструкції димового вихлопу спостерігається симетричний профіль руху димового газу і знижується вплив настінного ефекту. Тому гарячі вихлопні гази піднімаються рівномірно по всьому перетину печі, забезпечуючи рівномірний випал вапняку.

У зоні попереднього підігріву, розташованій у верхній частині печі, вапняк нагрівається від висхідного потоку гарячих газів і потрапляє в зону випалу, нагріту до 900...950 °С. Температура димових газів, в залежності від випалювальної фракції і висоти шахти, становить 180...230 °С.

У зоні випалу є два яруси периферійних пальників 5 по 8...12 пальників в кожному ярусі, захищені фурмами та винесеними всередину печі. Через конфорочні пристрої паливо і повітря для горіння подаються в вапняковий шар. Повітря подається в недостатній кількості, необхідне тільки для охолодження фурм, тому відбувається повне горіння палива всередині слою вапняку.

Всередині футеровки встановлюються вакуумні і температурні датчики, які фіксують інтенсивність випалу і забезпечують безпеку управління піччю.

Після проходження зони прожарювання вапно потрапляє в зону охолодження. Тут холодне повітря, що надходить знизу печі, охолоджує вапно.

На дні печі є центральний пальник і балка з повітряним охолодженням 6. Подача повітря в балку дозволяє охолодити балку і вапно, що протікає навколо нього на дні печі. У верхній частині балки знаходиться пристрій введення газу (центральний пальник). Газ, що надходить в центральний пальник, запалюється в зоні першого ярусу печі. Температура на центральній балці не перевищує 200...400 °С і автоматично регулюється подачею повітря і вакуумом на димовідвідбїрі.

У зоні скиду температура вапна фіксується вбудованими пірометрами. Температура відпущеного вапна підтримується в межах 80...120 °С.

Розвантаження вапна здійснюється за рахунок зворотно-поступального руху колосникової решітки 7. Секції решітки і розміри скидних вікон підбираються на основі фракції вапняку і гранула-метричного складу виробленого кускового вапна.

Вапно вивантажується в приймальний бункер, який вивантажується автоматично або оператором в міру його заповнення [6].

1.1.1.2 Обертові печі для виробництва вапна

Обертові (роторні) печі дозволяють випалювати карбонатні породи, які не можна спалювати в шахтних печах. Незаперечною перевагою поворотних печей є можливість отримання вапна зі стабільною і високою якістю (активність 92...96%, залишковий CO_2 в вапні менше 2 %).

Залежно від властивостей сировини використовуються довгі або короткі поворотні печі. Довгі поворотні печі мають співвідношення довжини барабана L до діаметра D (у світлі) в межах 35... 40. Короткі печі працюють з запеченими теплообмінниками і мають співвідношення $L / D = 14...20$.

У довгих печах (довжина 75...150 м) смажена низько-міцна карбонатна сировина, що містить велику кількість дрібних фракцій з вологістю до 40 % В коротких печах (довжина барабана 40...70 м) спалюють вапняки у вигляді вузьких фракцій: 0,1...2 мм, 10...20 мм, 20...40 мм з вологістю до 8 %.

Температура матеріалу в печі не перевищує 1 200 °С і залежить від типу сировини, що випалюється.

Температура газового середовища вище температури матеріалу, що випалюється на 250..300 °С.

Схема короткої противоточної обертової печі [12] представлена на рисунку 1.3.

Піч складається з обертового барабана 1, теплообмінника шахти печі для підігріву сировини 2 і вапняного охолоджувача 8, газового пальника 7, газоочисного обладнання (циклони, фільтр для очищення димових газів,

ДИМОВИХ ВИХЛОПНИХ і ВИДУВНИХ ВЕНТИЛЯТОРІВ ДЛЯ ОХОЛОДЖЕННЯ ВАПНА і ОБЛАДНАННЯ.

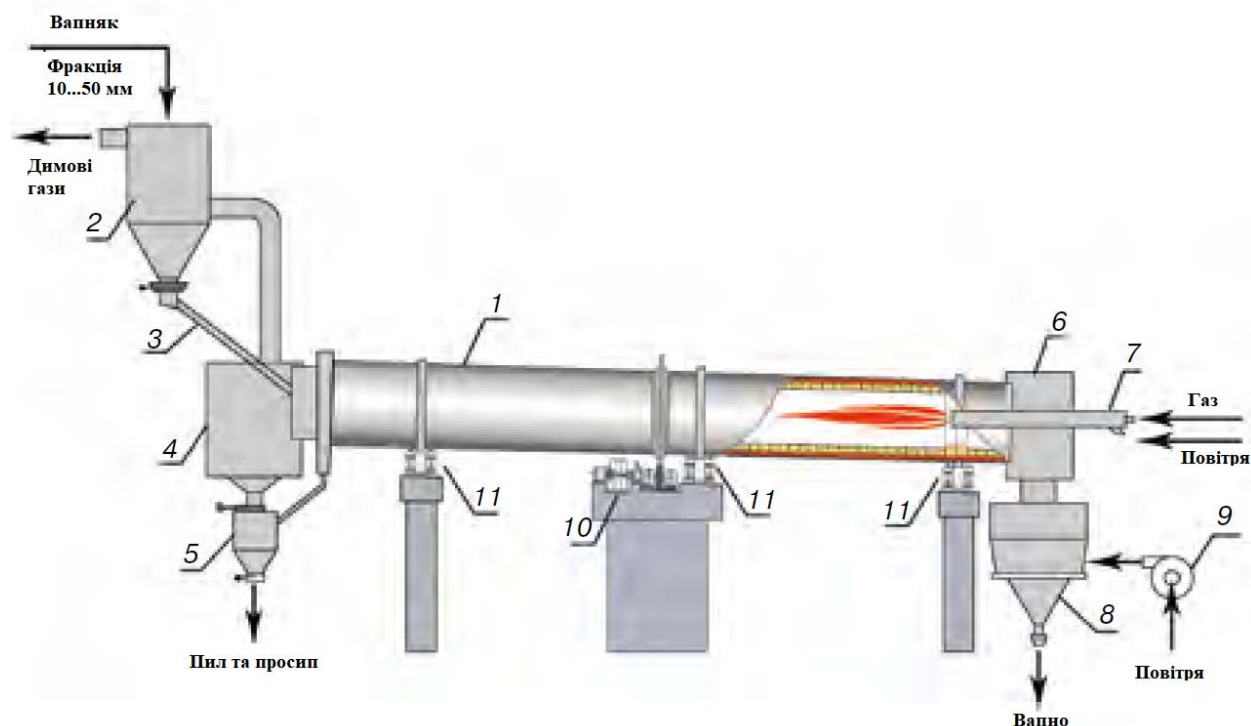


Рисунок 1.3 - Коротка обертова піч для виробництва вапна:

- | | |
|-----------------------------|----------------------------------|
| 1 – облицьований барабан; | 2 – вапняковий обігрівач; |
| 3 – завантаження тічки; | 4 – камера зберігання пилу; |
| 5 – пилосос; | 6 – гаряча торцева головка печі; |
| 7 – пальник; | 8 – охолоджувач вапна; |
| 9 – вентилятор вентилятора; | 10 – механічний привід печі; |
| 11 – роликові опори | |

Корпус печі 1 являє собою порожнистий сталевий барабан, зварений з секцій діаметром від 2,2 до 7 м і товщиною до 30 мм. Корпус печі фіксується в певному положенні на роликових опорах системою гідравлічних тягових роликів.

Для підвищення жорсткості корпусу його товщина під бинтами і приводною шестернею збільшується на 2...3 рази. Раніше використовувані для цієї мети кільця жорсткості не виправдовували себе на практиці і в печах немає останніх конструкцій.

Корпус печі має нахил 3...4 % до горизонту і обертається зі швидкістю 0,5...1,5 об/хв від електродвигуна, підключеного до корпусу через редуктор,

субкорунок і коронну шестерню 10. При збільшенні діаметра корпусу печі збільшується радіальна сила, що передається підкореневою шестернею.

Піч оснащена резервним (допоміжним) приводом малої потужності, що дозволяє обертати її корпус зі швидкістю 4 об/хв в період пуску і під час ремонтних робіт.

Торцева оболонка розвантажувальної частини корпусу сучасних потужних печей охолоджується холодним повітрям, накачаним вентилятором між ним і додатковою кінцевою оболонкою.

Піч, яка показана на рисунку 1.3, призначена для випалу фракціонованого вапняку підготовленої фракції вапняку 20...50 мм від бункера завантажується у протиточний шахтний підігрівач 2. Вихлопні гази печі з температурою 850...950 °С подаються в пилову камеру 4, а потім в нагрівач 2, де вапняковий шар нагрівається до температури 700...800 °С. Теплообмін здійснюється в у протитоку між вапняком і газами. Після обігрівача вихлопні гази з температурою 360...370 °С переходять на очищення газу.

Далі нагрітий вапняк надходить в завантажувальний блок поворотної печі 1 самопливом по похилій тічці 3. У тічці є відсівний вузол, під час проходження якого з потоку видаляється пил, що утворюється в нагрівачі і невеликий (до 5 мм) вапняк. Через диверсійну тічку водопровід надходить в пилову камеру 4, а потім через миготливий клапан в бункер 5, з якого направляється транспортними засобами на утилізацію або споживачеві.

В обертовій печі вапняк переміщається в протитоку з димовими газами, перетворюючись в вапно. Факел пальника 7, встановленого на протилежному кінці печі, віддає своє тепло випромінюванням і конвекцією матеріалу, який подаються в обертовий барабан печі. Оптимальна довжина факела і режим горіння палива в печі підбираються (коригуються) за допомогою газоповітряного пальника 7. Первинне повітря 10...15% палива, необхідного для повного горіння) подається в пальник вентилятором високого тиску. Решта кількості повітря надходить безпосередньо в гарячу торцеву головку 6 печі, а потім безпосередньо в барабан печі 1. Запечене вапно з печі скидається через

гарячу головку 6 в охолоджувач печі 8, де охолоджується до температури 50...80 °С.

Охолоджуюче повітря подається вентилятором 9 в камеру розподілу повітря в центрі корпусу охолоджувача. Проходячи через шар вапна, повітря за рахунок фізичного тепла вапна нагрівається до 300...350 °С. Далі нагріте повітря надходить в гарячу головку печі 6 і використовується для спалювання палива. Витрата повітря через вапняний охолоджувач забезпечує горіння палива з надлишковим коефіцієнтом $\alpha = 1,1...1,15$.

Таким чином, при спалюванні палива ми отримуємо димові гази з температурою 370°С, що значно вище, ніж в шахтних печах. Крім того, втрати тепла в обертових печах через корпус барабана в 10 разів вище, ніж в шахтних печах, і становить приблизно 8...12 кВт/м², а температура оболонки може досягати 320...370 °С в зоні випалу.

У довгих обертових печах, незважаючи на розміщення теплообмінників всередині барабана, втрати тепла димовими газами і через корпус печі ще вище. Тому питома витрата тепла в таких печах найвища. Однак високі витрати на паливо в довгих печах частково компенсуються низькою вартістю сировини.

Для поліпшення теплообміну між потоком газу і матеріалом внутрішні теплообмінники (ланцюгові і клітинні теплообмінники) поміщаються в холодну частину довгих печей [15].

Зона обігріву розташована в холодному кінці печі, починаючи з місця надходження в неї сировини і займає до 70 % від загальної довжини корпусу довгої печі. Матеріал, що надходить в зону обігріву, проходить послідовно через зону сушіння і нагрівання, зону випалу. Зона охолодження в печах такого типу практично відсутня, тому довгі печі працюють в поєднанні з барабанним охолоджувачем матеріалу [12].

В кінці зони випалу збоку пальника є поріг висотою 200...500 мм, іноді на відстані 16...18 м - другий поріг. Використання кільцевих порогів (локальних звужень внутрішнього діаметра печі) покращує характеристики процесу випалу за рахунок збільшення часу проходження матеріалу в зоні високої температури і

зниження тепловтрат за рахунок факелового випромінювання до холодного кінця печі. На 10 % підвищують його експлуатаційні характеристики і трохи знижують питому витрату палива для випалу.

Гази, що виходять із зони нагрівання довгої печі, при правильній організації процесу випалу містять 22...24 % CO_2 і 2...2,5 % O_2 .

Зазвичай барабан обертової печі вистилається всього одним шаром вогнетривкої цегли. Це пов'язано з тим, що до недавнього часу не існувало теплоізоляційних матеріалів, порівнянних за міцністю з вогнетривкою підкладкою барабанної печі. Однак в даний час в Європі, США, а зараз і в країнах, що розвиваються, куди приїжджають іноземні компанії, жодна поворотна піч для виробництва вапна або цементу не будується без використання енергозберігаючих футеровок, які знижують втрати тепла через корпус печі.

Йдеться про зменшення тепловтрат через корпус печі за допомогою двошарової (комбінованої) підкладки в печі з вогнетривкої та теплоізоляційної цегли певної конструкції, здатної переносити всі отримані навантаження і напруги в печі і при цьому вдвічі скорочувати тепловтрати через корпус обертової печі.

Ця комбінована футеровка являє собою футеровку, що складається з двох шарів (рис. 1.4).

Зовнішній (робочий) шар складається з вогнетривкої цегли з високими характеристиками з точки зору температури нанесення, міцності і термостійкості. Внутрішній шар, розташований під зовнішнім шаром, складається з теплоізоляційної цегли з низькою теплопровідністю 0,26 Вт / (м·К), високою міцністю до 40 МПа і високою термостійкістю.

Такі показники забезпечують робочий шар облицювання стабільною роботою в жарких зонах печі, а теплоізоляційний шар дозволяє справлятися з фізичними навантаженнями і навантаженнями, що виникають в печі, і зменшувати втрати за рахунок облицювання печі. Ефективність такої підкладки дозволяє окупити її пристрій в печі в перший рік експлуатації. При цьому гарантований термін служби в зоні випалу печі становить три роки, а в холодних

зонах (опалення) - п'ять років і більше. Максимальна температура на корпусі печі з комбінованою підкладкою в середньому становить не більше 200 °С з новою підкладкою і не більше 250 °С при зношеній.

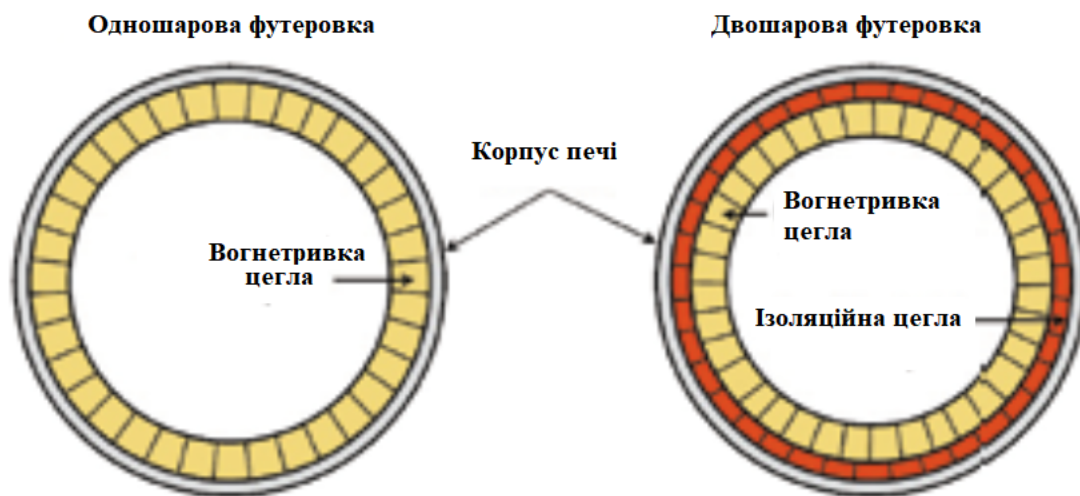


Рисунок 1.4 - Одношарова і двошарова обертова футеровка печі

Таким чином, використання комбінованої футеровки дозволяє знизити втрати тепла через корпус печі в зоні випалу з 8...12 до 4...5 кВт/м², що еквівалентно економії 6,5 тис. м³ горючого газу на добу для печі продуктивністю 450 т/добу [6].

1.2 Об'єкт керування

У кваліфікаційній роботі в якості об'єкту автоматизації обрано обертову піч. Грамотна експлуатація (насамперед автоматизація) печей дозволяє виробляти високоякісну продукцію з мінімальними витратами.

Продуктивність обертової печі багато в чому залежить від конструкцій, теплообмінників і обладнаних нею допоміжних пристроїв (пальники, ущільнення, вапняковий обігрівач, охолоджувач вапняку і т. д.).

Основними факторами, що визначають вибір конструкції печі для виробництва вапна, є вартість і якість сировини і палива.

Обертова піч являє собою сталевий барабан, зварений з окремих частин і футерований всередині вогнетривом. Печі встановлюють під кутом 2...5° до горизонту.



Рисунок 1.5 - Обертова піч ПО-III-3,6-110

Таблиця 1.1 - Основні показники роботи типових обертових печей

Показники	Тип печі				
	З внутрішнім теплообміником	З конвеєрною ґраткою	З шахтним підігрівом	З циклонним теплообмінником	З паровим котлом-утилізатором
Розмір печі					
Довжина	118	50	50	50	75
діаметр корпусу	3,6	3,6	3,6	2,7	3,6
Потужність, т/год.	12,5	12,7	12,7	7,5	15,0
Витрати умовного палива, кг/т	380	234	204	138	286
Вид сировини	Крейдяний шлам	крейда	Вапняк	Карбонати	Вапняк
Вологість, %	40	16,5	2,0	3,0	4,0
Розмір кусків, мм	—	10-25 25-50	10-20 20-40	0,088-0,10	25-50
Тип холодильника	Барабанний 2,3*38м2,5*25м2,5*38м2,5*20м2,5*38				
t вапна, що вивантаж., °С	150	200	200	200	150
t газів на вих. з теплооб. пристрою, °С	250	250	430	145	200

Таблиця 1.2 - Технічні характеристики обертової печі ПО-III-3,6-110

Показники	Значення
Тип печі	ПО-III-3,6-110
Тип теплообмінних пристроїв	Навіска жаростійких ланцюгів
Кут нахилу печі, °	3
Система пиловловлюючих газів	Горизонтальний електрофільтр
Розміри шматків,	до 50,0 мм
Продуктивність за виходом вапна	
агрегатна, кг/с	3,9
питома, кг/(м ³ -С)	4,43-10*3
Діаметр барабана, м:	
зовнішній	3,6
внутрішній	3,2
Довжина барабана, м	110
Робочий об'єм агрегату, м ³ :	
загальний	880
у тому числі барабана	880
підігрівача сировини	-
Маса агрегату без випалювального матеріалу, т:	
всього	1 200
у тому числі металу	730
вогнестійкого	470
Привод обертання	
Частота обертання, хв.	0,6...1,2
Потужність приводу, кВт	125
Живлення, В	380
Димосос:	
подача, м ³ /с	50
тиск, кПа	2
потужність, кВт	125
Живлення, В	380

При випалі сировини відбувається дисоціація вуглекислого кальцію і магнію, причому активно проходить твердо-фазні реакції. У результаті цього виділяється оксид кальцію, який взаємодіє з глинистими і тонко дисперсними піщаними домішками, утворюючи в результаті низько основні силікати, ферити, алюмінати і алюмо-ферити кальцію. В даній печі використовується кам'яне вугілля Львівська-Волинського басейну.

1.3 Структура об'єкту керування

Гази, що виходять із зони нагрівання довгої печі, при правильній організації процесу випалу містять 22...24 % CO₂ і 2...2,5 % O₂.

Основними регулюючими параметрами, що характеризують стан обертової печі, є :

- швидкість обертання барабану печі;
- продуктивність газового пальника.

Ці параметри значно впливають на перебіг процесу в подальшому, а перевищення чи зниження його допустимого значення може призвести до необоротних наслідків, що дадуть нам неякісну продукцію.

Контрольованими параметрами є;

- температура газів на виході з печі;
- температура вапна на виході печі;
- та концентрація CO₂ у вихідних топкових газах;
- концентрація O₂ у вихідних топкових газах.

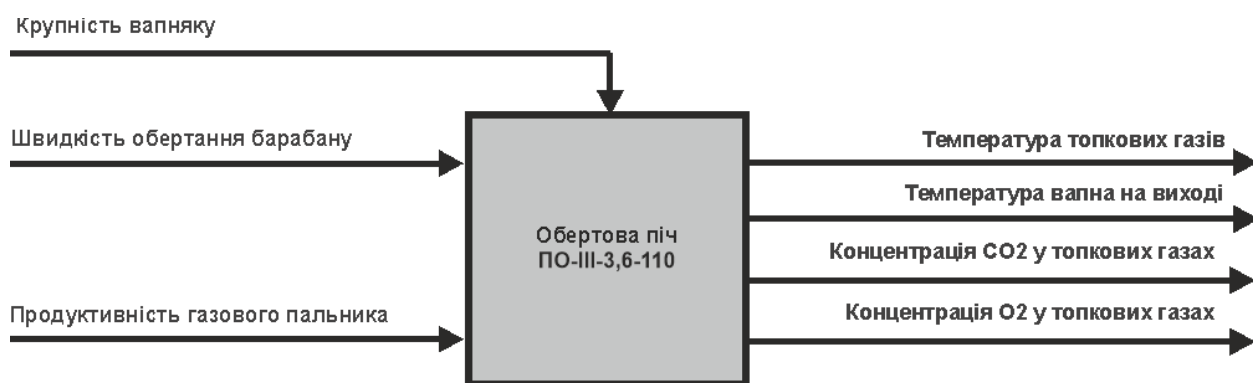


Рисунок 1.6 - Структура обертової печі ПО-III-3,6-110

В свою чергу крупність вапняку на вході печі також має свій вплив, але менш значний. Виходячи з цього, крупність вапняку на вході буде збурюючим фактором.

1.4 Принцип функціонування об'єкту керування

Сировину подають в один кінець печі через спеціальний завантажувальний пристрій. Повітря, необхідне для спалювання палива, підводить у піч з протилежного кінця. Піч працює під дією розрідження, на вимушений тязі, що створюється димососом. У нижній частині вентилятором створюють надлишковий тиск.

По довжині печі умовно можна поділити на окремі зони. Перша – зона нагріву, що займає до третини довжини печі. В ній вапняк втрачає залишкову вологу і нагрівається до 850°C.

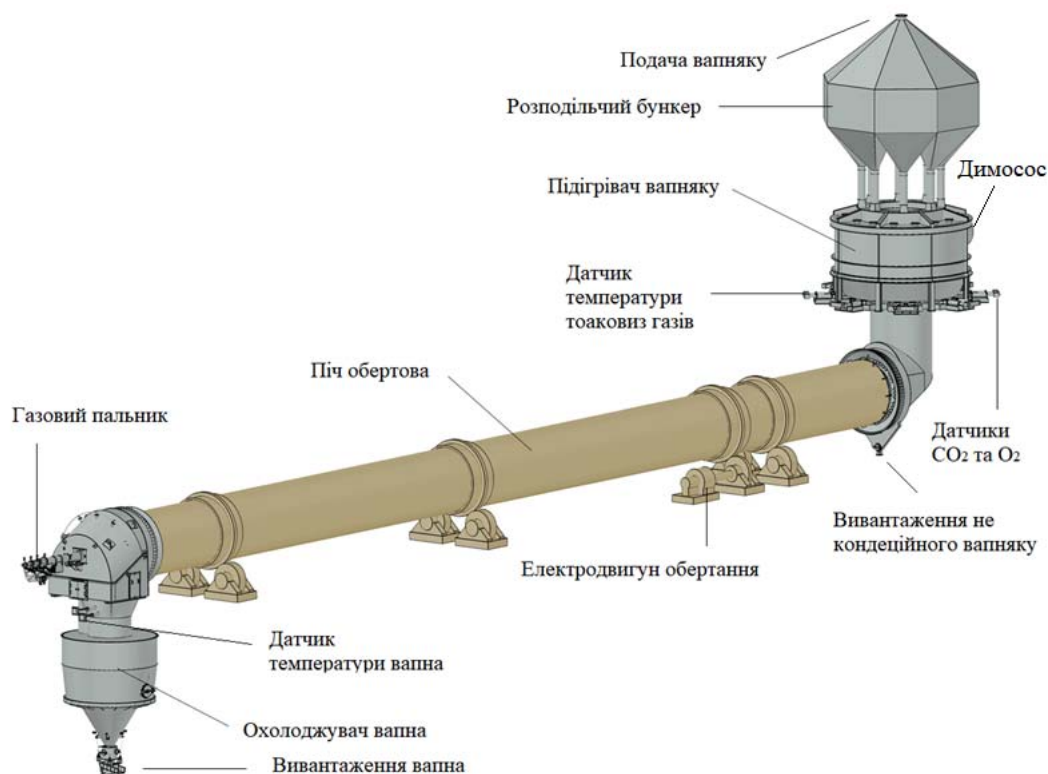


Рисунок 1.7 - Обертова піч ПО-III-3,6-110

У зоні декарбонізації і випалу, що займає близько 20 % довжини печі, температура піднімається до 1100°C, повністю виділяється хімічно зв'язана волога і проходить дисоціація CaCO_3 . Ця зона є найбільш термічно зв'язана напруженою, оскільки на неї затрачено 1740 кДж теплоти на 1 кг CaCO_3 . В наступній зоні охолодження – матеріал охолоджується до 700°C, розплав кристалізується, а для подальшого різкого охолодження застосуються холодильники.

1.5 Формулювання задачі дослідження

В кваліфікаційній роботі слід розробити систему керування, яка б виготовляла продукцію високої якості, з мінімальними енерговитратами на виробництво. Для реалізації цієї мети необхідно створити високоточну математичну модель процесу прожарювання вапняку обертівій печі

ПО-III-3,6-110. Оскільки процес має досить складну та нелінійну (динамічну) характеристику, то для розробки системи керування необхідно розробити спрощену модель процесу, яка зможе доволі точно відтворювати результати моделювання початкової (складної) моделі, але при цьому матиме значно менший час розрахунку.

Для створення ефективної системи керування необхідно провести дослідження поведінки об'єкту.

Обрано канал керування «швидкість обертання барабана печі - температура вапна на виході».

Для дослідження залежності вихідного параметру в залежності від вхідного параметру обрано наступні технологічні параметри:

- швидкість обертання барабана печі, об./хв 0,6...1,2;
- температура вапна на виході, °С 650...760.

Силовий привід робочого обертання печі (завантаженої печі) це електродвигун потужністю приводу 125 кВт з живленням від трьохфазної мережі ~380 В.

1.6 Висновки за розділом

З метою подальшого удосконалення керування процесу виробництва вапна, розглянуто сучасне й перспективне технічне рішення щодо зменшення енергозатрат процесу виробництва. Детально проаналізовано існуюче технологічне обладнання прожарювання вапняку. Означено шлях отримання математичної моделі процесу прожарювання вапняку у обертовій печі.

Актуальність роботи пояснюється необхідністю модернізації систем керування після проведення модернізації і оновлення технологічного обладнання, яка використовуються на підприємстві. Весь процес виготовлення високоякісного вапна вимагає постійного контрольованого технологічного процесу і сучасна система керування дозволить контролювати процес виробництва мастила, дозволяючи отримувати продукцію з заданими

технічними характеристиками. Також ця система керування матиме можливість фіксації та збереження параметрів роботи технологічного обладнання.

2 РОЗРОБКА АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

2.1 Розробка структурної схеми підсистеми керування

У кваліфікаційній роботі, в якості об'єкту керування технологічним обладнанням процесу виробництва вапна обрано обертову піч для прожарювання вапняку. Піч типу ПО-III-3,6-110.

Сировину подають в один кінець печі через спеціальний завантажувальний пристрій. Повітря, необхідне для спалювання палива, підводить у піч з протилежного кінця. Піч працює під дією розрідження, на вимушений тязі, що створюється димососом. У нижній частині вентилятором створюють надлишковий тиск.

По довжині піч умовно можна поділити на окремі зони. Перша – зона нагріву, що займає до третини довжини печі. В ній вапняк втрачає залишкову вологу і нагрівається до 850 °С.

У зоні декарбонізації і випалу, що займає близько 20 % довжини печі, температура піднімається до 1 100 °С, повністю виділяється хімічно зв'язана волога і проходить дисоціація CaCO_3 . Ця зона є найбільш термічно зв'язана напруженою, оскільки на неї затрачено 1 740 кДж теплоти на 1 кг CaCO_3 . В наступній зоні охолодження – матеріал охолоджується до 700 °С, розплав кристалізується, а для подальшого різкого охолодження застосуються холодильники.

Слід створити ефективну систему керування об'єктом керування за обраним каналом керування «швидкість обертання барабана печі - температура вапна на виході» які мають технологічні параметри:

- швидкість обертання барабана печі, об./хв 0,6...1,2;
- температура вапна на виході, °С 650...760.

Силовий привід робочого обертання печі (завантаженої печі) це електродвигун потужністю 125 кВт з живленням від трьохфазної мережі ~380 В.

Роботою технологічного обладнання – піччю обертовою для прожарювання вапняку ПО-III-3,6-110 керує програмований логічний контролер (рис. 2.1).

На рисунку 2.1 показана структурна схема підсистеми керування.



Рисунок 2.1 – Структурна схема підсистеми керування

Датчик температури забезпечує необхідною інформацією систему керування з метою підтримки заданого режиму роботи технологічного обладнання.

Підсистема керування має підтримувати заданий за технологічними параметрами процес прожарювання вапняку у обертовій печі ПО-III-3,6-110.

Система керування має вихідний сигнал для керування частотним перетворювачем електроприводу обертання печі.

2.2 Вибір апаратного забезпечення підсистеми керування

2.2.1 Вибір датчиків

За технічними параметрами необхідно вимірювати температуру вапна на виході обертової печі у діапазоні 650...760 °С. Використаємо датчик температури Т.ХА-420-Кл1-1 (рис. 2.2) з діапазоном вимірювання 0...800 °С, який має вихідний сигнал у стандартному струмовому діапазоні 4...20 мА, який полегшить підключення його до програмованого логічного контролера. Датчик слід комплектувати захисним металевим трубчастим чохлам для захисту чутливого елемента від механічного пошкодження вихідним потоком вапна з обертової печі.

Технічні характеристики датчика наведені в таблиці 2.1 [18].



Рисунок 2.2 – Датчик температури Т.ХА-420-Кл1-1

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики датчика температури Т.ХА-420-Кл1-1

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	Т.ХА
2	Діапазон вимірюваних температур, °С	0...800
3	Клас допуску	1
4	Точність, %	±0,5
5	Діапазон вихідного сигналу, мА	4...20
6	Напруга живлення, В	12...36
7	Потужність споживання, Вт	1

На підставі обраних датчиків та їх технічних характеристик складена таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Датчики

№	Назва параметру	Принцип дії	Тип	Діапазон зміння	Точність	Значення виходу	Період оновлення	Напруга живлення	Потужність споживання
1	Температура вапна	НСХ: Pt100	Аналого вий	0...800°С	±0,5 %	4...20 мА	0.1 с	12...36 В	1 Вт

2.2.2 Вибір виконавчих пристроїв

Згідно з завданням система керування повинна реалізовувати регулювання швидкості обертання барабану печі, який має трифазний електропривод ~380 / 125 кВт. Тобто управління електроприводом повинно бути безперервним, щоб забезпечувати пропорційне керування. Виходячи з цього для керування електроприводом обрано трьох фазний частотний перетворювач Hitachi SJ700D-1320HFEF3 потужністю 150 кВт з аналоговим входом 4...20 мА, або RS-485 для керування (рис. 2.3) [25].



Рисунок 2.3 – Частотний перетворювач Hitachi SJ700D-1320HFEF3

Технічні характеристики частотного перетворювача наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики частотного перетворювача IDS Drive Z402T4B

Найменування параметра	Значення
Тип	Скалярний
Напруга живлення, В	~320...~550
Потужність, кВт	150
Діапазон частот, Гц	0...240
Діапазон аналогового сигналу управління, мА	4...20
Канал зв'язку	RS-485
Ступінь захисту	IP20
Вага, кг	80

На підставі наведеного вище для виконавчих пристроїв, та їх технічних характеристик складена таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Виконавчих пристроїв

№	Назва параметру	Принцип дії	Тип	Діапазон змінення	Лінійність	Період оновлення	Напруга живлення, В	Потужність споживання, Вт
1	Швидкість обертання	4...20 мА	Аналоговий	0...100 %	Лінійний	0,1 с	24	1,0

2.3.3 Вибір пристроїв керування

Відповідно вимогам до підсистеми керування, що розробляється, в якості пристрою керування, треба використовуватися програмований логічний контролер компанії VIPA. Цикл роботи контролера повинен бути не більше

100 мс, для забезпечення необхідної реакції на змінення стану технологічних датчиків. Крім того контролер повинен мати не менш 1 кбайт вільної робочої пам'яті для реалізації програми керування.

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

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

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

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

Наведеним вимогам відповідає програмований логічний контролер VIPA 214-2BS33. Контролер має час арифметичної операції над речовим числом 40 мкс, об'єм пам'яті програм 144 кбайт, об'єм робочої пам'яті 96 кбайт та інтерфейс RS-485 (рис. 2.4). Технічні характеристики контролеру наведені в таблиці 2.5.



Рисунок 2.4 – Програмований логічний контролер VIPA 214-2BS33

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики програмованого логічного контролеру VIPA 214-2BS33

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

Для підключення аналогового датчику температури, який має стандартний струмовий сигнал 4...20 мА, обрано модуль аналогового вводу VIPA 231-1BD40, який має чотири аналогових входів (рис. 2.5). Технічні характеристики модуля наведені в таблиці 2.6.



Рисунок 2.5 – Модуль аналогового вводу VIPA 231-1BD40

Таблиця 2.6 – Технічні характеристики модуля аналогового вводу VIPA 231-1BD40

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

Приклад схеми підключення датчика з типом вихідного сигналу 4...20 мА до модуля аналогового вводу наведена на рисунку 2.6.

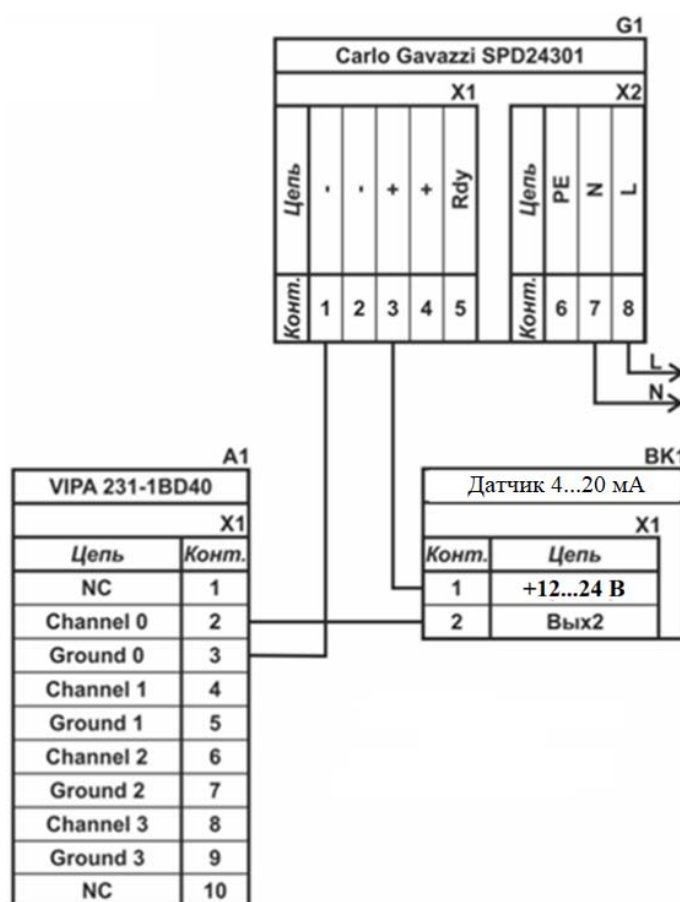


Рисунок 2.6 – Схема підключення датчика з типом вихідного сигналу 4...20 мА

До контролеру також має бути підключено частотний перетворювач швидкості обертання барабану печі, який має вхідний струмовий канал керування 4...20 мА, тому потрібен модуль аналогового виводу з діапазоном аналогового вихідного сигналу 4...20 мА. Для підключення цього пристрою обрано модуль VIPA 232-1BD40 у якому є чотири аналогових виходи 4...20 мА (рис. 2.7).

Технічні характеристики модуля наведені в таблиці 2.7.



Рисунок 2.7 – Модуль аналогового виводу VIPA 232-1BD40

Таблиця 2.7 – Технічні характеристики модуля аналогового виводу VIPA 232-1BD40

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

Схема підключення пристрою керування до модуля аналогового виводу наведена на рисунку 2.8.

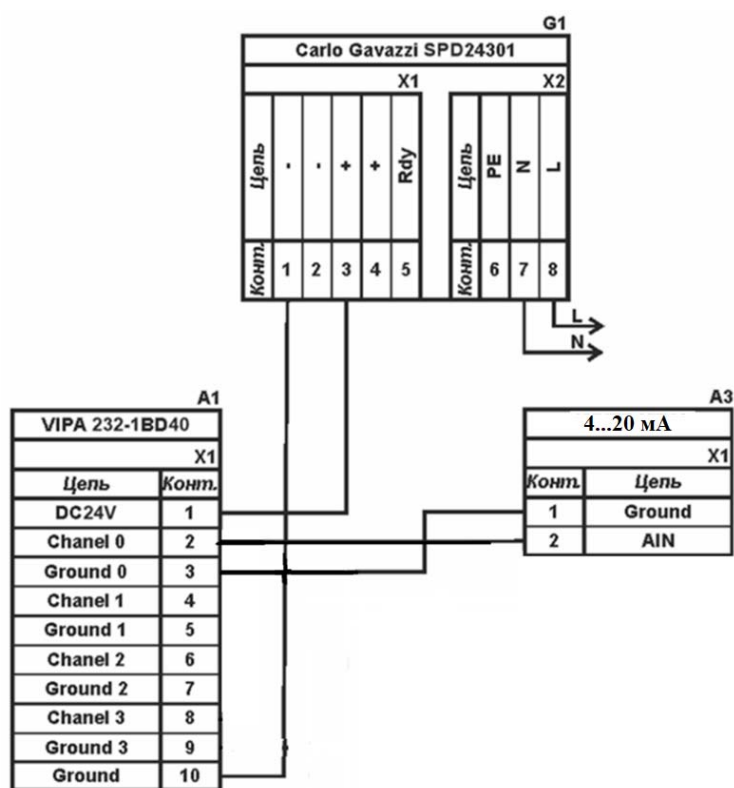


Рисунок 2.8 – Схема підключення до модуля аналогового виводу

Згідно з вимогами до підсистеми керування, в якості котрого виступає програмований логічний контролер, та пультом оператора, в якості якого виступає персональний комп'ютер, необхідно організувати мережу за допомогою інтерфейсу RS-485. Обраний програмований логічний контролер VIPA 214-2BS33 має інтерфейс RS-485. Схема підключення персонального комп'ютеру до програмованого логічного контролеру наведена на рисунку 2.9.

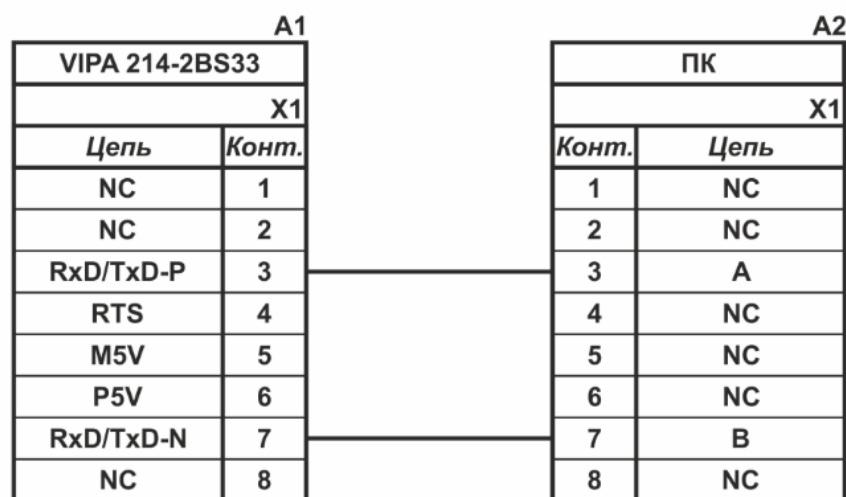


Рисунок 2.9 – Схема підключення по інтерфейсу RS-485

На підставі обраного програмованого логічного контролера та його модулів складена таблиця 2.8.

Таблиця 2.8 – Пристрій керування та його модулі

№	Назва модуля	Пристрій	Напруга живлення	Потужність споживання
1	VIPA 214-2BS33	Центральний процесорний модуль	24 В	5,0 Вт
		Зв'язок - АСК ТП		
2	VIPA 231-1BD40	Модуль аналогового вводу	24 В	0,6 Вт
		Температура вапна	24 В	1,0 Вт
3	VIPA 232-1BD40	Модуль аналогового виводу	24 В	1,0 Вт
		Швидкість обертання печі	24 В	1,0 Вт

2.3.4 Вибір джерел живлення

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

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

Виходячи з потужності споживання контролеру та його модулів у якості джерела живлення обрано блок живлення SPD24301 з вихідною напругою +24 В та потужністю 30 Вт (рис. 2.10). Технічні характеристики блока живлення наведені в таблиця 2.9.



Рисунок 2.10 – Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301

Таблиця 2.9 – Технічні характеристики блока живлення Carlo Gavazzi SPD24301

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

Схему підключення програмованого логічного контролера до блока живлення наведена на рисунку 2.11.

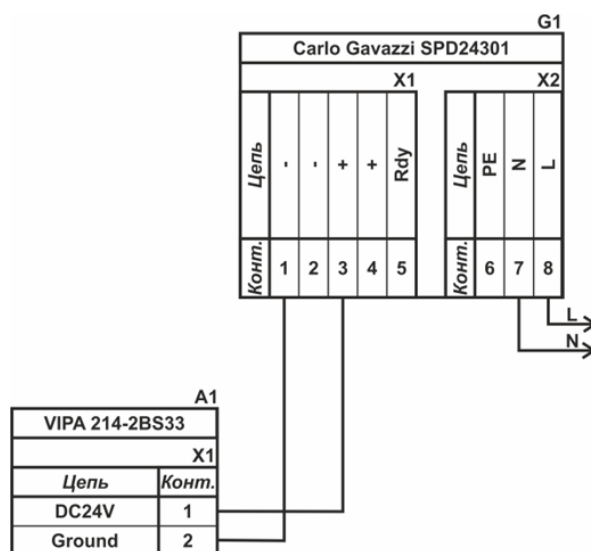


Рисунок 2.11 – Схема підключення програмованого логічного до блока живлення

Виконавши аналіз обраного обладнання можливо зробити вивід, що зовнішній блок живлення потрібен для живлення датчика температури та

ланцюга керування частотним перетворювачем. Таким чином потужність споживання за напругу живлення +24 В становитиме:

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

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

2.4 Розробка функціональної схеми автоматизації

Виходячи з вимог до підсистеми керування технологічним обладнанням процесу виробництва вапна для обраної обертової печі прожарювання вапняку, типу ПО-III-3,6-110 розроблена функціональна схема автоматизації, яка наведена на рисунку 2.11.

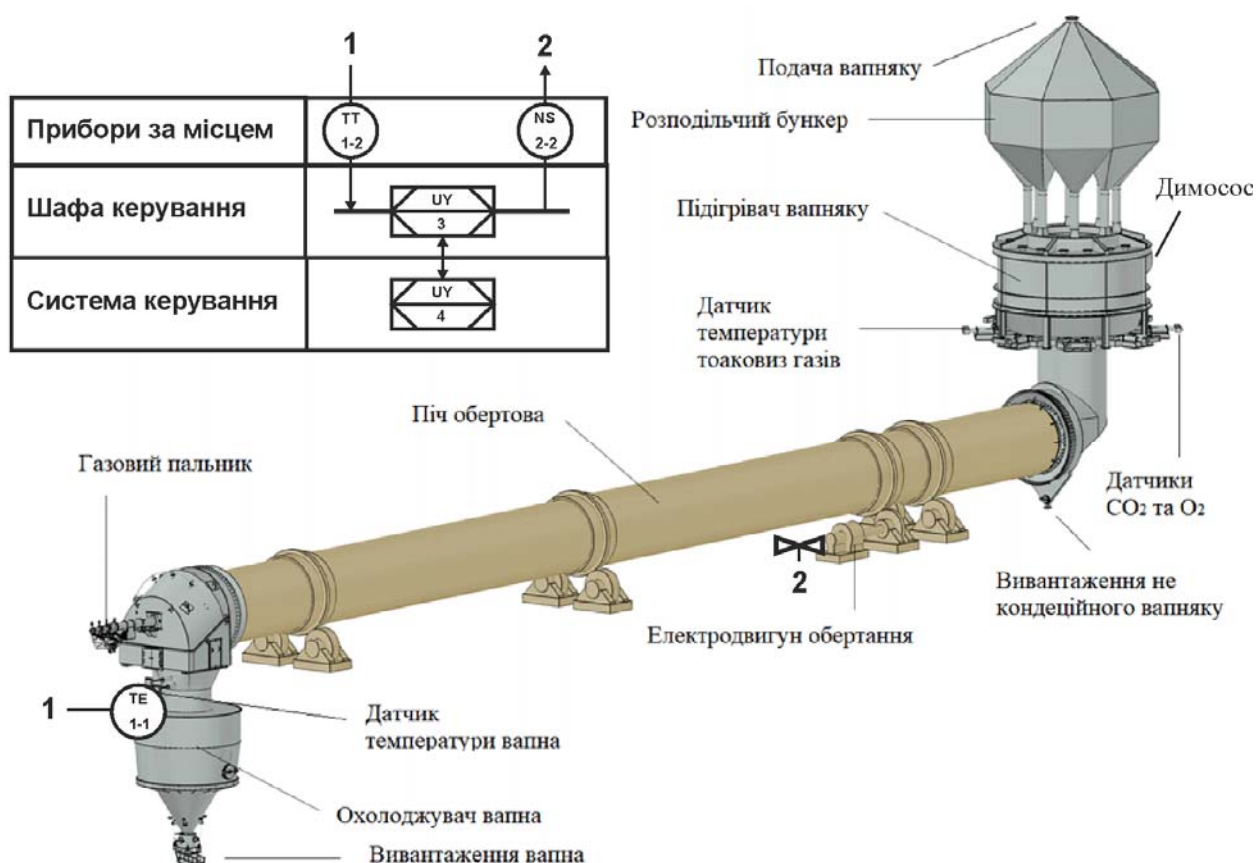


Рисунок 2.11 – Функціональна схема автоматизації

У якості пристрою керування використовується програмований логічний контролер (UY 3) - VIPA 214-2BS33. Програмований логічний контролер

підключено до технологічного обладнання АСУ ТП, за що відповідає система автоматизації більш високого рівня (UY 4), зв'язок між ними реалізовано за допомогою інтерфейсу RS-485.

Для вимірювання температури вапна на виході печі використовуються датчик температури (TE 1.1 - Т.ХА-420-Кл1-1) та перетворювач 4...20 мА (ТТ 2.2 - Т.ХА-420-Кл1-1).

На підставі отриманого значення з датчика температури програмований логічний контролер (UY 4 - VIPA 214-2BS33) формує керуючий впливи по підтримці заданого режиму роботи.

Для керування швидкістю обертання барабану печі використовуються частотний перетворювач (NS-2.1 - Hitachi SJ700D-1320HF3) з перетворювачем 4...20 мА (NS-2.2 - Hitachi SJ700D-1320HF3).

2.5 Розробка схеми електричної принципової

На основі функціональної схеми автоматизації та обраного апаратного забезпечення розроблена схема електрична принципова підсистеми керування технологічним обладнанням - піччю прожарювання вапняку, типу ПО-III-3,6-110 (рис. 2.12).

В підсистемі використовуються два блока живлення. Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301 (G1) підключено до програмованого логічного контролеру VIPA 214-2BS33 (A1). Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301 (G2) підключено до модулю аналогового вводу VIPA 231-1BD40 (A1 – X3), виводу VIPA 232-1BD40 (A1 – X4), до датчику температури (BK1).

Датчик температури підключено до модулю аналогового вводу VIPA 231-1BD40 (A1 – X3) до каналу 0 за допомогою стандартного сигналу 4...20 мА.

Для керування частотним перетворювачем швидкості обертання барабану печі YA1 використовується модуль аналогового виводу VIPA 232-1BD40 (A1 – X4), керування YA1 здійснюється по каналу 0 за допомогою стандартного сигналу 4...20 мА.

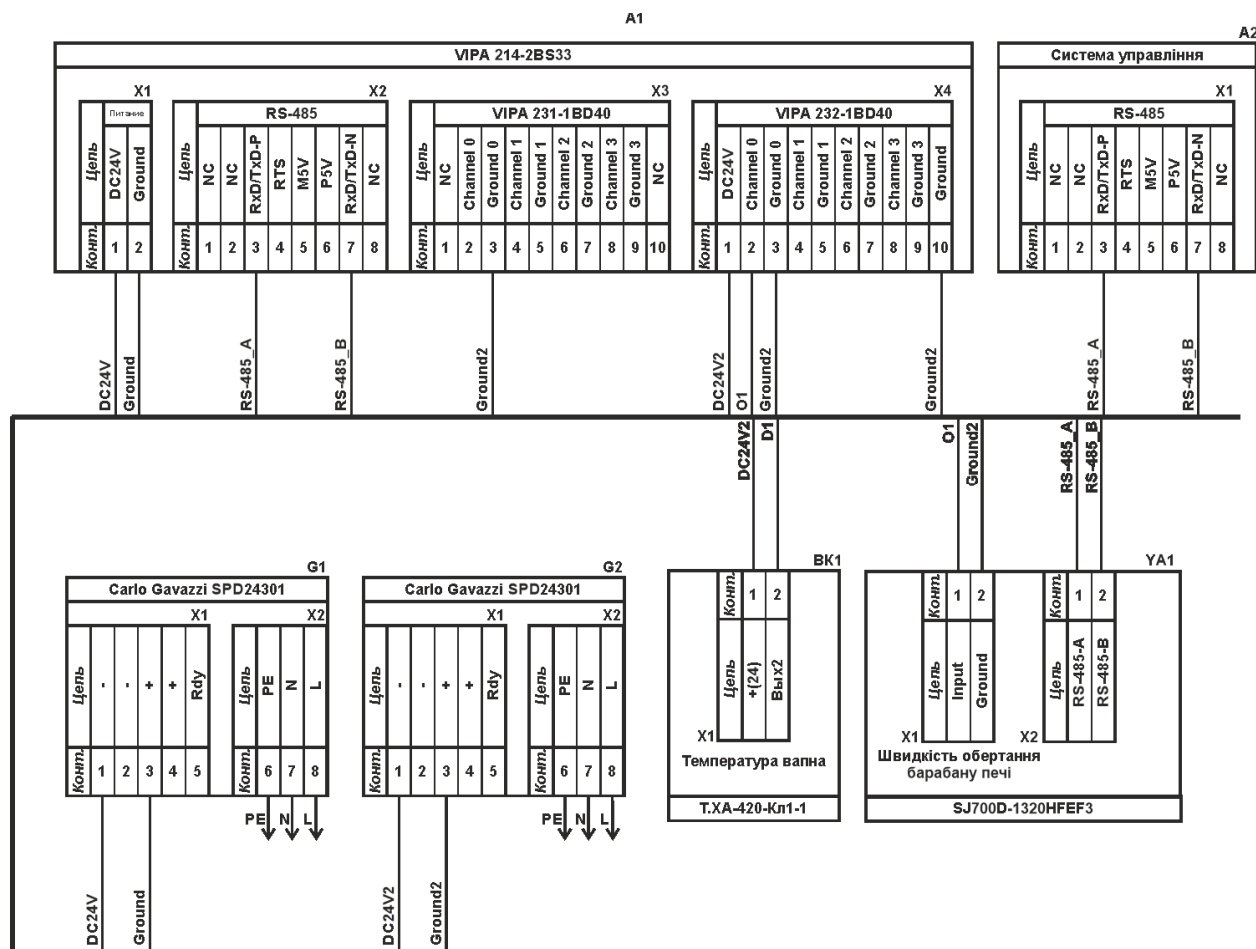


Рисунок 2.12 – Схема електрична принципова підсистеми керування

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

2.6 Висновки за розділом

Для системи керування технологічним обладнанням процесу виробництва вапна - обертової печі прожарювання вапняку, типу ПО-III-3,6-110 вибрані апаратно-програмні засоби для її. Також розроблена функціональна схема автоматизації, розроблена схема принципова підсистеми керування, складено перелік елементів до схеми електричної принципової.

3 ВИЗНАЧЕННЯ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

У кваліфікаційній роботі в якості об'єкту керування технологічним обладнанням процесу виробництва вапна обрано обертову піч для прожарювання вапняку, піч типу ПО-III-3,6-110.

Сировину подають в один кінець печі через спеціальний завантажувальний підігрівачий пристрій. Повітря, необхідне для спалювання палива, підводить у піч з протилежного кінця. Піч працює під дією розрідження, на вимушений тязі, що створюється димососом. У нижній частині вентилятором створюють надлишковий тиск.

По довжині піч умовно можна поділити на окремі зони. Перша – зона нагріву, що займає до третини довжини печі. В ній вапняк втрачає залишкову вологу і нагрівається до 850 °С.

У зоні декарбонізації і випалу, що займає близько 20 % довжини печі, температура піднімається до 1 100 °С, повністю виділяється хімічно зв'язана волога і проходить дисоціація CaCO_3 . Ця зона є найбільш термічно зв'язана напруженою, оскільки на неї затрачено 1 740 кДж теплоти на 1 кг CaCO_3 . В наступній зоні охолодження – матеріал охолоджується до 700 °С, розплав кристалізується, а для подальшого різкого охолодження застосуються холодильники.

Для створення ефективної системи керування необхідно провести дослідження поведінки об'єкту. Обрано канал керування «швидкість обертання барабана печі - температура вапна на виході».

На дослідження залежності вихідного параметру від вхідного для об'єкту керування існують певні обмеження на діапазони змінювання технологічних параметрів:

- швидкість обертання барабана печі, об./хв 0,6...1,2;
- температура вапна на виході, °С 650...760.

Силовий привід робочого обертання печі (завантаженої печі) це електродвигун потужністю приводу 125 кВт з живленням від трьохфазної мережі ~ 380 В.

З метою побудови підсистеми керування за обраним каналом керування, необхідно провести активний експеримент для визначення параметрів передавальної функції об'єкту керування.

До контуру керування обертової печі ПО-III-3,6-110 входить частотний перетворювач регулювання швидкості обертання печі, та датчик температури вапна на виході печі. Висока температури вапна відповідає мінімальній швидкості обертання печі навпаки і навпаки - мінімальна температура вапна відповідає максимальній швидкості обертання печі.

Отже для визначення параметрів в моделі об'єкту керування, за керуючий вплив обрана швидкість обертання барабану печі, а дійсним значенням – температура вапна на виході печі.

3.1 Розробка структурної схеми інформаційних потоків дослідницької системи

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

Для обертової печі ПО-III-3,6-110 з метою побудови підсистеми керування за обраним каналом керування «швидкість обертання барабана печі - температура вапна на виході» треба розробити структурну схему інформаційних потоків для проведення дослідження.

Згідно з завданням та розробленим апаратним забезпеченням підсистеми, до контуру керування входить обертова піч ПО-III-3,6-110, а в якості пристрою керування обрано програмований логічний контролер VIPA 214-2BS33 з

цифровим каналом передачі даних типу RS-485, який необхідний для забезпечення інформаційного зв'язку з іншими системами автоматизації.

Візуалізація процесу керування відбувається за допомогою персонального комп'ютера зі SCADA системою zenon. Така підсистема дозволяє, крім функцій керування, виконувати функції дослідження об'єкта - для чого достатньо використати дослідницьке програмне забезпечення.

Виходячи з цього розроблена структурна схема інформаційних потоків дослідницької системи, яка наведена на рисунку 3.1.

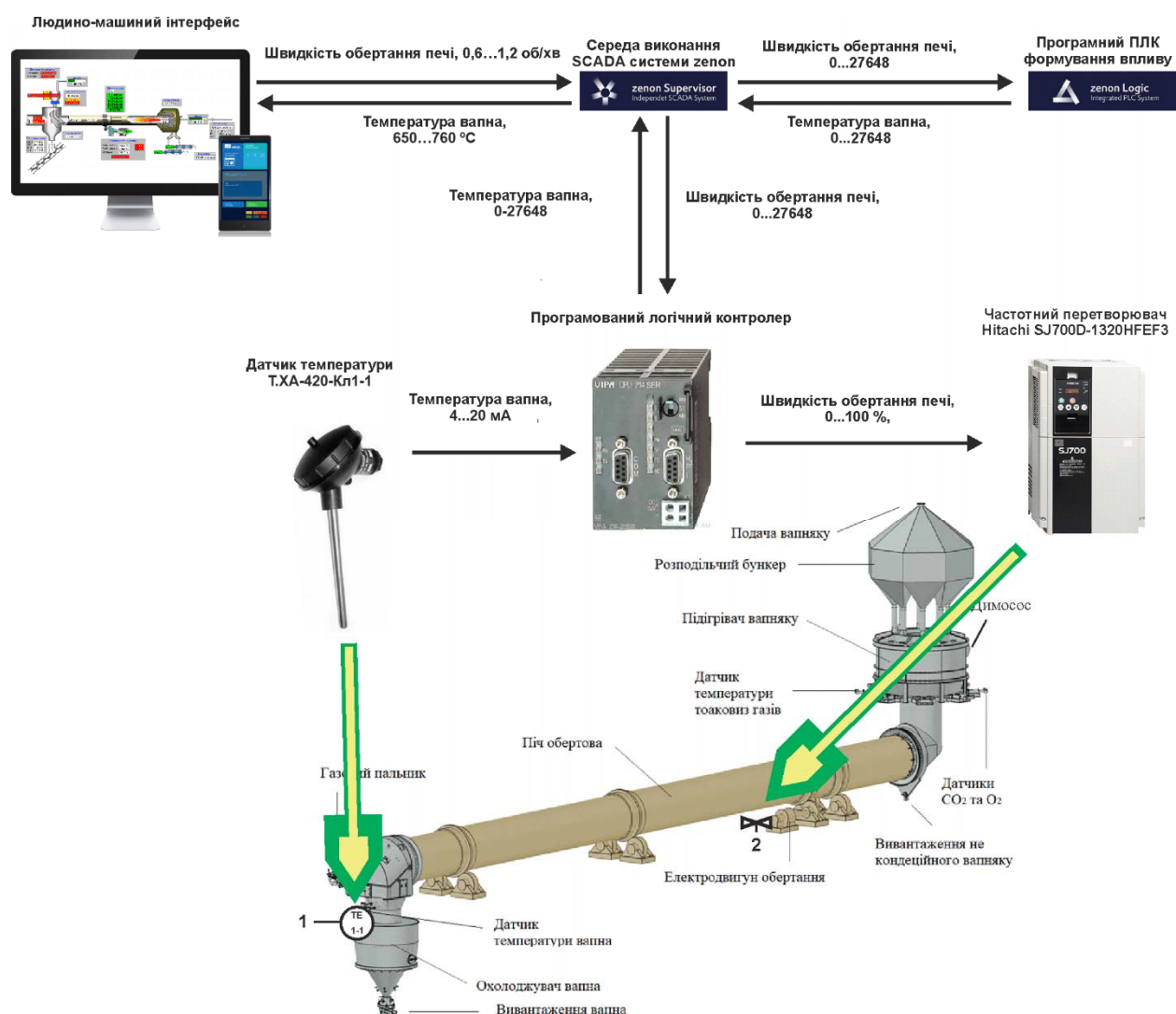


Рисунок 3.1 – Структурна схема інформаційних потоків дослідницької системи

Згідно зі структурною схемою, система дослідження може формувати керуючий вплив, в якості якого виступає швидкість обертання барабану печі, за рахунок чого регулюється швидкість просування вапняку у барабані печі.

Швидкість обертання може змінюватися у межах діапазону 0,6...1,2 об./хв, а номінальна температура очікується в межах діапазону 650...760 °С.

Програмований логічний контролер виконує керування активним експериментом з метою отримання необхідних даних для побудови математичної моделі обертової печі ПО-III-3,6-110, за обраним каналом керування «швидкість обертання барабана печі - температура вапна на виході».

Зв'язок між програмованим логічним контролером та персональним комп'ютером зі SCADA системою zenon також реалізується за допомогою інтерфейсу RS-485.

3.2 Розробка методики дослідження об'єкта керування

Система дослідження дозволяє формування різноманітних керуючих впливів, та поданнях їх на підсистему керування обертовою піччю ПО-III-3,6-110. При цьому об'єкт керування не накладає ні яких обмежень на керуючий вплив. Виходячи з цього об'єкт керування можливо дослідити за допомогою метода активного експерименту.

З метою виконання ідентифікації об'єкта керування, використовуючи метод активного експерименту, необхідно отримати його динамічну характеристику, данні для побудови статичної характеристики, та перевірочні данні. Виходячи з цього складено план експерименту:

1. Налаштувати систему дослідження.
2. Отримати динамічну характеристику.
 - 2.1. Привести об'єкт керування до початкових умов, дочекатися досягнення усталеного режиму – керуючий сигнал дорівнює мінімальному значенню.
 - 2.2. Запустити процес реєстрування.
 - 2.3. Задати керуючий сигнал на рівні 100 %, дочекатися досягнення усталеного режиму.
 - 2.5. Зупинити процес реєстрації.
3. Отримання даних за для побудови статичної характеристики.
 - 3.1. Привести об'єкт керування до початкових умов (дивись п. 2.1).

3.2. Запустити процес реєстрування.

3.3. Задати керуючий сигнал на рівні 0 %, дочекатися досягнення усталеного режиму.

3.4. Задати керуючий сигнал на рівні 20 %, дочекатися досягнення усталеного режиму.

3.5. Задати керуючий сигнал на рівні 40 %, дочекатися досягнення усталеного режиму.

3.6. Задати керуючий сигнал на рівні 60 %, дочекатися досягнення усталеного режиму.

3.7. Задати керуючий сигнал на рівні 80 %, дочекатися досягнення усталеного режиму.

3.7. Задати керуючий сигнал на рівні 100 %, дочекатися досягнення усталеного режиму.

3.8. Зупинити процес реєстрації.

4. Отримання перевірочних даних.

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

4.2. Налаштувати псевдовипадковий керуючий вплив таким чином, щоб період зміни впливу бажано був у п'ять разів менший за час перехідного процесу та плюс два інтервали затримки, а амплітуда впливу змінювалася (бажано випадково) в дискретно на рівні 0...100 %.

4.3. Запустити процес реєстрування.

4.4. Запустити формування псевдовипадкового впливу.

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

4.6. Зупинити процес реєстрації.

3.3 Виконання експерименту

Згідно технічних параметрів об'єкту керування, мінімальна швидкість обертання барабану печі 0,6 об./хв спричиняє максимальну температуру вапна

на виході печі 760 °С. Максимальна швидкість обертання барабану печі 1,2 об./хв спричиняє мінімальну температуру вапна на виході печі 650 °С.

Таким чином керуючий сигнал змінюється в межах 0,6...1,2 об./хв, дійсне значення – температура вапна 650...760 °С.

Для дослідження динаміки об'єкта було проведено експериментальні регулювання печі шляхом зміни подачі швидкості обертів печі в межах 0,6...1,2 об./хв з кроком зміни 0,1 об./хв. Завдяки цьому були отримані дані, які демонструють динаміку зміни температури в печі, в залежності від зміни швидкості обертів печі.

Оскільки перехідний процес очікувався близько декількох годин, то всі потрібні нам характеристики об'єкта керування були зняті з кроком 1 хв. Тобто при моделюванні у MATLAB час буде стиснутий у 60 разів, оскільки крок моделювання дорівнює 1 с. При отриманні кінцевої моделі всі розраховані її часові показники слід збільшити у 60 разів.

На першому етапі проведення експерименту виконано налаштування системи дослідження таким чином, що керуючий вплив може знаходитися дискретно 0 або 100 %, а фактичне значення 0,6 або 1,2 об/хв, що забезпечується відповідним керуванням частотного перетворювача електроприводу обертання печі. Мінімальна швидкість обертання 0,6 об/хв задані в системі керування як нижня границя обмеження вхідного сигналу.

На другому етапі було виконано отримання динамічної характеристики об'єкта керування. Для цього було встановлено керуючий сигнал 0,6 об/хв (0 %). Після досягнення усталеного режиму – температура вапна близько 760 °С, керуючий сигнал було встановлено на 1,2 об./хв (100 %) і після досягнення усталеного режиму – температури вапна близько 650 °С експеримент було закінчено. Затримка реакції об'єкту керування на дії керуючого сигналу складає близько 275 хв. (рис. 3.2).

Далі було встановлено керуючий сигнал 0,6 об/хв (0 %). Після досягнення усталеного режиму – температура вапна близько 760 °С, керуючий сигнал було встановлено на 1,1 об./хв (83,7 %) і після досягнення усталеного режиму –

температури вапна близько $670\text{ }^{\circ}\text{C}$ експеримент було закінчено. Затримка реакції об'єкту керування на дії керуючого сигналу складає близько 300 хв. (рис. 3.3).



Рисунок 3.2 – Отримання характеристики при керуючому сигналі 1,2 об/хв

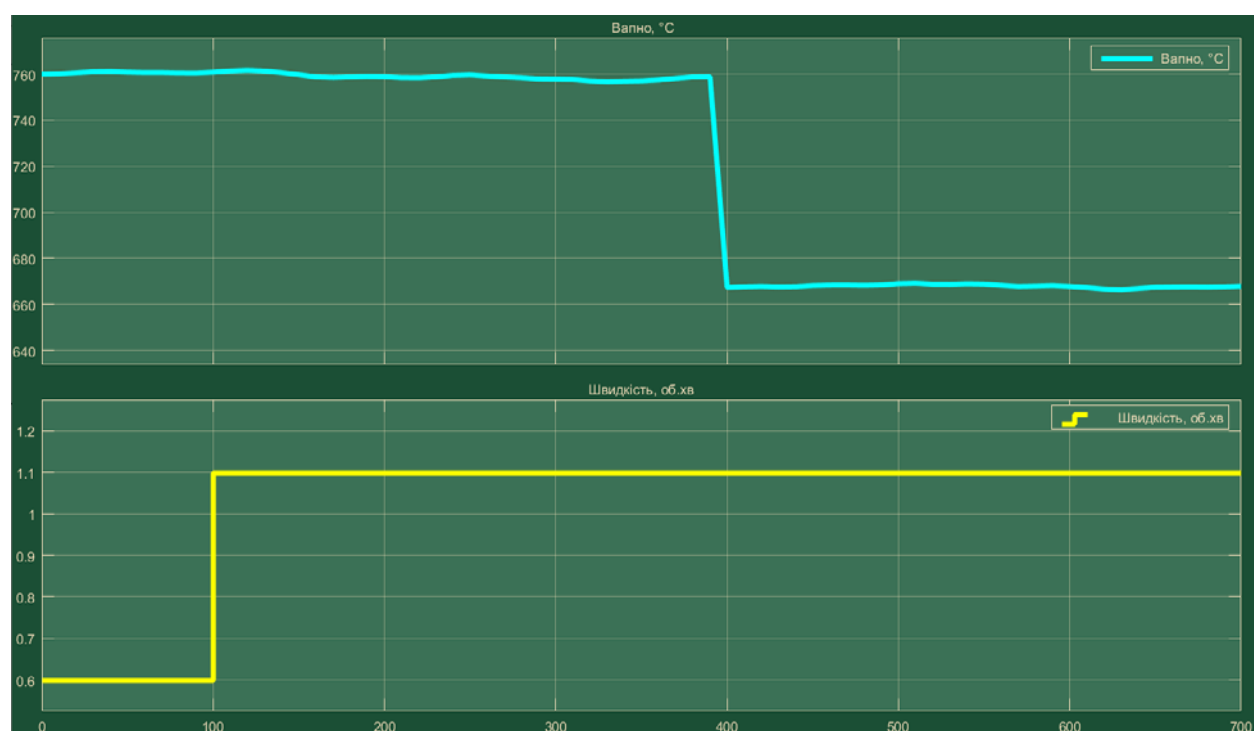


Рисунок 3.3 – Отримання характеристики при керуючому сигналі 1,1 об/хв

Далі було встановлено керуючий сигнал $0,6\text{ об/хв}$ (0 %). Після досягнення усталеного режиму – температура вапна близько $760\text{ }^{\circ}\text{C}$, керуючий сигнал було

встановлено на 1,0 об./хв (66,6 %) і після досягнення усталеного режиму – температури вапна близько 685 °С експеримент було закінчено. Затримка реакції об'єкту керування на дії керуючого сигналу складає близько 330 хв. (рис. 3.4).

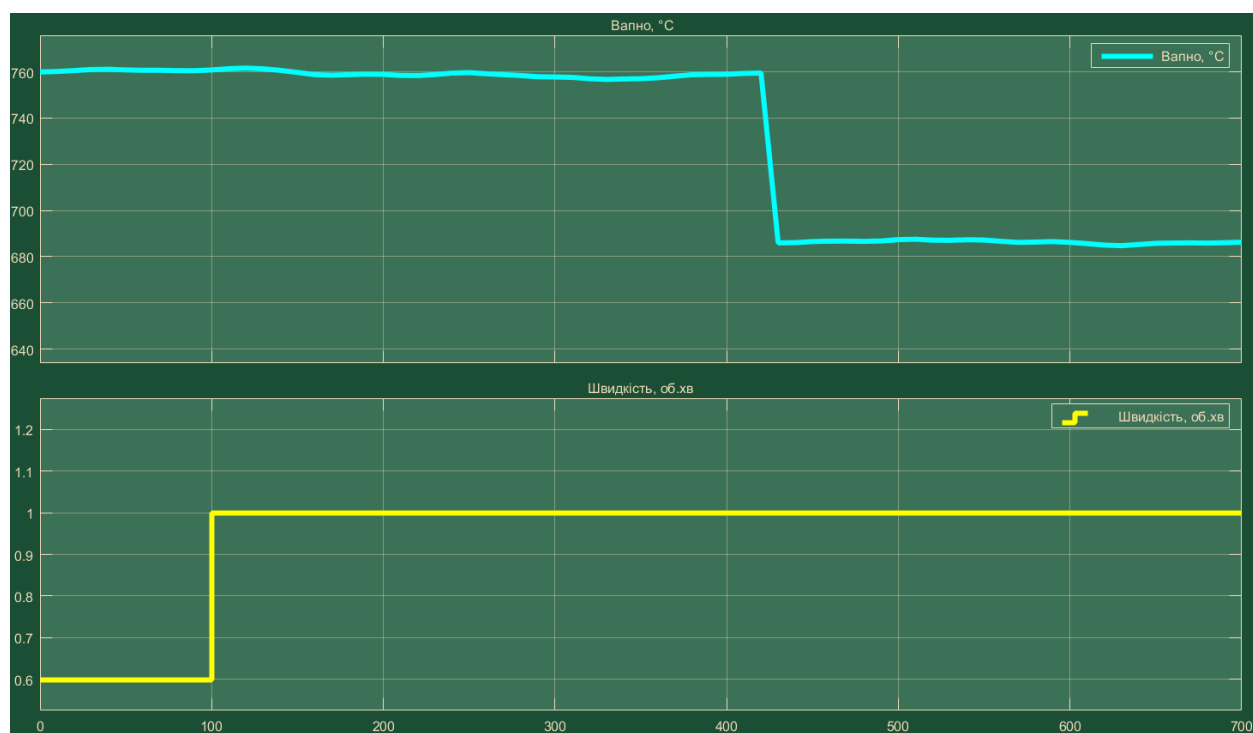


Рисунок 3.4 – Отримання характеристики при керуючому сигналі 1,0 об/хв

Далі було встановлено керуючий сигнал 0,6 об/хв (0 %). Після досягнення усталеного режиму – температура вапна близько 760 °С, керуючий сигнал було встановлено на 0,9 об./хв (50,0 %) і після досягнення усталеного режиму – температури вапна близько 705 °С експеримент було закінчено. Затримка реакції об'єкту керування на дії керуючого сигналу складає близько 365 хв. (рис. 3.5).

Далі було встановлено керуючий сигнал 0,6 об/хв (0 %). Після досягнення усталеного режиму – температура вапна близько 760 °С, керуючий сигнал було встановлено на 0,8 об./хв (33,3 %) і після досягнення усталеного режиму – температури вапна близько 725 °С експеримент було закінчено. Затримка реакції об'єкту керування на дії керуючого сигналу складає близько 410 хв. (рис. 3.6).

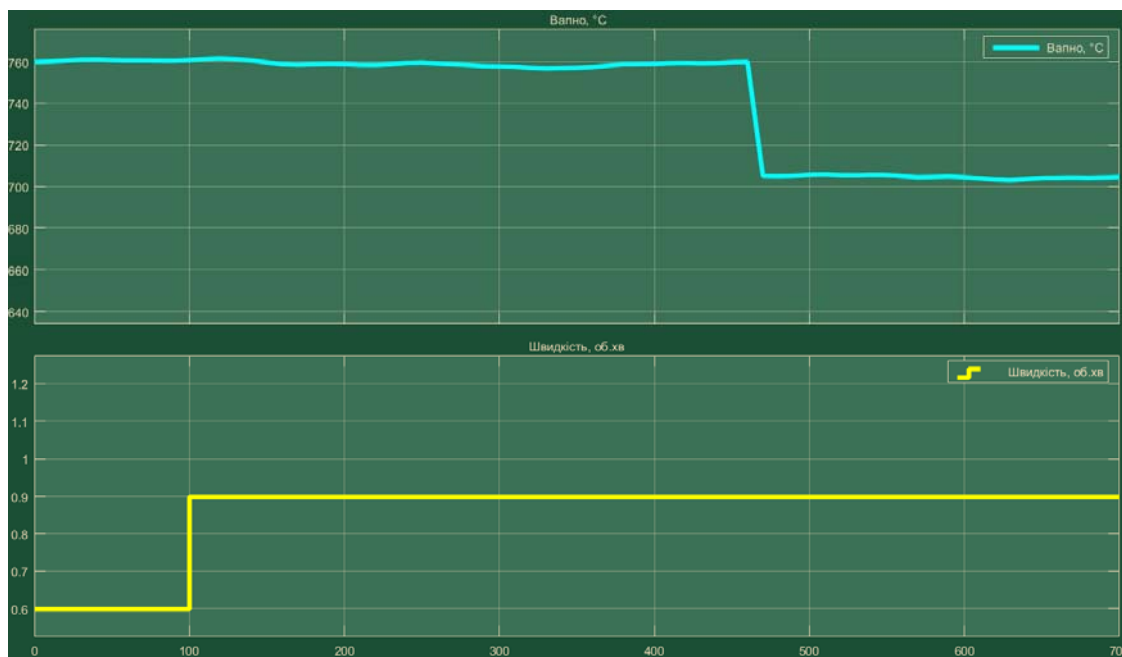


Рисунок 3.5 – Отримання характеристики при керуючому сигналі 0,9 об./хв



Рисунок 3.6 – Отримання характеристики при керуючому сигналі 0,8 об./хв

Далі було встановлено керуючий сигнал 0,6 об./хв (0 %). Після досягнення усталеного режиму – температура вапна близько 760 °С, керуючий сигнал було встановлено на 0,7 об./хв (16,7 %) і після досягнення усталеного режиму – температури вапна близько 740 °С експеримент було закінчено. Затримка реакції об'єкту керування на дії керуючого сигналу складає близько 470 хв. (рис. 3.7).

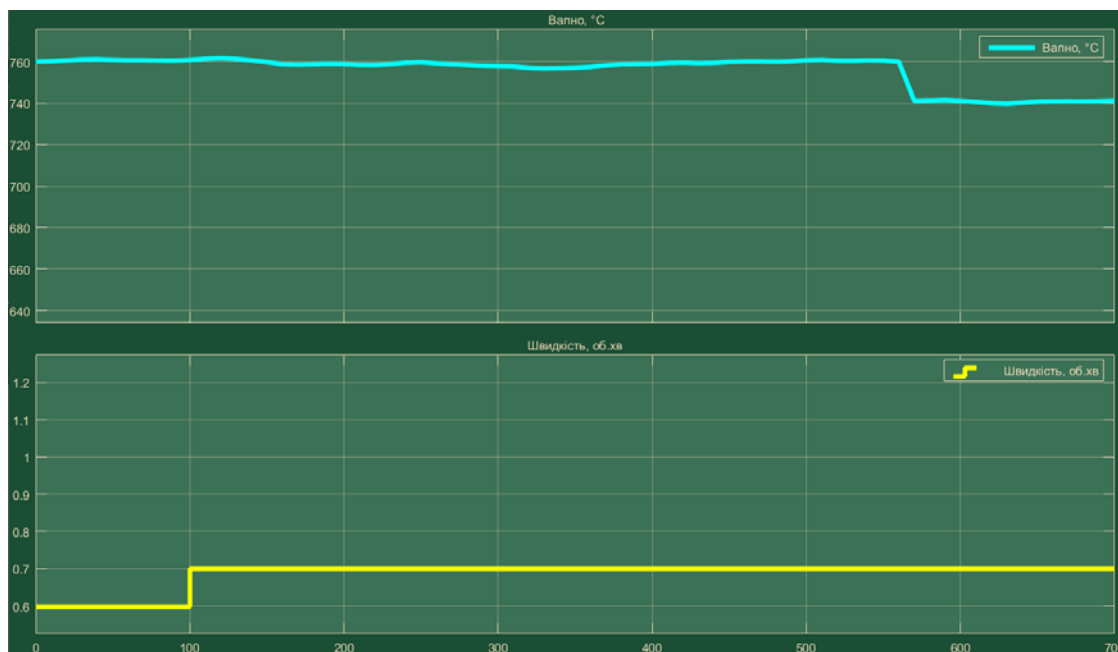


Рисунок 3.7 – Отримання характеристики при керуючому сигналі 0,7 об/хв

На останньому етапі було виконано отримання перевірочних даних (рис. 3.8). Для цього було встановлено керуючий вплив на значення 0,6 об/хв (0 %). Після досягнення усталеного режиму було встановлено керуючий вплив на випадкову в діапазоні 0,6...1,2 об/хв (0...100 %), з інтервалом десята частина від максимальної затримки $475 / 10 = 48$ с, а сама реєстрація відбувалася на протязі у десять разів більше чим максимальна затримка $475 * 10 \approx 5\,000$ с (рис. 3.8).

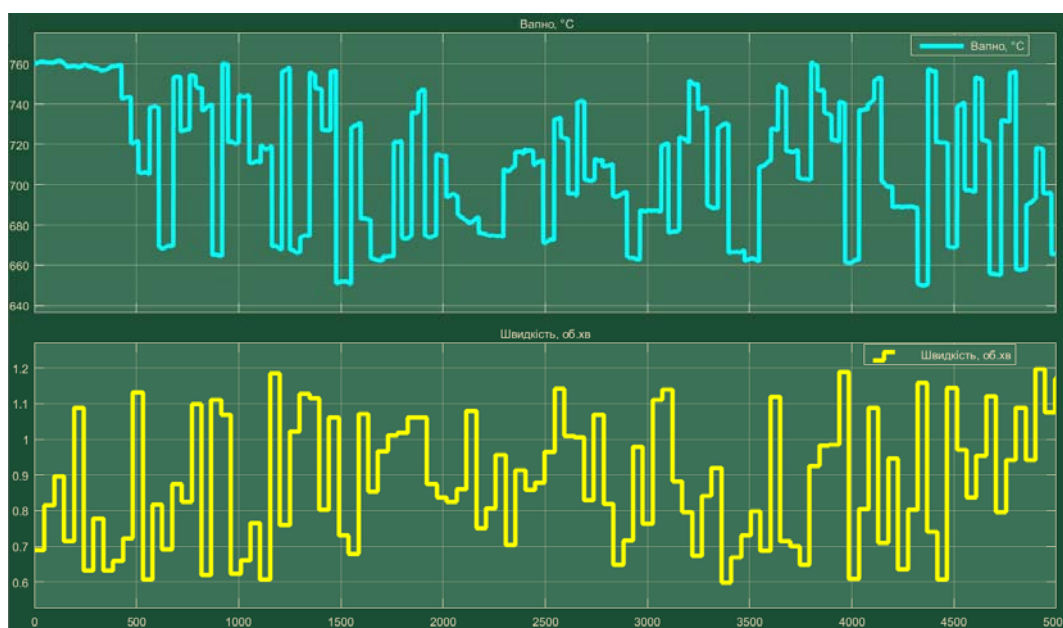
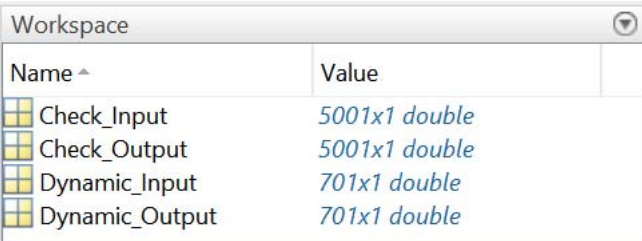


Рисунок 3.8 – Отримання перевірочних даних

У результаті виконання плану експерименту проведено дослідження об'єкта керування з метою отримання динамічної характеристики та перевірочні дані.

3.4 Обробка результатів експерименту

Дані отримані в SCADA системі zenon було імпортовано до математичного пакета MATLAB з метою подальшої обробки (рис. 3.9). Змінні які відповідають даним динамічної характеристики “Dynamic_Input”, “Dynamic_Output”, перевірочним даним “Check_Input”, “Check_Output”. Суфікс “_Input” позначає керуючий вплив, а суфікс “_Output” дійсне значення.



Name ^	Value
Check_Input	5001x1 double
Check_Output	5001x1 double
Dynamic_Input	701x1 double
Dynamic_Output	701x1 double

Рисунок 3.9 – Імпортовані дані

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

```
Dynamic_Raw=iddata(Dynamic_Output, Dynamic_Input, 1);
Check_Raw=iddata(Check_Output, Check_Input, 1);
```

На рисунку 3.10 показані результати конвертації до об'єктів типу “iddata” для динамічної та перевірочної характеристики.

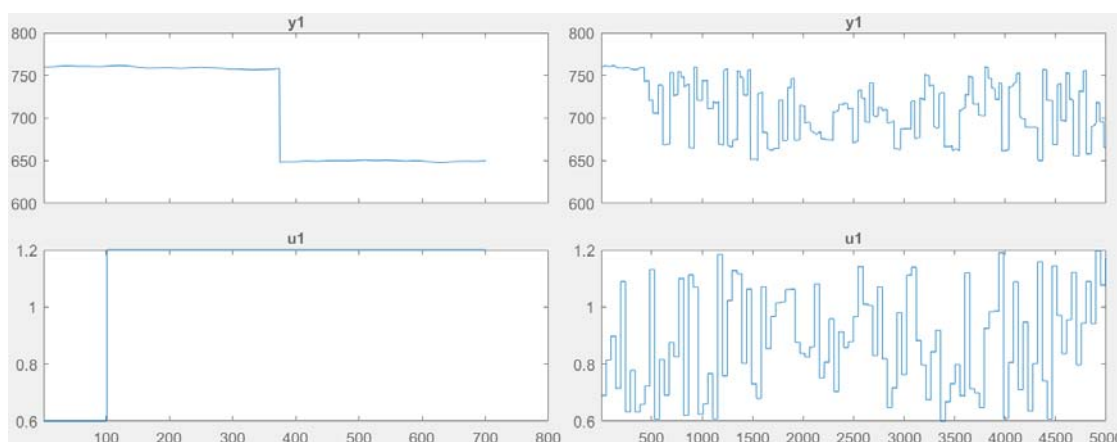


Рисунок 3.10 – Динамічна та перевірочна характеристики

3.4.1 Структурна ідентифікація

З метою оцінки структури моделі об'єкта керування проаналізуємо динамічну характеристику та статичні характеристики об'єкта керування (рис. 3.3...рис. 3.7).

З аналізу даних, отриманих в результаті експерименту на об'єкті керування, можна стверджувати, що об'єкт керування володіє тільки властивостями підсилювальної ланки та транспортного запізнення. Спостерігається також важлива особливість – значення транспортного запізнення зворотно-пропорційне керуючому сигналу, тобто – чим вище швидкість обертання печі, тим менше транспортне запізнення.

Таким чином параметрична ідентифікація із застосуванням програмного забезпечення System Identification Toolbox яке входить до складу математичного пакета MATLAB не можлива.

Враховуючі відносно «прості» властивості об'єкту управління проведемо ідентифікацію «в ручну». Для зручності отримані дані зведено у таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 – Параметри результату експерименту

Керуючий сигнал		Дійсне значення	
Швидкість барабану об./хв.	Відносна частка, %	Температура, °C	Затримка, хв.
1,2	100	650	275
1,1	83,3	670	300
1,0	66,7	685	330
0,9	50,0	705	365
0,8	33,6	725	410
0,7	16,7	740	470
0,6	0	760	-

3.4.2 Параметрична ідентифікація

Проаналізуємо параметр – затримку. Оскільки принци роботи обертової печі, встановленої під кутом до горизонту, заснований на поступовому просуванні матеріалу під дією сили тяжіння - «пересипання» при оберті барабану печі, то можливо очікувати що затримка залежить від кількості повних обертів барабану печі, перевіримо:

$$t = k / n, \text{ с} \quad (3.1)$$

де t – час просування матеріалу в печі, хв;

k – кількість повних обертів печі, необхідних для просування матеріалу в печі, об;

n – швидкість обертів печі, об/хв.

Тоді кількість обертів:

$$k = t * n, \text{ хв} \quad (3.2)$$

Розраховані показники повного циклу обертів зведено у таблицю 3.2

Таблиця 3.2 - Показники повного циклу оберту печі для різних швидкостей обертання барабану печі

Швидкість барабану об./хв.	Затримка t , хв.	Повний цикл k , об.
1,2	275	330,0
1,1	300	330,0
1,0	330	330,0
0,9	365	328,5
0,8	410	328,0
0,7	470	329,0
Середнє значення		329,25

Проаналізуємо параметр – коефіцієнт підсилення.

$$K = (T_{\text{max}} - T_{\text{min}}) / (n_{\text{max}} - n_{\text{min}}), \quad (3.3)$$

де T_{max} – максимальна температура вапна, °С;

T_{min} – мінімальна температура вапна, °С;

n_{max} – максимальна швидкість барабана, об/хв;

n_{min} – мінімальна швидкість барабана, об/хв.

$$K = -(760 - 650) / (1,2 - 0,6) = -183,33.$$

Проаналізуємо об'єкт керування на лінійність для цього побудуємо його статичну характеристику, з урахуванням видалених постійних складових (рис. 3.11).

```
Static_Out = [ 740, 725, 705, 685, 670, 650];
Static_In = [ 0.7, 0.8, 0.9, 1.0, 1.1, 1.2];
```

```
figure('Name', 'Статична характеристика');
plot(Static_In, Static_Out, 'LineWidth', 2.0, 'Color', [0.15,0.1,0.75],...
     'Marker', 'o', 'MarkerSize', 16.0, 'MarkerEdgeColor', 'y',...
     'MarkerFaceColor', [0.75,0.1,0.15]);
xlabel('Швидкість обертів, об/хв');
ylabel('Вапно, °С');
```

```

set(findall(gcf, '-property', 'FontSize'), 'FontSize', 14);
set(findall(gcf, '-property', 'FontName'), 'FontName', 'Times New Roman');
set(findall(gcf, '-property', 'FontWeight'), 'FontWeight', 'bold');
set(findall(gcf, '-property', 'FontSize'), 'FontSize', 14);
set(findall(gcf, '-property', 'FontName'), 'FontName', 'Times New Roman');
set(findall(gcf, '-property', 'FontWeight'), 'FontWeight', 'bold');

```

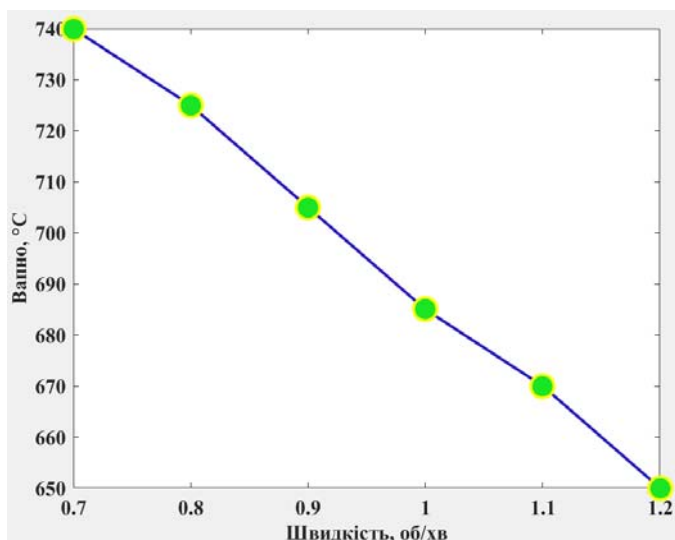


Рисунок 3.11 – Статична характеристика

За статичною характеристикою об'єкт керування є лінійним в усьому досліджуваному діапазоні керуючих впливів та для його опису можуть бути використані лінійні моделі.

За результатами структурної та параметричної ідентифікації встановлено, що об'єкт керування є лінійним, має та ланку чистого запізнення параметри якої зворотно-пропорційна залежать керуючого сигналу та ланку підсилення.

На рисунку 3.12 представлена розроблена у Simulink модель об'єкту керування.

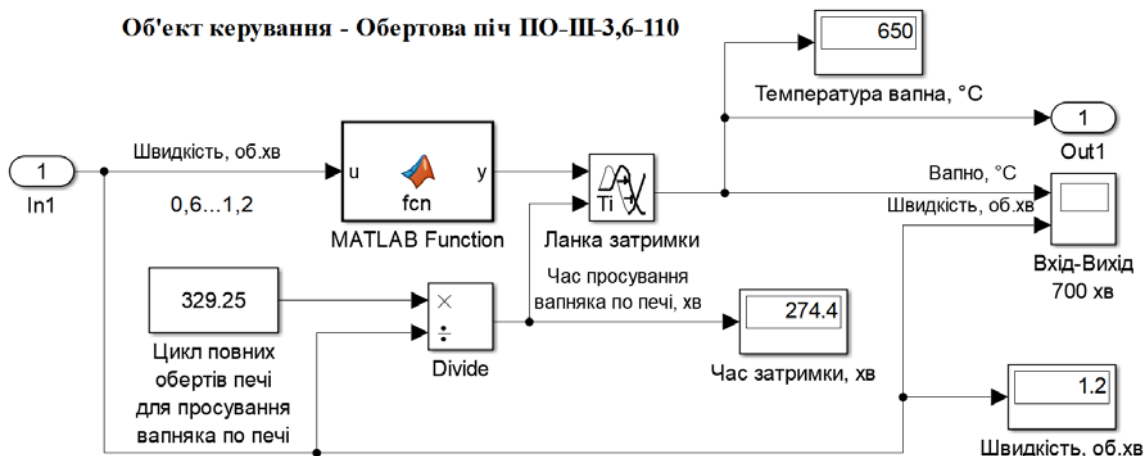


Рисунок 3.12 – Модель об'єкту керування

Час затримки розраховується як кількість повних обертів, яка необхідна для повного просування матеріалу (вапняку) у обертівій печі, поділена на поточну швидкість обертання барабану печі. Програмний блок MATLAB Function виконує функції обмежувача вхідного сигналу у діапазоні 0,6...1,2 та підсилювача з коефіцієнтом $(760 - 650) / (1,2 - 0,6) = 183,33$, та зсуву вихідної характеристики до верхньої межі температури у 760 °С.

Текст MATLAB Function програми fcn:

```
function y = fcn(u)
% #codegen
K = (760-650)/(1.2-0.6); %Gain
if u >= 1.2 %Top limit for input
    u = 1.2;
end
if u <= 0.6 %Bottom limit for input
    u = 0.6;
end
y = 760 - (u - 0.6) * K; %Gain and top limit for output
```

3.4.3 Розробка моделі об'єкта керування в Simulink

Використовуючи розроблену модель (рис. 3.12) перевіримо її на адекватність. При налаштуванні час моделювання задано 5 000 с, що дорівнює кількості перевірочних даних. Додані блоки запису перевірочних даних та результатів моделювання до змінних Object і Model відповідно. Крок запису задано 1 с, що відповідає первинним даним з масштабом часу 1:60.

На рисунку 3.13 показана модель отримання даних для перевірки на адекватність.

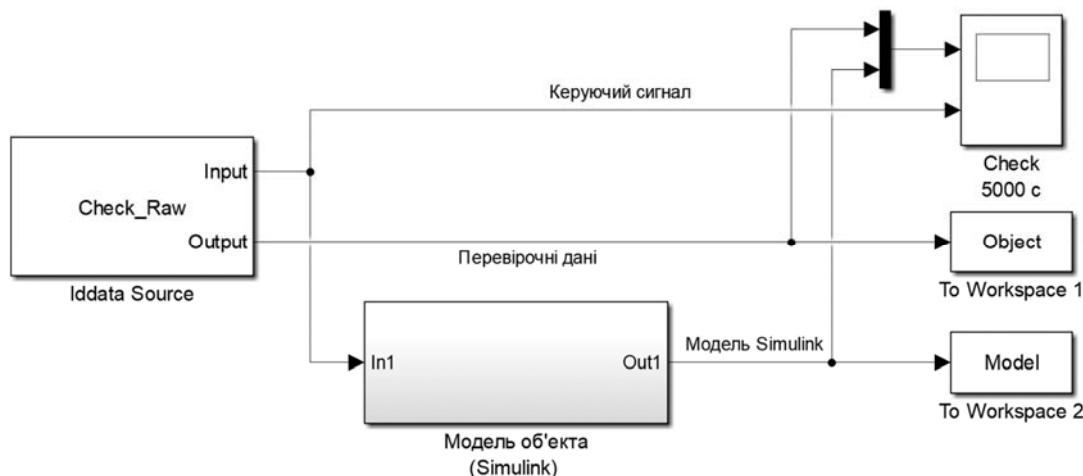


Рисунок 3.13 – Модель отримання даних для перевірки на адекватність

Порівняння характеристики моделі Simulink відбувається з чистими перевірочними даними над якими не виконувалися дії, які могли б їх «скомпрометувати».

За результатами моделювання бачимо, що дійсні значення (перевірочні дані) і дані отримані на виході моделі (сигнал – «Модель Simulink») співпадають з перевірочними даними (рис. 3.14).

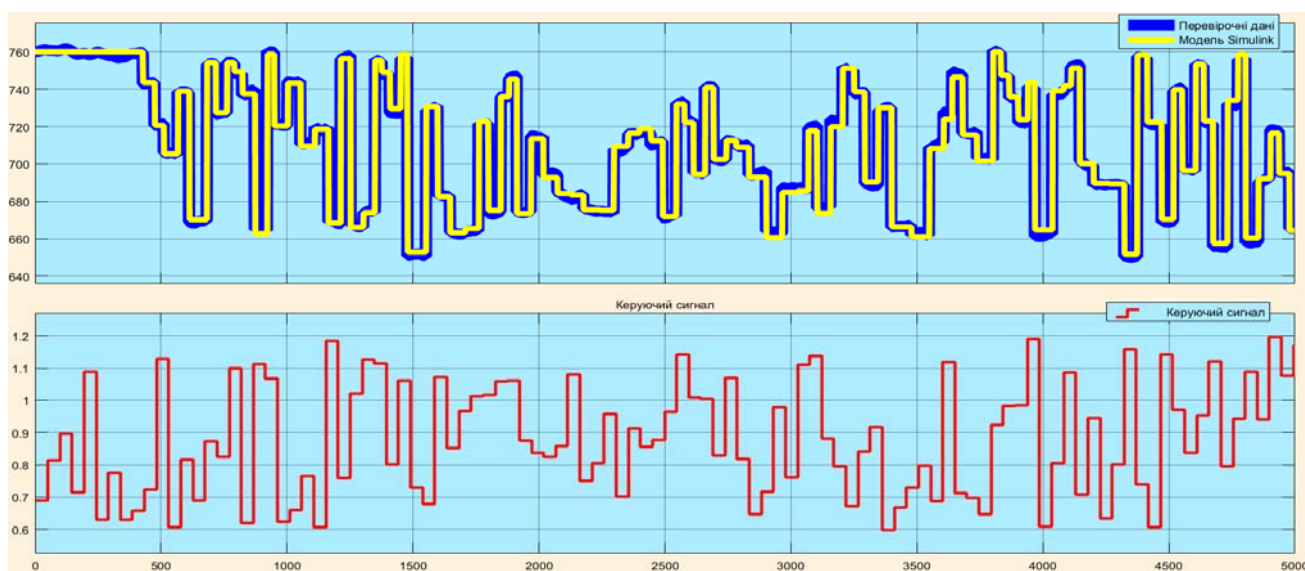


Рисунок 3.14 - Результат отримання даних для перевірки на адекватність
Наступним етапом є перевірка моделі на адекватність.

3.4.4 Перевірка моделі на адекватність

При перевірці на відповідність її значення у більшості випадків повинно бути вище 80 %, при перевірці на адекватність коефіцієнт кореляції повинен бути вище 0,8, а довірчий інтервал відповідати 0,95. У деяких випадках ці значення можуть бути змінені.

Перевірка на адекватність виконувалася за допомогою скрипту GetAdequacy.m, який реалізує відповідний розрахунок перевірки на адекватність.

Результат виконання скрипту GetAdequacy.m:

```
>> GetAdequacy(Model, Object)
Перевірка моделі об'єкта керування на адекватність v1.0
Коефіцієнт кореляції: 0.976
Статистичний критерій Фішера: 101825.458
Критичне значення статистичного критерія Фішера: 2.707
```

Статистичний критерій адекватності Фішера більший критичного значення, модель є адекватною до об'єкта керування.

Використовуючи скрипт GetAdequacy.m встановлено, що між перевірочними даними та результатами моделювання присутній дуже високий зв'язок, коефіцієнт кореляції перевищує 0,976 та задовольняє вимогам, статистичний критерій адекватності Фішера перевищує критичне значення, а отримана модель є адекватною до об'єкта керування за цим критерієм.

Враховуючи аналіз технологічного процесу, структуру об'єкта керування, характеристики отриманих за результатами експериментів, результатів структурної та параметричної ідентифікації та перевірки на адекватність зроблено висновок, що розроблена модель є адекватною до об'єкта керування та може бути використана у подальшому при синтезі системи керування в умовах досліджуваного технологічного процесу.

Враховуючи крок часу у MATLAB 1 с і те що реальні дані з об'єкта керування були записані з кроком 1 хв, то параметри часу для моделі, отриманої у Simulink треба збільшити у 60 разів. Час моделювання відповідно становитиме $700 * 60 = 42\ 000$ с.

Остаточна модель об'єкта керування у графічному середовищі імітаційного моделювання Simulink наведена на рисунку 3.15, схема моделювання динамічної характеристики наведена на рисунку 3.16, а результат моделювання динамічної характеристики об'єкта керування наведено на рисунку 3.17.

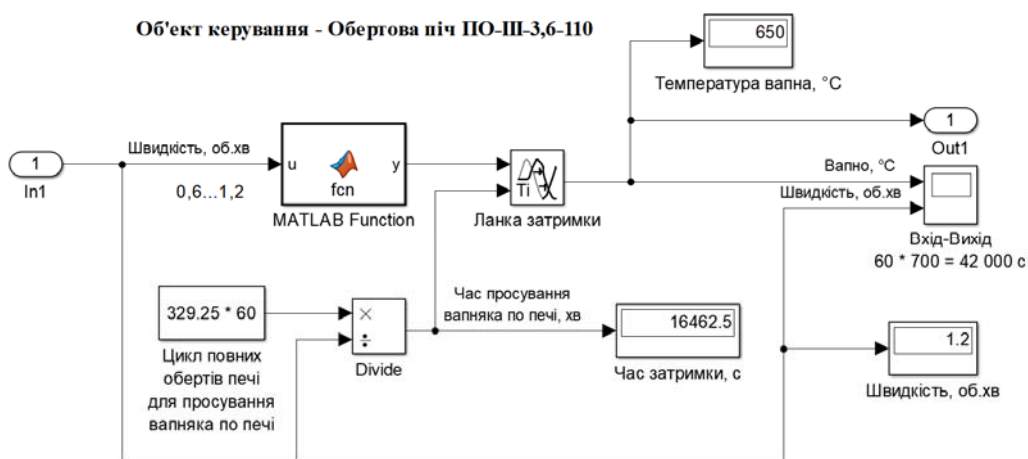


Рисунок 3.15 – Остаточна модель об'єкта керування

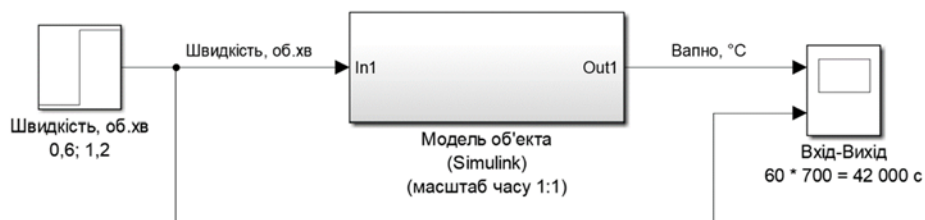


Рисунок 3.16 – Схема моделювання остаточної моделі об'єкта керування

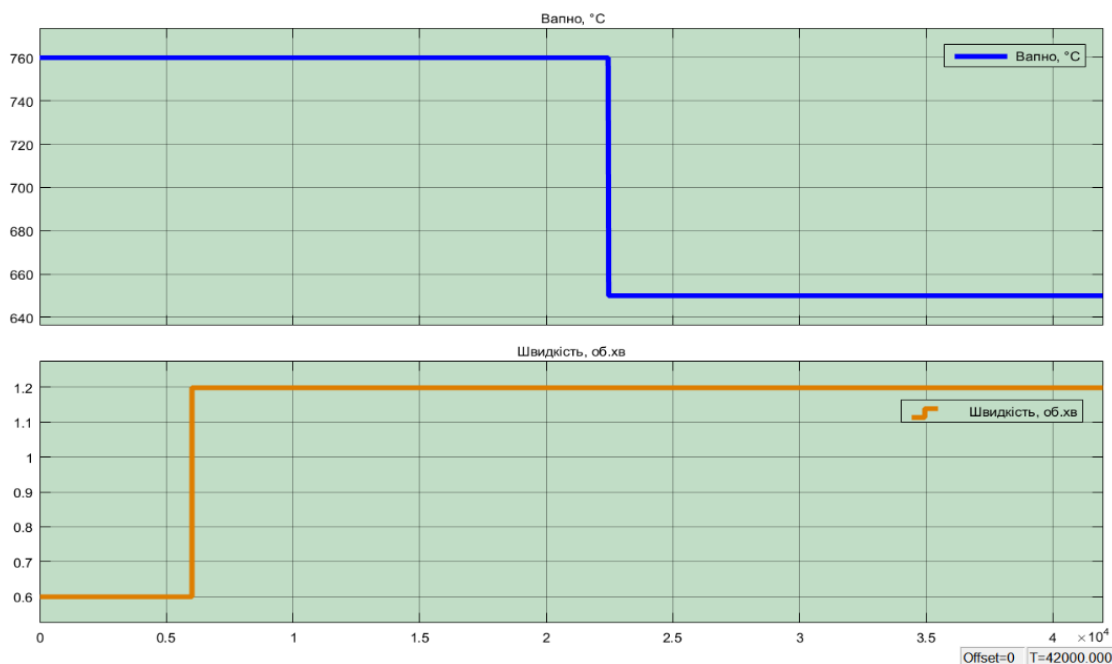


Рисунок 3.17 - Результат моделювання динамічної характеристики об'єкта керування

3.5 Висновки за розділом

При виконанні структурної та параметричної ідентифікації, яка проведена на підставі експериментальних даних отриманих на об'єкті керування (динамічної характеристики, даних для побудови статичної характеристики, перевірочних даних) встановлено, що структурно модель об'єкта керування може бути представлена як ланка підсилення та ланка чистого запізнення параметри якої зворотно-пропорційна залежать керуючого сигналу. Модель має наступні розраховані параметри: коефіцієнт підсилення -183,33 та затримка 329,25 / керуючий вплив. Керуючий вплив може приймати значення 0,6...1,2 (об/хв). При цьому затримка зворотно-пропорційна коливається у діапазоні 470...275 хв.

Перевірка на адекватність моделі до об'єкта керування за перевірочними даними об'єкта керування показала високу відповідність, сильний кореляційний зв'язок 0,976 та статичний критерій адекватності Фішера 101 825, що значно більший критичного значення 2,707. Велике значення статичного критерію адекватності Фішера обумовлено великою кількістю вибірових даних та близьким до 1 значенням коефіцієнта кореляції.

Враховуючи аналіз технологічного процесу, структуру об'єкта керування, характеристики отриманих за результатами експериментів, результатів структурної та параметричної ідентифікації та статистичного аналізу, розроблена модель є адекватною до об'єкта керування та може бути використана у подальшому при синтезі системи керування в умовах досліджуваного технологічного обладнання – обертової печі для прожарювання вапняку типу ПО-III-3,6-110.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування впровадження системи керування

У кваліфікаційній роботі бакалавра розглядається економічна доцільність розробки системи автоматизації технологічного процесу виробництва кальцієвого вапна.

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

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

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

4.2 Розрахунок капітальних витрат пов'язаних з впровадженням системи керування

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

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

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

$C_{\text{ОБ}}$ – вартість основного та допоміжного обладнання (грн.);

$D_{\text{ТР}}$ – транспортно-заготівельні витрати (грн.);

$M_{\text{МН}}$ – витрати на монтаж і налагодження системи (грн.);

$K_{\text{ПЗ}}$ – витрати на розробку програмного забезпечення (грн.).

Вартість основного та допоміжного обладнання наведена в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Зведення капітальних витрат C_{OB} [17, 18]

№	Найменування	Одиниці виміру	Кількість	Вартість (грн.)	Сума (грн.)
1	ПЛЛ VIPA 214DPM (214-1BM02)	од.	1	13 774,40	13 774,40
2	Модуль аналогового вводу VIPA 231-1BD40	од.	1	4 740,30	4 740,30
3	Модуль аналогового виводу VIPA 232-1BD40	од.	1	7 210,30	7 210,30
4	Датчик температури Т.ХА-420-Кл1-1	од.	1	1 235,00	1 235,00
5	Частотний перетворювач Hitachi SJ700D-1320HFEF3	од.	1	237 707,70	237 707,70
6	Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301	од.	2	1 450,00	2 900,00
7	Система керування, виконана на базі ПК	од.	1	44 200,30	44 200,30
8	Мережний кабель	м	300	28,12	8 436,00
Разом					311 768,00

Вартість основного та допоміжного обладнання $C_{OB} = 311\,768,00$ грн.

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

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

Витрати на транспортно-заготівельні і складські роботи складають:

$$D_{TP} = 311\,768,00 \cdot 0,08 = 24\,941,44 \text{ (грн.)}.$$

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

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

Витрати на монтажні-налагоджувальні роботи складають:

$$M_{MH} = 311\,768,00 \cdot 0,07 = 21\,823,76 \text{ (грн.)}.$$

4.3 Розрахунок капітальних витрат на програмне забезпечення

4.3.1 Розрахунок часу на розробку програмного забезпечення

Трудомісткість розробки програмного забезпечення розраховується як:

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

де t – трудомісткість розробки програмного забезпечення (люд.-год.);

t_o – витрати праці на підготовку і опис поставленого завдання (люд.-год.);

t_u – витрати праці на дослідження алгоритму керування (люд.-год.);

t_a – витрати праці на розробку схеми алгоритму (люд.-год.);

t_n – витрати праці на програмування по готовій схемі алгоритму (люд.-год.);

t_h – витрати праці на налаштування програмного забезпечення (люд.-год.);

t_g – витрати праці на підготовку документації по завданню (люд.-год.).

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

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

де Q – умовна кількість операторів в програмному забезпеченні;

q – кількість операторів у програмному забезпеченні;

c – коефіцієнт складності програми (приймаємо $c = 1,35$);

p – коефіцієнт корекції програми в процесі її обробки (приймаємо $p = 0,1$).

Виходячи з програмного забезпечення, як правило розробленого на мові Structured Text типове значення для подібних систем керування має діапазон 200 ... 500, приймаємо $q = 400$;

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

$$Q = 400 * 1,35 * (1 + 0,1) \approx 594$$

Витрат праці на підготовку і опис завдання в кваліфікаційній роботі складають $t_o = 32$ (люд. – год.).

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

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

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

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

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_u = 594 \cdot 1,5 / (80 \cdot 1,2) \approx 10 \text{ (люд. – год.)}.$$

Витрати на розробку алгоритму керування визначаються як:

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

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_a = 594 / (20 \cdot 1,2) \approx 25 \text{ (люд. – год.)}.$$

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

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

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_n = 594 / (20 \cdot 1,2) \approx 25 \text{ (люд. – год.)}.$$

Витрати праці на налаштування програми розраховуються як:

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

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_h = 594 / (4 \cdot 1,2) \approx 124 \text{ (люд. – год.)}.$$

Витрати праці на підготовку документації по завданню визначаються як:

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

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

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

Трудомісткість підготовки матеріалів до написання визначається як:

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

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_{др} = 594 / (15 * 1,2) \approx 33 \text{ (люд. - год.)}.$$

Трудомісткість редагування, друку та оформлення документації визначається як:

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

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_{до} = 0,75 * 33 = 25 \text{ (люд. - год.)}.$$

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

$$t_g = 33 + 25 = 58 \text{ (люд. - год.)}.$$

Таким чином трюдомісткість розробки програмного забезпечення становить:

$$t = 32 + 10 + 25 + 25 + 124 + 58 = 274 \text{ (люд. - год.)}$$

4.3.2 Розрахунок витрат на розробку програмного забезпечення

Витрати на розробку програмного забезпечення (ПЗ) визначається як:

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

де $Z_{зп}$ – витрати на заробітну плату розробника ПЗ (грн.);

$Z_{мі}$ – вартість машинного часу, необхідного для налаштування ПЗ (грн.).

Заробітна плата розробника програмного забезпечення визначається як:

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

де t – час розробки ПЗ, год;

$C_{пр}$ – середня годинна тарифна ставка розробника програмного забезпечення (приймаємо $C_{пр} = 118,00$ (грн./год.)).

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$Z_{зп} = 274 * 118,00 = 32\,332,00 \text{ (грн.)}.$$

Вартість машинного часу, необхідного для налаштування програми визначається як:

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

де t_n – час налаштування ПЗ, год;

$C_{\text{мч}}$ – вартість машинного часу (грн./год.).

Приймаємо $C_{\text{мч}} = 12,56$ (грн./год.), тоді вартість витрат на програмне забезпечення, що розробляється становить:

$$Z_{\text{мі}} = 25 * 12,56 = 314,00 \text{ (грн.)}$$

Витрати на розробку програмного забезпечення системи керування становлять:

$$K_{\text{пз}} = 32\,332,00 + 314,00 = 32\,646,00 \text{ (грн.)}$$

Очікувана тривалість розробки програмного забезпечення:

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

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

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

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

$$T = 274 / (1 * 176) \approx 1,5 \text{ (міс.)}$$

Таким чином проектні капітальні витрати:

$$K_{\text{пкв}} = 311\,768,00 + 24\,941,44 + 21\,823,76 + 32\,646,00 \approx 391\,179,20 \text{ (грн.)}$$

4.4 Розрахунок експлуатаційних витрат

Річні експлуатаційні витрати розраховуються як:

$$C_e = C_a + C_3 + C_c + C_{\text{р0}} + C_{ee} + C_{\text{інш}}, \quad (4.17)$$

де C_e – річні поточні витрати, пов'язані із застосуванням системи керування (грн.);

C_a – амортизація основних фондів (грн.);

C_3 – заробітна плата обслуговуючого персоналу (грн.);

C_c – відрахування на соціальні заходи (грн.);

$C_{\text{р0}}$ – витрати на технічне обслуговування та поточний ремонт обладнання (грн.);

C_{ee} – вартість електроенергії (грн.);

$C_{\text{Інш}}$ – інші витрати (грн.).

Визначимо експлуатаційні витрати при впровадженні системи керування.

4.4.1 Амортизація основних фондів

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

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

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

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

де H_a – норма амортизації (%);

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

Амортизація основних фондів визначається як:

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

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

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

Отже, норма амортизації для проекрованої системи керування складає:

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

Сума амортизації для проекрованої і базової системи становить:

$$C_a = 391\,179,20 \cdot 40/100 = 156\,471,68 \text{ (грн.)},$$

4.4.2 Розрахунок фонду заробітної плати

Номінальний річний фонд робочого часу одного працівника:

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

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

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

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

T_B – відпустка ($T_B = 21$ (день));

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

Таким чином, річний фонд робочого часу працівника складе:

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

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

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

Таблиця 4.2 – Розрахунок заробітної плати персоналу

№ п/п	Найменування професії робітників	Число працюючих, чол.	Годинна тарифна ставка, грн./год.	Річний фонд робочого часу (год.)	Пряма заробітна плата, грн.	Додаткова заробітна плата (8%), грн.	Доплати (7%), грн.	Всього заробітна плата, грн.
1	Оператор	3	115,50	1 840	637 560,00	51 004,80	44 629,20	733 194,00
2	Технолог	1	135,50		249 320,00	19 945,60	17 452,40	286 718,00
3	Наладчик	1	95,20		175 168,00	14 013,44	12 261,76	201 443,20
Разом								1 221 355,20

Заробітна плата персоналу проектної системи керування

$$C_3 = 1\,221\,355,20 \text{ (грн.)}.$$

4.4.3 Відрахування на соціальні заходи

Відрахування на соціальні заходи визначаються як:

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

Відповідно до цього відрахування становлять:

$$C_C = 0,22 * 1\,221\,355,20 = 268\,698,15 \text{ (грн.)}$$

4.4.4 Розрахунок витрат на технічне обслуговування та ремонт

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

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

Відповідно до цього витрати становлять:

$$C_{PO} = 0,05 * 391\,179,20 = 19\,558,96 \text{ (грн.)}$$

4.4.5 Витрати на електроенергію

Вартість електроенергії, споживаної системою керування, розробленої у проекті:

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

де K_e – кількість електроенергії, спожите проектною системою керування (приймаємо $K_e = 1,25$ (кВт · год.));

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

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

T_e – тариф на електроенергію для підприємств (для користувачів електроенергії 2 класу тариф складає 0,93998 грн.-кВт з ПДВ).

Таким чином вартість електроенергії становить:

$$C_{ee} = 1,55 * 365 * 24 * 0,93998 = 12\,763,05 \text{ (грн.)}$$

4.4.6 Інші витрати

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

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

Таким чином інші витрати становлять:

$$C_{ІНШ} = 0,04 * 1\,221\,355,20 = 48\,854,21 \text{ (грн.)}$$

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

$$C = 156\,471,68 + 1\,221\,355,20 + 268\,698,15 + 19\,558,96 + 12\,763,05 + 48\,854,21 = 1\,727\,701,25 \text{ (грн.)}$$

Таблиця 4.4 – Експлуатаційні витрати

№ п/п	Назва показника	Сума, грн.
1	Амортизація	156 471,68
2	Фонд заробітної плати	1 221 355,20
3	Відрахування на соціальні виплати	268 698,15
4	Ремонт та технічне обслуговування	19 558,96
5	Електроенергія	12 763,05
6	Інше	48 854,21
7	Загалом	1 727 701,25

4.5 Висновки за розділом

При впровадженні проектованої системи капітальні витрати складають 400 тис. грн., час розробки ПЗ становитиме 1,5 місяці.

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

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

У кваліфікаційній роботі бакалавра розглядається розробка системи автоматизації технологічного процесу виробництва кальцієвого вапна.

Згідно чинного законодавства України про Охорону праці Закон визначає основні положення щодо реалізації конституційного права громадян на охорону їх життя і здоров'я в процесі трудової діяльності, регулює за участю відповідних державних органів відносини між власником підприємства, установи і організації або уповноваженим ним органом і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні.

Відповідно до теми кваліфікаційної роботи маємо справу із високою температурою і різноманітними хімічними речовинами, що являються відходами в процесі виробництва та установками, що працюють під тиском і температурою. Тому для забезпечення безпеки потрібно строго виконувати заданий режим, безперервно слідкувати за роботою апаратури, забороняється залишати її без нагляду.

Контроль та обслуговування технологічної лінії виробництва буде здійснювати оператор технологічного процесу з приміщення площею 15 м² та об'ємом 40 м³.

На робочому місці оператора наявні наступні шкідливі та небезпечні виробничі фактори:

- повітря робочої зони;
- виробниче освітлення;
- електробезпека;
- пожежна безпека.

5.1 Повітря робочої зони

Речовини що являються відходами та випаровуванням в процесі виробництва кальцієвого вапна методом спікання є в тій чи іншій мірі шкідливими.

Патологічні процеси, що розвиваються під дією виробничих газів, спричиняють в організмі людини до порушення функціонального і структурного стану, необхідного для його нормальної життєдіяльності.

Характер і ступінь таких змін під дією газів обумовлений їх концентрацією (дозою), часом дії і періодом виведення (елімінації) з організму. Токсичний ефект хімічних речовин залежить від індивідуальних властивостей особистості, що визначається станом здоров'я людини.

Гранично допустима концентрація (ГДК) парів отруйних речовин, що виділяються під час виробництва, складає 10 мг/м³.

Для запобігання професійним отруєнням служать технологічні, технічні, санітарно-гігієнічні та лікувально-профілактичні заходи та засоби. Радикальним способом захисту є заміна отруйних неотруйними або менш токсичними речовинами, дотримання правил безпеки і виробничої санітарії, введення нових технологій, санітарно-гігієнічна експертиза хімічних речовин, їх гігієнічна стандартизація, комплексна механізація та автоматизація виробничих процесів.

Ефективним заходом профілактики на виробництвах, де використовують високо-отруйні речовини, фактична концентрація цих парів дорівнює 6 мг/м³, це відповідає ГОСТ 12.1.005-88/98, є впровадження дистанційного управління або безперервності технологічних процесів, за рахунок яких усувається порушення герметичності обладнання.

Суттєво впливають на рівень професійної токсикології санітарно-гігієнічні засоби: обладнання ефективною природної та штучної припливно-втяжної вентиляції, а в разі потреби - аварійної механічної вентиляції, розробка і впровадження систем кондиціонування повітря з використанням автоматичної і контрольно-вимірювальної апаратури, яка сигналізує про наявність шкідливих речовину повітрі робочої зони.

До лікувально-профілактичних заходів належить обов'язкова реєстрація всіх випадків професійних отруєнь та їх розслідування з метою виявлення та усунення їх причин. Обов'язкові попередні й наступні медичні огляди, результати яких є підставою для розробки відповідних заходів запобігання та переведення працівників на іншу роботу і спеціального лікування.

Серед організаційних заходів законодавчо передбачена скорочена тривалість робочого дня, додаткові відпустки, безплатне спеціальне й лікувально-профілактичне харчування, підвищений рівень заробітної плати, скорочений термін виходу на пенсію.

За станом повітря виробничої зони необхідно здійснювати систематичний контроль з метою порівняння його з гігієнічними нормативами. Крім наведеного роботодавець має забезпечувати всіх працюючих засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) органів дихання, спеціальним одягом, спеціальним взуттям, засобами захисту рук, обличчя, очей.

Для очищення робочого середовища від шкідливих речовин що можуть у нього потрапляти, а також для подачі свіжого повітря використовується припливно-витяжна вентиляція.

Показниками, що характеризують мікроклімат, є:

- температура повітря;
- відносна вологість повітря;
- швидкість руху повітря;
- інтенсивність теплового випромінювання.

Фактичні метеорологічні умови в приміщені оператора для роботи середньої важкості.

Температура повітря:

- перехідний та холодний період року – 18...24 °С.
- теплий період року – 19...28 °С.
- фактичні метеорологічні умови – 21...24 °С.
- Відносна вологість повітря:
- холодний період року – 45...65 %;

- теплий період року – 40...75 %;
- фактичні метеорологічні умови – 35...60 %.

Швидкість руху повітря:

- холодний період року – 0,15 м/с;
- теплий період року – 0,25 м/с;
- фактичні метеорологічні умови – 0,8 м/с;
- фактичні метеорологічні умови відповідають ДСН 3.3.6.042-99.

Опалення виробничих приміщень – повітряне, сполучене із проточною вентиляцією.

До засобів нормалізації освітлення виробничих приміщень і робочих місць ставляться освітлювальні прилади, світлові прорізи.

Додатково до технологічних заходів системами опалення й вентиляції повітряне середовище в приміщеннях доводиться до вимог санітарних норм і правил техніки безпеки.

Засоби індивідуального захисту є допоміжною мірою захисту працівників цеху від шкідливої дії професійних факторів. Для захисту дихальних шляхів використовують протигази ИП-4М. Для захисту очей використовуються захисні окуляри.

Працівники отримують захисний одяг – індивідуальний спецодяг – від впливу продуктів, газів, високих та низьких температур:

- бавовняні костюми ;
- рукавиці спеціальні , гумові технічні рукавички ;
- захисні окуляри ;
- захисні каски ;
- захисні щитки лицьові ;

Знаходження обслуговуючого персоналу на робочому місці без спецодягу заборонено.

Індивідуальні фільтруючі протигази зберігаються в спеціальних шафах з комірками. Передача протигаза однією особою іншій забороняється.

5.2 Виробниче освітлення

У денний час в приміщенні оператора передбачене денне освітлення згідно ДНБ В 25.28-2006. Роботи, виконувані в цьому приміщенні, пов'язані зі зняттям показань з контрольно-вимірювальної апаратури, спостереженням за ходом технологічного процесу відносяться до III розряду зорових робіт.

У приміщенні КВП (контроль вимірювальних пристроїв) є вікна розміром 3300x2300 мм. Вони забезпечують значення коефіцієнта природного освітлення 8 - 10 %.

Коефіцієнт природного освітлення для даного розряду робіт при верхньому і комбінованому освітленні складає 8 %, отже, фактичне значення відповідає нормам.

Для забезпечення освітленості, відповідної III розряду зорових робіт при світлодіодних лампах, використаємо лампи ІЕК НР, які мають освітленість $E_n = 250$ Лк, світловий потік $F_{л} = 4\ 500$ Лм, потужність $W = 50$ Вт, діаметр $d = 123$ мм, термін придатності $T = 30\ 000$ год.

Поставимо 9 світильників, що забезпечать освітленість приміщення для даного розряду зорових робіт. При цьому $E_{факт} = 275$ Лк. $E_{нор} = 250$ Лк.

Освітленість приміщення відповідає нормам відповідно до ДНБ В 25.28-2006.

5.3 Електробезпека

Відповідно до правил улаштування електроустановок цех виробництва за небезпекою електротравм відноситься до приміщення з підвищеною небезпекою.

В приміщенні застосовується трифазна чотирьох-провідна мережа напругою 380 В з глухо-заземленою нейтраллю та частотою 50 Гц. У цьому випадку захисне заземлення не є досить надійним захистом щодо профілактики електротравм. Більш ефективним засобом попередження електротравм при замиканні на корпус у даному випадку вважається занулення – навмисне

електричне з'єднання неструмовідних елементів електроустановки, які можуть опинитися під напругою в результаті замикання на корпус, з нульовим проводом.

5.3.1 Система технічних засобів і заходів з електробезпеки.

Основні технічні засоби і заходи що застосовуються для забезпечення електробезпеки при нормальному режимі роботи електроустановок в цеху включають:

- ізоляція струмовідних частин - забезпечує технічну працездатність електроустановок, зменшує вірогідність попадань людини під напругу, замикань на землю і на корпус електроустановок;
- недоступність струмовідних частин – застосовуються захисні огороження, закриті комутаційні апарати, неізольовані струмовідні частини розміщуються на висоті, недосяжній для ненавмисного доторкання до них інструментом, різного роду пристосуваннями, обмежується доступ сторонніх осіб в електротехнічні приміщення;
- захисне блокування - унеможливорює доступ до неізольованих струмовідних частин без попереднього зняття з них напруги, попереджують помилкові оперативні та керуючі дії персоналу при експлуатації електроустановок, не допускають порушення рівня електробезпеки та вибухозахисту електрообладнання;
- засоби орієнтації в електроустановках - дають можливість персоналу чітко орієнтуватися при монтажі, виконанні ремонтних робіт і запобігають помилковим діям.

5.3.2 Система електрозахисних засобів.

Основні електрозахисні засоби для роботи з електричним обладнанням в цеху:

- ізолювальні штанги;
- ізолювальні кліщі;
- електровимірювальні кліщі;

- покажчики напруги;
- діелектричні рукавички;
- інструмент з ізолювальним покриттям;
- діелектричне взуття;
- сигналізатори напруги;
- захисні огороження (щити, ширми);
- переносні заземлення;
- в аварійному режимі використовується занулення з автоматичним відключенням згідно ГОСТ 12.1.030-84.

5.4 Виробничий шум

Джерелами шуму є: трубопроводи, система кондиціонування та насоси. Рівень шуму становить: $L = 100$ дБА.

Захист від шуму досягається застосуванням засобів і методів індивідуального і колективного захисту, будівельно-акустичними методами. Засоби колективного захисту діляться стосовно джерела шуму: понижуючі шум у джерелі виникнення, понижуючі шум на шляхах його поширення. По способу реалізації:

1. Акустичні. Гуртуються на акустичному вимірі помешкання і за принципом дії підбираються засоби звукоізоляції, звукопоглинання, віброізоляція, демпфірування, застосування приглушувачів шуму;
2. Будівельно-акустичні методи застосовують: екрани, звукоізоляцію, кабінки спостереження, дистанційне керування, кожухи, ущільнення і т. д. Найбільше ефективні звукоізолюючі матеріали: трипласт (композиційний матеріал); пластобетони з наповненням з опилок деревини, соломи і т. д. Звуковбирні матеріали: мрамур, бетон, граніт, цеглина, ДВП, ДСП, волок, мінвата, матеріали з щільною перфорацією;
3. Архітектурно-планувальні: раціональне розміщення робочих місць; раціональний режим праці і відпочинку. Організаційно-технічні.

Активна форма захисту – генерація шуму в протифазі до джерела. Засоби індивідуально захисту: навушники, вушні вкладки, шлемофони, каски.

Для зменшення рівня шуму від трубопроводів, для них додатково передбачені комплектні шумозахисні кожухи. Завдяки усім цим заходам шумоізоляції, рівень шуму на даному об'єкті складає $L = 60$ дБА., що не перевищує допустимі значення, відповідно до ДСНЗ.3.6.037-99.

5.5 Пожежна безпека

При обслуговуванні системи автоматизації процесу виробництва кальцієвого вапна, оператор знаходиться в приміщенні, в якій, окрім виробничого обладнання, знаходяться робочі місця операторів (стілці та столи), необхідна документація, а також можуть знаходитися особисті речі операторів. Тому, приміщення відповідає класу В, зона П-ПА.

5.5.1 Система попередження вибухів і пожеж.

Попередження утворення пожежі в цеху забезпечується наступними загальними заходами:

- підтримуються відповідні значення температур та тиску середовища, за яких поширення полум'я виключається;
- максимально механізовані та автоматизовані технологічні процеси;
- видаляються пожежонебезпечні відходи виробництва;
- використовуються машини, механізми, устаткування, пристрої, при експлуатації яких не утворюються джерела запалювання;
- використовуються швидкодійні засоби захисного відключення можливих джерел запалювання;
- використовуються технологічні процеси і устаткування, що задовольняє вимогам статичної іскро-безпеки;
- температури нагріву поверхні машин, устаткування, пристроїв, речовин і матеріалів, які можуть увійти в контакт з горючим середовищем, підтримуються нижче гранично допустимої, яка не

повинна перевищувати 80% температури самозаймання горючого середовища;

- горючому середовищі з енергією, яка дорівнює або перевищує мінімальну енергію запалювання;
- використовується інструмент, робочий одяг і взуття, які не викликають іскроутворення при виконанні робіт;
- виконуються вимоги чинних стандартів, норм та правил пожежної безпеки;
- використовується електроустаткування, що відповідає за своїм виконанням пожежонебезпечним та вибухонебезпечним зонам, групам та категоріям вибухонебезпечних сумішей;
- використовуються пожежна сигналізація;
- використовуються порошкові засоби пожежогасіння САМ-9;
- для захисту органів дихання використовуються повітряні апарати МПА.

5.6 Висновки по розділу

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

ВИСНОВКИ

З метою подальшого удосконалення керування процесу виробництва вапна, розглянуто сучасне й перспективне технічне рішення щодо зменшення енергозатрат процесу виробництва. Детально проаналізовано існуюче технологічне обладнання прожарювання вапняку. Означено шлях отримання математичної моделі процесу прожарювання вапняку у обертовій печі.

Актуальність роботи пояснюється необхідністю модернізації систем керування після проведення модернізації і оновлення технологічного обладнання, яка використовуються на підприємстві. Весь процес виготовлення високоякісного вапна вимагає постійного контрольованого технологічного процесу і сучасна система керування дозволить контролювати процес виробництва мастила, дозволяючи отримувати продукцію з заданими технічними характеристиками. Також ця система керування матиме можливість фіксації та збереження параметрів роботи технологічного обладнання.

Для системи керування технологічним обладнанням процесу виробництва вапна - обертової печі прожарювання вапняку, типу ПО-III-3,6-110 вибрані апаратно-програмні засоби для її. Також розроблена функціональна схема автоматизації, розроблена схема принципова підсистеми керування, складено перелік елементів до схеми електричної принципової.

При виконанні структурної та параметричної ідентифікації, яка проведена на підставі експериментальних даних отриманих на об'єкті керування (динамічної характеристики, даних для побудови статичної характеристики, перевірочних даних) встановлено, що структурно модель об'єкта керування може бути представлена як ланка підсилення та ланка чистого запізнення параметри якої зворотно-пропорційна залежать керуючого сигналу. Модель має наступні розраховані параметри: коефіцієнт підсилення -183,33 та затримка 329,25 / керуючий вплив. Керуючий вплив може приймати значення 0,6...1,2 (об/хв). При цьому затримка зворотно-пропорційна коливається у діапазоні 470...275 хв.

Перевірка на адекватність моделі до об'єкта керування за перевірочними даними об'єкта керування показала високу відповідність, сильний кореляційний зв'язок 0,976 та статичний критерій адекватності Фішера 101 825, що значно більший критичного значення 2,707. Велике значення статичного критерію адекватності Фішера обумовлено великою кількістю вибірових даних та близьким до 1 значенням коефіцієнта кореляції.

Враховуючи аналіз технологічного процесу, структуру об'єкта керування, характеристики отриманих за результатами експериментів, результатів структурної та параметричної ідентифікації та статистичного аналізу, розроблена модель є адекватною до об'єкта керування та може бути використана у подальшому при синтезі системи керування в умовах досліджуваного технологічного обладнання – обертової печі для прожарювання вапняку типу ПО-III-3,6-110.

При впровадженні проекрованої системи капітальні витрати складають 400 тис. грн., час розробки ПЗ становитиме 1,5 місяці.

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

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

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Методичні рекомендації для студентів бакалаврів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» Ткачов В.В., Бубликов А.В., Цвіркун Л.І., Проценко С.М., Бойко О.О., Славинський Д.В., – Д.: «НГУ», 2016. – 27 с.
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/rBf8Zm>. – 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. Голінько В.І., Фрундін В.Ю. Охорона праці в галузі електротехніки та електромеханіки – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2011. – 235 с.
6. Производство кальциевой извести в России. Режим доступу: https://cyberleninka.ru/article/n/proizvodstvo-kaltsievoy-izvesti-v-rossii?gclid=CjwKCAiA866PBhAYEiwANkIneDAn76AXiruz1pHA76R-6QaOtvv2-ZV_bVC-Nc3T1V5XimsnIs7k5hoC7xEQAvD_BwE
7. Негашене вапно. Режим доступу: <http://www.npblog.com.ua/index.php/himiya/negashene-vapno.html>

8. Стриганецький кар'єр з видобутку вапняку планує стати одним з найтехнологічніших в Україні. Режим доступу: <https://gkpress.if.ua/stryganetskyj-kar-yer-z-vydobutku-vapnyaku-planuye-staty-odnym-z-najtehnologichnishyh-v-ukrayini/>
9. Монастырёв А.В. Производство извести. М.: Высшая школа, 1971. 272 с.
10. Дресвянникова Е.А., Готулева Ю.В. Энергосберегающие технологии при производстве строительных материалов // Современные наукоемкие технологии. 2013. № 8–2. С. 301–302.
11. Нестеров А.В., Батыжев Д.З. Новая жизнь шахтных печей // Строительные материалы. 2015. № 3. С. 49–52.
12. Монастырёв А.В., Галиахметов Р.Ф. Печи для производства извести. Воронеж: Истоки, 2011. 392 с.
13. Патент РФ 2079785. Газовая горелка / Калашников Л.В., Калашников Г.Л. Заявл. 13.04.1995. Оpubл. 20.05.1997.
14. Табунщиков Н.П. Производство извести. М.: Химия, 1974. 240 с.
15. Монастырёв А.В. Проекты эффективных шахтных и вращающихся печей с низким расходом топлива мощностью 200–600 т/сут извести // Строительные материалы. 2012. № 2. С. 26–28.
16. А.В. Монастырёв. Пути снижения расхода топлива при обжиге мела с получением извести в длинных вращающихся печах // Строительные материалы. 2010. № 9. С. 9–15.
17. Датчики температуры жидкости и сыпучих сред Т.п/п-420-Кл1-1, Т.ХА-420-Кл1-1. Режим доступу: <https://tprofi22.ru/product/datchiki-temperature-zhidkosti-i-sypuchih-sred-t-p-p-420-kl1-1-t-ha-420-kl1-1/>
18. SJ700D векторні, 0.75 – 400 кВт, з великими перевантаженнями, знімний пульт, контролер. Режим доступу; <https://eltech.kiev.ua/ua/g2338404-sj700d-vektornye-075>
19. Міждержавний стандарт ГОСТ 12.0.003-74 (1999) ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».

20. ДСН 3.3.6.042-99 „Державні санітарні норми параметрів мікроклімату” - К.: МОЗ України, 2000.
21. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування.
22. ДСТУ Б.А.3.2-12:2009. Система стандартів безпеки праці. Системи вентиляційні. Загальні вимоги ДНАОП 0.03-33.14-85. Санітарні норми допустимих рівнів шуму на робочих місцях.
23. Правила улаштування електроустановок Мінпаливвугілля України. – 2017 – 617с.
24. «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості на небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». № 528 - 2001.
25. Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями, затверджені наказом Мінсоцполітики від 14.02.2018 № 207.
26. Методичні рекомендації з виконання заходів стосовно охорони праці при роботі з ПЕОМ та розрахунку освітлення у дипломних проектах студентів усіх спеціальностей/ Уклад. В.І. Голінько, В.Ю. Фрундін, Ю.І. Чеберячко, М.Ю. Іконніков. - Дніпропетровськ: ДВНЗ «Національний гірничий університет», 2013.- 12 с.
27. ДСанПіН 3.3.2-007-98 Державні санітарні правила і норми. Гігієнічні вимоги до організації роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин
28. ДСТУ 7234:2011 Дизайн і ергономіка. Обладнання виробниче. Загальні вимоги дизайну та ергономіки
29. ДСТУ 7950:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце під час виконання робіт стоячи. Загальні ергономічні вимоги.
30. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги
31. ДСТУ 3191-95 (ГОСТ 12 2.137-96) Обладнання для кондиціонування повітря та вентиляції

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

ДОДАТОК А

Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Шифр документу	Примітка	
1			Документація				
2							
3	A4	КІВС.КВР.151.19.12.ПЗ	Пояснювальна записка		ПЗ		
4							
5			Графічна частина				
6							
7	A2	КІВС.КВР.151.19.12.Е2	Функціональна схема				
8			автоматизації	1	Е2		
9							
10	A2	КІВС.КВР.151.19.12.Е3	Схема електрична				
11			принципова	1	Е3		
12							
13	A4	КІВС.КВР.151.19.12.ПЕ3	Перелік елементів	1	ПЕ		
14							
15	A4	КІВС.КВР.151.19.12.Д	Презентація		Д		
16							
17		КІВС.КВР.151.19.12.ВДЕ	Носій інформації	1	ВДЕ		
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
			Підп.	Дата	КІВС.КВР.151.19.12.ТП		
Зм.	Арк.	№ докум.			Літ.	Аркуш	Аркушів
Розробив		Третяков		19.05.22		1	1
П. конс.		Шевченко			Національний ТУ «Дніпровська політехніка», ЕТФ, 151-19ск-1		
Н. контроль		Славинський					
Перевірив							
					Автоматизація технологічного процесу виробництва кальцієвого вапна.		
					Відомість проекту		

ДОДАТОК Б

Перелік компонентів для схеми електричної принципової

Позиційне позначення	Найменування			Кількість	Примітка			
A1	ПЛК VIPA 214-2BS33			1				
A1-X3, X4	Модуль аналогового вводу VIPA 231-1BD40			2				
A1-X5	Модуль аналогового виводу VIPA 232-1BD40			1				
A2	Система керування, виконана на базі ПК			1				
BK1	Датчик температури T.XA-420-Кл1-1			1				
YA1	Частотний перетворювач Hitachi SJ700D-1320HFEF3			1				
G1, G2	Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301							
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	КІВС.КВР.151.19.12.ПЕЗ			
Розробив	Третяков	18.05.22						Автоматизація технологічного процесу виробництва кальцієвого вапна.
Пров. конс.	Шевченко					1	1	
Н. контроль	Славинський				Перелік елементів	НТУ «Дніпровська політехніка», ЕТФ, 151-19ск-1		
Перевірив	Проценко							

ВІДГУКИ КОНСУЛЬТАНТІВ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

ВІДГУК

кваліфікаційна робота бакалавра: «Автоматизація технологічного процесу виробництва кальцієвого вапна»,

студент гр. 151-19ск-1 Третьяков В'ячеслав Юрійович

Об'єкт розробки – система автоматичного керування ланками технологічного процесу виробництва кальцієвого вапна.

Об'єкт дослідження – обертова піч для прожарювання кальцієвого вапняку, піч типу ПО-III-3,6-110.

Предмет дослідження – проведення структурної і параметричної ідентифікації та визначення математичної моделі об'єкта керування.

Для створення ефективної системи керування проведено дослідження поведінки об'єкту за обраним каналом керування «швидкість обертання барабана печі - температура вапна на виході». Контур керування обертової печі ПО-III-3,6-110 має частотний перетворювач регулювання швидкості обертання печі, та датчик температури вапна на виході печі.

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

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».

Керівник кваліфікаційної роботи, _____ ст. викл. Шевченко В.І.

____.06.2022

РЕЦЕНЗІЯ

кваліфікаційна робота бакалавра: «Автоматизація технологічного процесу виробництва кальцієвого вапна»,

студент гр. 151-19ск-1 Третьяков В'ячеслав Юрійович

1. Завдання і зміст кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра відповідає основній меті - перевірки знань і ступеня підготовленості студента за спеціальністю «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».
2. Актуальність роботи полягає в тому, що розробка та дослідження нової підсистеми керування дозволить зменшити вплив основних недоліків технологічного обладнання.
3. Отримана модель може бути використана за для розробки програмного забезпечення підсистеми керування.
4. Повнота і глибина вирішення завдань, поставлених в завданні на кваліфікаційну роботу достатня.
5. В рамках кваліфікаційної роботи було визначено структуру об'єкта керування та побудована його модель.
6. В цілому кваліфікаційна робота ступеню бакалавра заслуговує оцінки «_____», за умови відповідного захисту.
7. Студент Третьяков В.Ю. присвоєння йому кваліфікації «бакалавр» за спеціальністю «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».

Рецензент, _____

____.06.2022

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувачем кафедри
кіберфізичних та інформаційно-
вимірювальних систем

_____ Бубліковим А.В.

«_____» _____ 2022 року

ВИСНОВОК

Про рівень запозичень у кваліфікаційній роботі бакалавра на тему «Автоматизація технологічного процесу виробництва кальцієвого вапна», здобувача вищої освіти, групи 151-19ск-1, Третьяков В'ячеслав Юрійович.

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

Нормоконтролер,
посада, ас. каф. КФІВС
ступінь

(підпис)

Славінський Д.В.

(дата)

Ім'я користувача:
Олег Бойко

ID перевірки:
1011456356

Дата перевірки:
03.06.2022 19:25:56 EEST

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
03.06.2022 19:28:13 EEST

ID користувача:
100008838

Назва документа: 01_151_-19ск_Третьяков_В_Ю_-ПЗС

Кількість сторінок: 82 Кількість слів: 13810 Кількість символів: 102798 Розмір файлу: 2.41 MB ID файлу: 1011334881

23.4% Схожість

Найбільша схожість: 10.9% з Інтернет-джерелом (<http://ir.nmu.org.ua/bitstream/handle/123456789/158781/%D0%9A%D..>)

23.4% Джерела з Інтернету

204

Сторінка 84

Не знайдено джерел з Бібліотеки

0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

22.9% Вилучень

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

0.87% Вилучення з Інтернету

88

Сторінка 85

22.9% Вилученого тексту з Бібліотеки

30

Сторінка 85

Модифікації

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

Замінені символи

117